

Artigo Original de Pesquisa

Original Research Article

Avaliação da correlação entre maturação esquelética e maturação dentária em crianças brasileiras

Correlation between skeletal and dental maturity methods in Brazilian children

Julia Carelli¹
Isabela Ribeiro Madalena¹
Camila Mattos¹
Nathaly D. Morais¹
Celia Maria Condeixa de França Lopes²
Rafaela Scariot¹
João Armando Brancher¹
Erika Calvano Kuchler¹
Alexandre Moro¹

Autor para correspondência:

Alexandre Moro
Universidade Positivo
Av. Silva Jardim, n. 2.675 – Água Verde
CEP 80240-020 – Curitiba – PR – Brasil
E-mail: alexandremoro@uol.com.br

¹ Escola de Ciências da Saúde, Universidade Positivo – Curitiba – PR – Brasil.

² Curso de Odontologia, Universidade da Região de Joinville – Joinville – SC – Brasil.

Data de recebimento: 12 abr. 2020. Data de aceite: 14 jul. 2020.

Palavras-chave:

determinação da idade pelo esqueleto; odontogênese; desenvolvimento do adolescente.

Resumo

Objetivo: Avaliar se existe correlação entre maturação esquelética e maturação dentária em crianças brasileiras. **Material e métodos:** A amostra foi composta por 37 documentações ortodônticas de pacientes que iniciaram o tratamento ortodôntico para correção da maloclusão classe II na Universidade Positivo. Incluíram-se no estudo documentações de pacientes com idade variando de 10 a 16 anos e de ambos os sexos. Excluíram-se documentações de pacientes com alterações sistêmicas, histórico de traumatismos na região da face, fissuras labiopalatinas e agenesias dentárias. O método de avaliação da maturação mão-punho e o método de avaliação da maturação

vertebral cervical serviram para análise da maturação esquelética. Os métodos de avaliação dos estágios de desenvolvimento dentário de Demirjian e Hofmann foram utilizados para avaliação da maturação dentária e o coeficiente de correlação de Pearson, para determinar a força de correlação entre as variáveis. O nível de significância usado foi de 5%. **Resultados:** A idade cronológica demonstrou correlação moderada com o método de avaliação da maturação esquelética de mão-punho, o método de avaliação da maturação esquelética vertebral cervical e a maturação dentária ($r = 0,525$, $p = 0,003$; $r = 0,450$, $p = 0,014$; $r = 0,564$, $p = 0,004$ e $r = 0,436$, $p = 0,011$, respectivamente). O método de avaliação da maturação mão-punho evidenciou correlação forte com o método de avaliação da maturação vertebral cervical ($r = 0,864$, $p < 0,0001$) e correlação moderada com a maturação dentária de Demirjian ($r = 0,551$, $p = 0,002$). O método de Demirjian demonstrou correlação moderada com o método de Hofmann ($r = 0,410$, $p = 0,046$). **Conclusão:** Existe apenas uma correlação moderada entre maturação esquelética e maturação dentária.

Palavras-chave:

age determination by skeleton; odontogenesis; adolescent development.

Abstract

Objective: To evaluate the correlation between skeletal and dental maturity in Brazilian children. **Material and methods:** The sample consisted of 37 patients who began orthodontic treatment to correct class II malocclusion in Positivo University. The inclusion criteria were patients both of sexes, age ranging between 10 to 16 years. The exclusion criteria were subjects suffering from illness, syndromes, oral cleft, bone disease or history of any serious trauma or injury to the face, as well as those who had previously undergone to orthodontic treatment. The hand-wrist maturity method and the cervical vertebral maturity method were used to analyze skeletal maturity. Demirjian and Hofmann's methods of dental development stages were used to assess dental maturity. The Pearson correlation coefficient was used to determine the correlation strength between variables. The level of significance used was 5%. **Results:** Chronological age showed a moderate correlation with the hand wrist, cervical cervical vertebrae and dental maturity method (0.014; $r = 0.564$, $p = 0.004$ and $r = 0.436$, $p = 0.011$, respectively). The hand-wrist maturity showed a strong correlation with the cervical vertebrae ($r = 0.864$, $p < 0.0001$) and a moderate correlation with Demirjian's dental maturity ($r = 0.551$, $p = 0.002$). The Demirjian method showed a moderate correlation with the Hofmann method ($r = 0.410$, $p = 0.046$). **Conclusion:** There is only a moderate correlation between skeletal and dental maturity.

Introdução

Vários métodos de análise da maturação esquelética foram sugeridos nos últimos anos, incluindo a idade cronológica [9], a análise morfológica dos cotovelos [31], da mão-punho [13], das vértebras cervicais [20], dos seios frontais [22] e a maturação dentária [11, 18]. A idade cronológica, contudo, apesar de bem estabelecida na literatura,

sofre bastante influência dos fatores individuais [6, 23]. Diante disso, a idade cronológica não deve ser considerada por si só um parâmetro para estimar crescimento e desenvolvimento ou maturação esquelética, necessitando ser associada a métodos adjuvantes.

A análise morfológica de mão-punho é frequentemente utilizada, sendo considerada "padrão ouro" na análise da maturação esquelética

[15]. A avaliação radiográfica carpal abrange muitos centros de ossificação em uma pequena área, contribuindo para a identificação minuciosa da maturação esquelética [17]. Entretanto a análise das vértebras cervicais tem se tornado comum em pacientes ortodônticos, pois tal análise pode ser realizada por meio da telerradiografia lateral, um exame rotineiramente solicitado no diagnóstico e planejamento ortodôntico [24, 34].

Nos últimos anos têm surgido evidências científicas suficientes que justifiquem a possibilidade de substituição do método “padrão ouro” de avaliação da maturação esquelética, que seria o carpal, pela avaliação por meio das vértebras cervicais [10]. Isso porque, apesar de o método mão-punho exigir baixas doses de radiação, é um exame adicional à documentação ortodôntica básica, diferentemente da avaliação das vértebras cervicais, que está presente e padronizada na documentação ortodôntica básica [24, 34]. Como conclusão, a substituição pareceu ser viável. Todavia, entre as limitações citadas na metodologia dos trabalhos incluídos na revisão, a insensibilidade à variação individual resultante dos métodos transversais de estudo e, conseqüentemente, necessidades de estudos longitudinais e com variabilidade da população foram ressaltadas [10].

Alguns estudos demonstram que a maturação dentária está correlacionada com a maturação esquelética [19, 25-27], enquanto outras pesquisas não trazem a correlação entre maturação esquelética e dentária, tanto em crianças saudáveis [5, 7, 8, 11] como em crianças portadoras de necessidades especiais [28]. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é avaliar se existe correlação entre maturação esquelética e maturação dentária em crianças brasileiras com maloclusão esquelética de classe II.

Material e métodos

Aspectos éticos e delineamento experimental

O presente trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Positivo (CAAE: 02613418.50000.0093).

Trata-se de um estudo transversal realizado por meio de pacientes que iniciaram tratamento

ortodôntico para correção de maloclusão classe II na Clínica de Pós-graduação em Ortodontia da Universidade Positivo (PR, Brasil), no ano de 2018. A amostra foi obtida por conveniência. Todos os responsáveis assinaram o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) e os pacientes assinaram o termo de assentimento. Dessa forma, foram incluídos no estudo 37 documentações ortodônticas de pacientes com idade variando entre 10 e 16 anos e de ambos os sexos; para participar do estudo era necessário que os pacientes tivessem o primeiro molar permanente erupcionado. A documentação ortodôntica foi composta por ficha de anamnese, fotos extra e intrabucais, modelo de estudo, tomografia computadorizada tipo Cone Beam® de crânio total, com os dentes em máxima intercuspidação habitual (MIH), e uma radiografia de mão-punho. Excluíram-se do estudo documentações ortodônticas oriundas de pacientes com alteração sistêmica, pacientes considerados obesos ou subnutridos, de acordo com Mass Index (BMI) z-score calculator® (<http://zscore.research.chop.edu/index.php>), que possuíam histórico de traumatismos na região da face, portadores de fissuras labiopalatinas ou que apresentaram agenesias dentárias.

Dados epidemiológicos como sexo e idade cronológica foram coletados previamente na anamnese. Para avaliação da maturação esquelética utilizou-se o método de avaliação carpal proposto por Fishmann [14]. Para a avaliação da maturação vertebral cervical recorreu-se ao método de McNamara Jr. e Franchi [24].

O método de avaliação da maturação esquelética carpal usa a radiografia carpal como guia e sugere que a maturação esquelética seja visualizada em estágios, todos localizados no polegar, dedo médio, dedo mínimo e rádio. Os estágios de maturação são classificados de acordo com a largura da epífise, início da ossificação, capeamento da epífise e fusão. Podem ser descritos 11 indicadores esqueléticos maturacionais (SMIs), em ordem cronológica, durante todo o desenvolvimento puberal. Segundo Fishmann [13], o pico de crescimento mandibular ocorre em SMI 7, enquanto o pico de crescimento estatural ocorre entre os SMIs 5 e 6. Os SMIs, o estágio de maturação esquelética e os respectivos locais de maturação estão sintetizados na tabela I.

Tabela I - Estágios maturacionais mão-punho e indicadores anatômicos segundo o método de Fishman [13]

Estágio de maturação	Estágio de maturação SMI	Local anatômico
Largura da epífise	1	Terceiro dedo – falange proximal
	2	Terceiro dedo – falange média
	3	Quinto dedo – falange média
Ossificação	4	Sesamoide adutor do polegar
Capreamento da epífise	5	Terceiro dedo – falange distal
	6	Terceiro dedo – falange média
	7	Quinto dedo – falange média
Fusão da epífise e diáfise	8	Terceiro dedo – falange distal
	9	Terceiro dedo – falange proximal
	10	Terceiro dedo – falange média
	11	Rádio

Adaptado de Fishman [13]

O método de avaliação da maturação esquelética vertebral cervical demonstra a maturação por meio da análise morfológica das segundas, terceiras e quartas vértebras cervicais (C2, C3 e C4, respectivamente). Portanto, utilizou-se a CBCT para melhor obtenção dos seis estágios maturacionais cervicais (CSs). Os CSs, bem como estágio puberal, localização e conformação da vértebra cervical, estão sintetizados na tabela II. Segundo McNamara Jr. e Franchi [24], os estágios CS3 e CS4 corroboram com o pico de crescimento craniofacial.

Tabela II - Estágios maturacionais vertebrais cervicais e indicadores anatômicos segundo o método de revisado de McNamara Jr. e Franchi [24]

Estágio de maturação cervical	Estágio de maturação puberal	Local anatômico
CS1	Pré-puberal	Bordas inferiores de C2 e C4 são planas C3 e C4 são trapezoidais
CS2		Presença do processo odontoide Borda inferior de C2 é abaulada
CS3	Circumpuberal	Borda C2 e C3 abauladas na porção inferior Superfície C4 permanece plana
CS4		Todos os três corpos já apresentam concavidade em sua borda inferior
CS5	Pós-puberal	C3 ou C4 já se encontram no formato de um quadrado
CS6		C3 ou C4 assumem uma morfologia retangular vertical

Adaptado de McNamara Jr. e Franchi [24]

Para a análise da maturação dentária, empregaram-se o método de Demirjian *et al.* [11] e o método de Hofmann *et al.* [18]. O método de Demirjian *et al.* [11] consiste na avaliação de todos os dentes do quadrante inferior esquerdo, com exceção dos terceiros molares, por meio de radiografia panorâmica. No presente estudo, a avaliação foi realizada por meio da CBCT. Dessa forma, a porção esquerda da mandíbula foi “individualizada” e, para cada dente, atribuiu-se um estágio de desenvolvimento. A maturação dentária é obtida ao se relacionar a soma das pontuações com tabelas já estabelecidas, de acordo com o sexo, que fornecem a idade estimada de cada paciente (tabela III). Além disso, seguindo o método de Demirjian *et al.* [11], uma pontuação também pôde ser atribuída aos terceiros molares, aplicando a fórmula idade cronológica = $-1.103 + 0.268 \times \text{pontuação dos dentes } 18 + 28 + 38 + 48$, para obtenção da maturação dentária segundo Hofmann *et al.* [18]. A tabela IV representa os valores referenciais para os terceiros molares.

Tabela III - Conversão da pontuação final atribuída pelos estágios de desenvolvimento dentário segundo o método de Demirjian *et al.* [11]

MENINOS					
Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade
89,0	10	94,0	12	96,6	14
89,3	10,1	94,2	12,1	96,7	14,1
89,7	10,2	94,4	12,2	96,8	14,2
90,0	10,3	94,5	12,3	96,9	14,3
90,3	10,4	94,6	12,4	97,0	14,4
90,6	10,5	94,8	12,5	97,1	14,5
91,0	10,6	95,0	12,6	97,2	14,6
91,3	10,7	95,1	12,7	97,3	14,7
91,3	10,8	95,2	12,8	97,4	14,8
91,8	10,9	95,4	12,9	97,5	14,9
92,0	11	95,6	13	97,6	15
92,2	11,1	95,7	13,1	97,7	15,1
92,5	11,2	95,8	13,2	97,8	15,2
92,7	11,3	95,9	13,3	97,8	15,3
92,9	11,4	96,0	13,4	97,9	15,4
93,1	11,5	96,1	13,5	98,0	15,5
93,3	11,6	96,2	13,6	98,1	15,6
93,5	11,7	96,3	13,7	98,2	15,7
93,7	11,8	96,4	13,8	98,2	15,8
93,9	11,9	96,5	13,9	98,3	15,9
				98,4	16,0
MENINAS					
Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade
91,8	10	96,3	12	98,3	14
92,1	10,1	96,4	12,1	98,4	14,1
92,3	10,2	96,5	12,2	98,5	14,2
92,6	10,3	96,6	12,3	98,6	14,3
92,9	10,4	96,7	12,4	98,7	14,4
93,2	10,5	96,8	12,5	98,8	14,5
93,5	10,6	96,9	12,6	98,9	14,6
93,7	10,7	97,0	12,7	99,0	14,7
94,0	10,8	97,1	12,8	99,1	14,8

Continua...

Continuação da tabela III

MENINAS					
Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade	Pontuação total	Idade
94,2	10,9	97,2	12,9	99,1	14,9
94,5	11	97,3	13	99,2	15
94,7	11,1	97,4	13,1	99,3	15,1
94,9	11,2	97,5	13,2	99,4	15,2
95,1	11,3	97,6	13,3	99,4	15,3
95,3	11,4	97,7	13,4	99,5	15,4
95,4	11,5	97,8	13,5	99,6	15,5
95,6	11,6	98,0	13,6	99,6	15,6
95,8	11,7	98,1	13,7	99,7	15,7
96,0	11,8	98,2	13,8	99,8	15,8
96,2	11,9	98,3	13,9	99,9	15,9
				100,0	16,0

A idade é representada por anos e meses

Adaptado de Demirjian *et al.* [11]**Tabela IV** - Pontuação estabelecida de acordo com os estágios de desenvolvimento dentário de Demirjian atribuídas aos terceiros molares segundo o método adaptado de Hofmann *et al.* [18]

MENINOS								
Estágio Dente	A	B	C	D	E	F	G	H
3. ^{os} molares superiores	9,4	11,5	12,3	14,6	15,8	16,8	19,2	21,1
3. ^{os} molares inferiores	10,6	11,8	13,8	15,4	16,5	18,2	19,7	21,2

MENINAS								
Estágio Dente	A	B	C	D	E	F	G	H
3. ^{os} molares superiores	10,4	11,8	13,1	14,7	16	17	18,9	20,9
3. ^{os} molares inferiores	11,1	12	13,9	15,4	16,3	18,1	19,8	21,6

Adaptado de Hofmann *et al.* [18]

É válido ressaltar que, para as avaliações dos exames imaginológicos, a avaliadora foi previamente treinada, calibrada e era cega ao estudo. A análise da concordância interexaminador foi realizada por intermédio do teste Kappa ($\kappa = 0,83$ para mão-punho; $\kappa = 0,92$ para cervical e $\kappa = 1,00$ para dentário).

Análise estatística

Os dados foram analisados usando o *software* Graph Pad Prism 5.0a (Graph Pad Software Inc., San Diego, CA, EUA), considerando um nível de significância de 5%. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. O coeficiente de correlação de Pearson serviu para determinar a força de correlação entre as variáveis (dados normais). A força das correlações positivas foi definida de acordo com o valor do “coeficiente de correlação”, como: 1 – perfeito; 0,7 a 0,9 – forte; 0,4 a 0,6 – moderado; 0,1 a 0,3 – fraco; 0 – sem correlação.

Resultados

A amostra foi composta por 37 documentações ortodônticas de indivíduos caucasianos, sendo 17 (45,9%) pacientes do sexo masculino e 20 (54,1%) do sexo feminino. A média de idade foi de 12 anos e 11 meses para o sexo masculino e 12 anos e 8 meses para o feminino. A tabela V representa as características da população.

Tabela V - Características da população adquiridas por meio das análises das documentações ortodônticas

Sexo	MASCULINO	FEMININO	Total
	17 (45,9%)	20 (54,1%)	37(100%)
Idade	12,11 (2,3)	12,8 (2,7)	12,10 (2,6)

A idade cronológica demonstrou uma correlação moderada com o método de avaliação da maturação esquelética de mão-punho, o método de avaliação da maturação vertebral cervical e a maturação dentária (de acordo com ambos os métodos). O método de avaliação da maturação mão-punho apresentou correlação forte com o método de avaliação da maturação vertebral cervical e correlação moderada com a maturação dentária de Demirjian. O método de avaliação da maturação dentária de Hofmann apresentou correlação moderada. A tabela VI traz as correlações entre os métodos de avaliação e suas variáveis.

Tabela VI - Correlação entre os métodos utilizados para avaliação da maturação esquelética e maturação dentária

VARIÁVEIS	Método de avaliação da maturação mão-punho	Método de avaliação da maturação vertebral cervical	Maturação dentária de Demirjian	Maturação dentária de Hofmann - 3.^{os} molares
	Idade			
Coefficiente r	0,525	0,450	0,564	0,436
p-valor	0,003*	0,014*	0,004*	0,011*
	Método de avaliação da maturação mão-punho			
Coefficiente r	-	-	0,551	0,252
p-valor	-	-	0,002*	0,222
	Método de avaliação da maturação vertebral cervical			
Coefficiente r	0,864	-	0,322	0,203
p-valor	<0,0001*	-	0,094	0,330
	Maturação dentária de Demirjian			
Coefficiente r	-	-	-	0,410
p-valor	-	-	-	0,046*

Nota: Correlação de Pearson. * Métodos estatisticamente significantes

Na avaliação estratificada pelo sexo, a idade cronológica apresentou forte correlação tanto com método de avaliação da maturação esquelética de mão-punho (coeficiente $r = 0,721$, $p = 0,0003$) quanto com o método de avaliação da maturação vertebral cervical (coeficiente $r = 0,728$, $p = 0,0003$), enquanto no sexo masculino se observou apenas uma correlação moderada. Houve forte correlação entre os estágios de maturação esquelética tanto no sexo feminino (coeficiente $r = 0,793$, $p < 0,0001$) quanto no masculino (coeficiente $r = 0,753$, $p = 0,0005$). Apenas uma correlação moderada foi vista entre os métodos de maturação esquelética e os métodos de maturação dentária.

Discussão

A idade cronológica, a maturação esquelética e maturação dentária podem fornecer informações essenciais para o planejamento e o desenvolvimento do tratamento ortodôntico das maloclusões [21]. É importante que o ortodontista tenha conhecimento prévio sobre o desenvolvimento esquelético e dentário e quais as consequências dos estágios maturacionais no tratamento de determinada maloclusão [33]. Além disso, outra importante utilização da estimativa da idade por meio de exames de maturação (esquelética e dentária) é em crimes contra criança. Ou ainda na rotina forense, a escolha por análises por meio dos dentes leva vantagens por possuir menor influência de fatores intrínsecos ou extrínsecos [16].

Nossos resultados iniciais em relação à idade cronológica corroboram com a literatura no tocante à necessidade de complementação do método para identificar crescimento puberal [3, 6, 23]. Apesar de ser utilizada há muitos anos, estimando a maturidade física e mental, a idade cronológica sofre forte influência de fatores individuais, como sexo, estado nutricional, metabolismo e alterações sistêmicas [2]. Assim, os métodos de avaliação da maturação esquelética são considerados ferramentas coadjuvantes para a identificação correta do crescimento puberal [13, 14].

Nossos resultados evidenciaram também uma correlação forte entre os métodos de avaliação da maturação esquelética tradicionalmente utilizados na prática ortopédica facial e ortodôntica, o que corroborando com algumas revisões sistemáticas e meta-análises [10, 32]. A possibilidade de utilizar a maturação vertebral cervical e/ou a maturação dentária no tratamento ortodôntico pode beneficiar

o paciente, com menor exposição à radiação [4, 24, 29, 34].

A maturação dentária de acordo com Demirjian *et al.* [11] não apresentou uma boa correlação com o método de avaliação da maturação mão-punho. Tal fato difere de alguns estudos que propõem que a maturação dentária possa ser usada como critério diagnóstico para avaliação do surto puberal [19, 25, 27]. Os resultados do presente estudo advêm de número amostral reduzido em relação aos demais. As meninas apresentam um desenvolvimento puberal mais precoce em relação ao sexo masculino e parecem atingir a maturação dentária também um pouco mais cedo [18], entretanto, na avaliação estratificada pelo sexo, ambos os sexos tiveram uma correlação apenas moderada entre os métodos esqueléticos e dentários. Além disso, uma ampla faixa etária também pode afetar os resultados da correlação, pois os métodos de maturação esquelética são incapazes de detectar as alterações com precisão [27].

Outro fator que pode ter contribuído é que o método de Demirjian *et al.* [11] foi criado em crianças nascidas nos anos 1960, e a maturação esquelética e dentária pode ter sofrido alterações ao longo das últimas décadas. Entretanto aqui também se usou o método de Hofmann *et al.* [18] para avaliar a maturação dentária. Tal método foi validado mediante documentação ortodôntica de pacientes alemães mais recentemente. Ademais, a variação observada nos estágios de desenvolvimento de Demirjian para terceiros molares também é frequentemente interpretada como diferenças entre populações [30]. É possível que a diferença étnica explique parte dos resultados, mas ressalta-se que as características étnicas dos pacientes incluídos no presente estudo não diferem muito dos pacientes do estudo de Hofmann *et al.* [18]. Portanto, é possível que a maturação esquelética não tenha uma forte correlação com a maturação dentária, o que corrobora com diversos outros estudos [5, 8, 9, 12].

Contudo os resultados aqui expostos colaboram com a prática ortopédica e ortodôntica atual e sugerem que novas pesquisas sejam realizadas com um tamanho amostral maior.

Conclusão

Os métodos de avaliação da maturação esquelética possuem correlação forte entre si e os métodos de maturação esquelética e dentária possuem moderada correlação em pacientes brasileiros com maloclusão de classe II.

Referências

1. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos*. 1899;41(3):248-64.
2. Araújo MTS, Cury-Saramago AA, Motta AFJ. Guias clínicos e radiográficos utilizados para a predição do surto de crescimento puberal. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(5):98-103.
3. Baccetti T, Franchi L, Toth R, McNamara JJ. Treatment timing for twin-block therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:159-70.
4. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the Cervical Vertebral Maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*. 2002;72:316-323.
5. Bagherpour A, Pousti M, Adelianfar E. Hand skeletal maturity and its correlation with mandibular dental development. *J Clin Exp Dent*. 2014;6(3):275-9.
6. Beit P, Peltomaki T, Schatzle M, Signorelli L, Patcas R. Evaluating the agreement of skeletal age assessment based on hand-wrist and cervical vertebrae radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144:838-47.
7. Bhadana S, Indushekar KR, Saraf BG, Sardana D, Sheoran N. Comparative assessment of chronological, dental, and skeletal age in children. *Indian J Dent Res*. 2019;30(5):687-91.
8. Bittencourt MV, Cericato G, Franco A, Girão R, Lima APB, Paranhos L. Accuracy of dental development for estimating the pubertal growth spurt in comparison to skeletal development: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;47(4):20170362.
9. Burtone CJ. Process of maturation and growth prediction. *Am J Orthod*. 1963;49:907-19.
10. Cericato GO, Bittencourt MAV, Paranhos LR. Validity of the assessment method of skeletal maturation by cervical vertebrae: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(4):20140270.
11. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol*. 1973;45:211-27.
12. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod*. 1985;88(5):433-8.
13. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod*. 1982;52(2):88-112.
14. Fishman S. Maturation stages of the hand and wrist as indicator of the prepubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand*. 1987;38:187-200.
15. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *Angle Orthod*. 2004;74(1):118-24.
16. Franco A, Thevissen P, Fieuws S, Souza PHC, Willems G. Applicability of Willems models for dental age estimations in Brazilian children. *Forensic Sci Int*. 2013;231(401):1-4.
17. Haiter-Neto F, Kurita LM, Menezes AV, Casanova MS. Skeletal age assessment: a comparison of 3 methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(4):15-20.
18. Hofmann E, Robold M, Proff P, Kirschneck C. Age assessment based on third molar mineralization: an epidemiological-radiological study on a Central-European population. *J Orofac Orthop*. 2017;78:97-111.
19. Krailassiri S, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationships between dental calcification stages and skeletal maturity indicators in Thai individuals. *Angle Orthod*. 2002;72(2):155-66.
20. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1975;67(4):458-9.
21. Lopes LJ, de Oliveira Gamba T, Visconti MA, Ambrosano GM, Haiter Neto F, Freitas DQ. Utility of panoramic radiography for identification of the pubertal growth period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;149:509-15.
22. Mahmood HT, Shaikh A, Fida M. Association between frontal sinus morphology and cervical vertebral maturation for the assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150(4):637-42.
23. Malmgren O, Omblus J, Hägg U, Pancherz H. Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987;91:143-51.
24. McNamara Jr. JA, Franchi F. The cervical vertebral maturation method: a user's guide. *Angle Orthodontis*. 2018;88(2):1-11.

25. Motghare PC, Bedia AS, Degwekar SS, Indurkar AD, Bedia S. Correlation of calcification of permanent mandibular canine, mandibular premolars, and permanent mandibular first and second molars with skeletal maturity in Indian population. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(2):67-73.
26. Nayak R, Nayak UK, Hegde G. Assessment of growth using mandibular canine calcification stages and its correlation with modified MP3 stages. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2010;3(1):27-33.
27. Ojha A, Prasanth MA, Singh V, Sihag T, Bhati V, Tomar H. Assessment of correlation between dental calcification stages and skeletal maturity indicators. *J Forensic Dent Sci.* 2018;10(3):132-6.
28. Ozerovic B. Correlation of dental and skeletal age in children with cerebral palsy. *European Journal of Orthodontics.* 1980;2(3):193-5.
29. Reyes BC, Baccetti T, McNamara Jr. JA. An estimate of craniofacial growth in Class III malocclusion. *Angle Orthod.* 2006;67:577-84.
30. Rolseth V, Mosdøl A, Dahlberg PS, Ding Y, Bleka O, Skjerven-Martinsen M et al. Age assessment by Demirjian's development stages of the third molar: a systematic review. *Eur Radiol.* 2019;29(5):2311-21.
31. Sauvegrain J, Nahum H, Bronstein H. Study of bone maturation of the elbow. *Ann Radiol.* 1962;5:542-50.
32. Szemraj A, Wojtaszek-Słomińska AW, Racka-Pilszak B. Is the cervical vertebral maturation (CVM) method effective enough to replace the hand-wrist maturation (HWM) method in determining skeletal maturation? A systematic review. *Eur J Radiol.* 2018;102:125-8.
33. Uysal T, Sari Z, Ramoglu SI, Basciftci FA. Relationships between dental and skeletal maturity in turkish subjects. *Angle Orthod.* 2004;74:657-64.
34. Wong RW, Alkhal HA, Rabie AB. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:484-6.