

O seio frontal como indicador da maturação esquelética: uma proposta de avaliação estendida

*The frontal sinus as an indicator of skeletal maturation:
an extended assessment proposal*

LUIZ HENRIQUE PORTO DA MOTA

Discente de Odontologia (UNIPAM)

E-mail: luizhpm@unipam.edu.br

ANTÔNIO AFONSO SOMMER

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: antonioas@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é propor uma avaliação estendida do desenvolvimento do seio frontal como indicador da maturação esquelética. À luz da literatura, correlações da análise do seio frontal com outros indicadores para o mesmo fim, como a idade cronológica, o gênero sexual, a idade dentária, a maturação das vértebras cervicais e a análise carpal são discutidos, e a avaliação do seio frontal no aspecto transversal é considerada como uma extensão plausível para incrementar a acurácia dessa análise, que, via de regra, se limita ao plano sagital. As fontes teóricas foram selecionadas das plataformas PubMed, LILACS e SciELO. Constata-se, como resultado do estudo, relativa fragilidade da análise do seio frontal como indicador da maturação esquelética pelos meios convencionais, mas vislumbra-se um potencial de aprimoramento da acurácia ao se estender a análise para o plano coronal.

Palavras-chave: Maturação Esquelética. Seio Frontal. Telerradiografia Pósterio-anterior.

Abstract: This study proposed an extended evaluation of frontal sinus development as an indicator of skeletal maturation. Correlations of the frontal sinus analysis with other indicators for the same purpose - chronological age, gender, dental age, cervical vertebrae maturation, and carpal analysis - were discussed in the theoretical literature. The frontal sinus evaluation in the transverse aspect is considered a plausible extension to increase the accuracy of this analysis, which, as a rule, is limited to the sagittal plane. The selected theoretical sources were from the PubMed, LILACS, and SciELO platforms. As a result of the study, a relative fragility of the frontal sinus analysis as an indicator of skeletal maturation by conventional means is observed, however, there is a potential for improving accuracy when extending this analysis to the coronal plane.

Keywords: Frontal Sinus. Posteroanterior Teleradiography. Skeletal Maturation.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O conhecimento dos vários estágios da maturação esquelética é de suma importância para o cirurgião-dentista, pois permite estimar o tempo disponível para correções ortopédicas (SINGH *et al.*, 2015; TÜRKOZ *et al.*, 2017).

Existem alguns métodos genéricos para identificar em que estágio se encontra a maturação esquelética de um determinado indivíduo, apoiados em aspectos que avaliam e comparam diferentes características e sua evolução, como a erupção dentária, a maturação sexual, a idade cronológica, altura, peso e desenvolvimento esquelético geral (ALIJANI *et al.*, 2020). Também existem métodos mais específicos empregados em Odontologia que adotam indicadores como a ossificação dos discos epifisários da mão e punho (FISHMAN, 1979), a maturação das vértebras cervicais (BACCETTI; FRANCHI; MCNAMARA, 2005), a formação dentária (DEMIRJIAN; GOLDSTEIN; TANNER, 1973; NOLLA, 1960), o crescimento mandibular (SERAFIM; VILANI; SIQUEIRA, 2010) e a pneumatização do seio frontal (BUYUK; SIMSEK; KARAMAN, 2018).

Determinar o pico de crescimento do paciente ortodôntico é de suma importância, uma vez que impacta significativamente no diagnóstico e, conseqüentemente, em um tratamento mais favorável e eficiente, além de favorecer o prognóstico ao se intervir precocemente, principalmente em pacientes com discrepâncias esqueléticas (DELEMARRE-VAN de WAAL, 2005).

Por isso, se faz necessário saber se já ocorreu ou quando ocorrerá o estirão de crescimento puberal. Com finalidade de avaliar o crescimento e o desenvolvimento desses pacientes, vários métodos foram propostos na literatura. Todavia, quando empregados de maneira isolada, não se mostraram precisos e ainda falharam em fornecer o pico da maturidade óssea de modo eficiente (MAHMOOD; SHAIKH; FIDA, 2016; RAMÍREZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2018).

Dos parâmetros encontrados na literatura, o método da idade cronológica e o somático, que se baseia no peso, altura corpórea e características sexuais secundárias, mostram-se ineficientes (GREEN, 1961), pois suas aplicações clínicas como preditores do surto puberal são limitadas para tal julgamento (PERINETTI *et al.*, 2012). Já o método radiológico permite visualizar alguns indicadores biológicos, como vértebras cervicais, seio frontal, erupção ou calcificação dentária e ossos carpais (TRAKINIENĖ; SMAILIENĖ; KUČIAUSKIENĖ, 2016).

Valverde *et al.* (2013) conduziram um estudo que demonstra que o alargamento do seio frontal possui uma relação estreita com a altura do corpo em crescimento. Sobre a aplicabilidade do desenvolvimento do seio frontal, os autores afirmam que pode ser empregado como indicador de maturidade, sendo favorável para identificar o surto de crescimento puberal e para determinar o momento mais oportuno do tratamento.

Tida por muitos como o momento mais favorável ao tratamento ortopédico, a puberdade inicia-se em meninas por volta da faixa etária dos 10 anos e é concluída próximo aos 16 anos. Já em meninos, inicia-se por volta dos 12 e se finaliza em torno dos 18 anos de idade. Uma classificação com três fases distintas pode ser estabelecida: pré-pico, pico e pós-pico, os quais podem ser determinados por meio dos marcadores biológicos, clinicamente ou mediante exames de imagens (YILMAZ *et al.*, 2019).

Mais precisamente, o estudo de Oyonarte *et al.* (2020) apurou que o início do surto de crescimento puberal para o gênero feminino foi de 10,83 anos, e para o masculino foi de 13,13 anos. Relacionando o seio frontal com o gênero sexual, Mahmood, Shaikh e Fida (2016) afirmam que altura e largura do seio frontal são significativamente maiores no sexo masculino.

É notório que a idade cronológica não se correlaciona obrigatoriamente com a idade esquelética e sua maturação, visto que esta apresenta vários padrões de desvios. Ou seja, pode estar acelerada ou retardada nos indivíduos durante o período de crescimento. Também é consenso que a puberdade chega em épocas diferentes para um e outro gênero sexual. Nesse sentido, foram estabelecidas, para o sexo feminino e masculino, taxas gerais do crescimento, evidenciando períodos de acelerações e desacelerações nos diferentes estágios do desenvolvimento e crescimento humano (FISHMAN, 1979).

Outro indicador útil para acompanhar o crescimento e desenvolvimento é a definição de diferentes e sequenciais estágios de calcificação dos dentes, conhecido como idade dentária (COSSELLU *et al.*, 2014; GOYAL; GUGNANI, 2014; GIRI *et al.*, 2016; LITSAS; LUCCHESI, 2016; BITTENCOURT *et al.*, 2018; KAMAL; SHAIKH; FIDA, 2018), ou de alguns dentes específicos, especialmente o segundo molar inferior (KUMAR *et al.*, 2012; PERINETTI; DI LENARDA; CONTARDO, 2013; OYONARTE *et al.*, 2020).

A idade dentária pode ser determinada por meio da fase de erupção ou pelo estágio de formação dos elementos dentários. A simples observação da erupção dentária não é um parâmetro muito confiável para avaliar a maturação esquelética e o estirão puberal de crianças e adolescentes, porque fatores como a presença de anquilose, espaço disponível e esfoliação precoce ou tardia dos dentes decíduos alteram a erupção dos dentes permanentes e, com isso, influenciam a confiabilidade de se empregar esse parâmetro (PAZ CORTÉS *et al.*, 2020).

Já o método de formação dentária é amplamente empregado, justamente por se mostrar mais confiável quando comparado à erupção dentária (NOLLA, 1960; LITSAS; LUCCHESI, 2016). Assim, alguns métodos foram propostos com o intuito de avaliar a calcificação e o grau de desenvolvimento dentário.

O índice de Demirjian é empregado para classificação do grau de desenvolvimento dentário dos dentes inferiores do lado esquerdo, com exceção ao terceiro molar. Este se baseia em 8 estágios, os quais são representados pelas letras de "A" a "H". Para cada um dos sete dentes é atribuído, de acordo com sua mineralização, uma pontuação; assim, a etapa que é representada pela letra é substituída por uma pontuação baseada em uma tabela de conversão que foi criada pelos autores de acordo com o gênero sexual. Então, os escores numéricos são somados e seu resultado é convertido para idade dentária conforme a referência da tabela (DEMIRJIAN; GOLDSTEIN; TANNER, 1973).

Outro parâmetro clássico é o método de Nolla (1960), empregado para avaliar o desenvolvimento dos dentes inferiores e superiores do lado esquerdo em dez graus, também com exceção ao terceiro molar (PAZ CORTÉS *et al.*, 2020).

Um método alternativo de determinação do estágio de crescimento, que se vale da maturação das vértebras cervicais, vem sendo amplamente utilizado para avaliar as fases de maturação esquelética nos pacientes que estejam em pleno crescimento, e demonstra ser um indicador bastante confiável para diversas aplicações clínicas (BACCETTI; FRANCHI; MCNAMARA, 2005; MCNAMARA; FRANCHI, 2018; RAMÍREZ-VELÁSQUEZ, M. *et al.*, 2018; MOLLABASHI *et al.*, 2019).

Serve-se da telerradiografia lateral, exame radiográfico solicitado como rotina para registro pré-tratamento pelo ortodontista. Da observação das vértebras cervicais

nesse exame são definidos seis estágios maturacionais, CS 1 a CS 6, que se baseiam na morfologia dos corpos vertebrais da segunda (C2), terceira (C3) e quarta (C4) vértebras (SZEMRAJ; WOJTASZEK-SŁOMIŃSKA; RACKA-PILSZAK, 2018).

O método mais confiável e universalmente aceito para se determinar a idade óssea é a radiografia de mão e punho, que é baseada na avaliação do estágio de desenvolvimento dos ossos carpais e falanges. Porém, seu uso requer exame adicional, aumentando assim a exposição do paciente à radiação. Exatamente por essa razão é que tem sido proposto o uso das vértebras cervicais, que são visualizadas na radiografia em norma lateral, já constante na documentação ortodôntica, e se evidenciou útil para estimar a idade óssea em crianças e adolescentes (LAI *et al.*, 2008).

Portanto, admite-se que a análise das vértebras cervicais pode, potencialmente, substituir a radiografia de mão e punho e, com isso, eliminar a exposição desnecessária do paciente aos raios-X (VARSHOSAZ *et al.*, 2012; SZEMRAJ; WOJTASZEK-SŁOMIŃSKA; RACKA-PILSZAK, 2018). Todavia, mesmo que clinicamente outros indicadores estejam substituindo a análise carpal, esta segue sendo o padrão-ouro para avaliar maturação esquelética, pela diversidade de informações que contempla, inclusive como parâmetro para validar outros indicadores, dentre eles o seio frontal.

Os seios frontais se apresentam como duas cavidades irregulares que são separadas por um septo e se estendem, cada cavidade, para trás, para cima e lateralmente, na intimidade da região periorbitária do osso frontal. Sua formação inicia-se quando a mesa ectocraniana do osso frontal se separa da mesa endocraniana, sucedendo-se, então, a formação de uma bolsa de ar no osso. Durante o crescimento dos ossos faciais, a mesa ectocraniana se desloca anteriormente, enquanto a mesa endocraniana cessa o crescimento em conjunto com o cérebro. Os seios frontais estão ausentes no nascimento, mas se tornam cada vez mais evidentes com a idade, aumentando significativamente de tamanho no final da adolescência e início da vida adulta. É possível identificá-lo já por volta dos 5 anos, mas radiograficamente o seio frontal é mais nítido visualmente aos 8 anos de idade, e estudos demonstram que a área do seio frontal pode aumentar até os 19 anos de idade de um indivíduo (BROWN, 1984; VALVERDE *et al.*, 2013; MOORE; ROSS, 2017). Entretanto, a literatura sobre o seio frontal como indicador da maturação esquelética é rasa, segundo Gagliardi (2004).

Um estudo apoiado na suspeita de que a frágil confiabilidade do seio frontal como indicador de maturação esquelética possa ser devida à exploração limitada da imagem ao plano sagital foi o objetivo desta pesquisa bibliográfica.

2 METODOLOGIA

Publicações que exploram o desenvolvimento do seio frontal como indicador de maturação esquelética foram selecionadas nos sítios de busca LILACS, PubMed e SciELO, observado o intervalo temporal de 2012 até 2022.

Artigos fundamentais sobre o assunto ficaram isentos deste critério. O tipo de pesquisa é de uma revisão bibliográfica narrativa, descritiva-explicativa e qualitativa, de caráter básico. Foram empregados, em português e em inglês, os descritores Maturação esquelética, Seio Frontal e Telerradiografia Frontal, inter-relacionados com os operadores booleanos E e OU.

Os critérios de inclusão adotados foram artigos científicos que apresentassem experimentos sobre o tema e com rigor metodológico na descrição e condução. Seguindo critérios de exclusão, em contraposição, trabalhos desprovidos de metodologia convincente, como baixo número amostral, por exemplo, e casos clínicos isolados foram descartados.

Trabalhos que tratam das correlações entre indicadores da maturação esquelética de uso em Ortodontia e Ortopedia Facial, especialmente envolvendo análise do seio frontal, e respectivas confiabilidades, serviram de base para a discussão.

Os estudos que aplicam análise do seio frontal como indicador do crescimento e desenvolvimento do esqueleto facial contribuíram para a proposta de análise estendida, que abrange mensurações e cálculo integral da altura, profundidade e largura do seio frontal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em resposta ao questionamento levantado pela revisão sistemática de Szemraj, Wojtaszek-Slominska e Racka-Pilszak (2018), se a análise vertebral pode substituir a análise carpal, pode-se considerar a aprovação da análise vertebral (BACCETTI; FRANCHI; MCNAMARA, 2005; SANTIAGO *et al.*, 2012; VARSHOSAZ *et al.*, 2012; MCNAMARA; FRANCHI, 2018; RAMÍREZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2018) como um avanço na determinação da idade esquelética, na medida em que demonstra satisfatória paridade com a análise carpal e poupa os pacientes de mais exposição à radiação ionizante.

Embora ainda forneça resultados aquém do que oferece a análise carpal de Fishman (1979), a análise vertebral em telerradiografia lateral pode contar com reforços importantes. Esses reforços são os outros indicadores que também estão disponíveis no mesmo exame radiográfico que avalia as vértebras: a idade dentária (DEMIRJIAN; GOLDSTEIN; TANNER, 1973; NOLLA, 1960), com enfoque nos estágios de desenvolvimento do segundo molar inferior esquerdo (KUMAR *et al.*, 2012; PERINETTI; DI LENARDA; CONTARDO, 2013; OYONARTE *et al.*, 2020), e o desenvolvimento do seio frontal (BROWN, 1984; VALVERDE *et al.*, 2013; MOORE; ROSS, 2017). Quando sobrepostas tais análises, certamente que a acurácia final é potencializada.

Salvo raras exceções (VALVERDE *et al.*, 2013), a avaliação do seio frontal como indicador da maturação esquelética não tem demonstrado resultados muito convincentes, desaconselhando seu uso para esse fim (MAHMOOD; SHAIKH; FIDA, 2016; RAMÍREZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2018). Entretanto, a quase totalidade dos trabalhos relacionados ao tema conduziram a análise baseada tão somente no plano sagital (SINGH *et al.*, 2015; TÜRKOZ *et al.*, 2017; MAHMOOD; SHAIKH; FIDA, 2016).

Alguns trabalhos assumiram a praticidade disponível no exame de telerradiografia lateral e produziram pesquisas comparando as diferentes análises, com efeito a do seio frontal (RUF; PANCHERZ, 1996; ALIJANI *et al.*, 2020), interesse precípuo deste estudo.

Não obstante o reforço avaliativo que o desenvolvimento do seio frontal confere à avaliação das vértebras cervicais, há nítida limitação em se definir o crescimento da área total do seio frontal apenas nesse plano sagital, em que apenas altura e

profundidade podem ser determinadas. É sabido que ambas, altura e profundidade, variam em seus extremos, e isto é desconsiderado pela vista lateral, que reflete sempre a medida maior de uma e outra para o cálculo do índice frontal, como está no trabalho de Mahmood, Shaikh e Fida (2016), por exemplo. Esses autores conduziram um estudo do tipo transversal com telerradiografias de norma lateral em uma amostra de 252 pacientes entre 8 a 21 anos de idade, divididos em 6 grupos baseados no estágio de maturação das vértebras cervicais. Explorando a mesma radiografia, os pesquisadores avaliaram os estágios cervicais e mensuraram o índice do seio frontal, um cálculo em que se divide a altura pela largura do seio frontal, e apuraram que o índice do seio frontal se correlaciona com os estágios de maturação das vértebras cervicais.

Em uma comparação entre os gêneros sexuais, esse mesmo trabalho de Mahmood, Shaikh e Fida (2016), explorando a associação entre altura e largura do seio frontal com os estágios cervicais para homens e mulheres, detectaram uma correlação negativa fraca entre o índice do seio frontal com estágios cervicais em homens. Já no sexo feminino, nenhuma correlação foi encontrada. Sendo assim, os pesquisadores afirmam que o índice do seio frontal não é um indicador totalmente confiável para a maturidade óssea, bem como deveria ser empregado com reservas para identificar os estágios pré-púbere, púbere e pós-púbere do surto de crescimento puberal de um indivíduo.

Alguns trabalhos têm apregoado que a maturidade esquelética pode ser prevista com alta precisão por meio da análise da expansão do seio frontal em telerradiografias laterais. Entretanto, apesar de existirem estudos sobre o assunto (GUEVARA *et al.*, 2013; NATHANI *et al.*, 2016; MOORE; ROSS, 2017), ainda são limitados os trabalhos que demonstram a sua correlação com outros indicadores maturacionais (RUF; PANCHERZ, 1996).

O estudo realizado por Buyuk, Simsek e Karaman (2018), composto por uma amostra de 220 pacientes entre 8 a 18 anos de idade, foi dividido de acordo com as radiografias de mão e punho em 11 grupos. Dessa forma, por meio de telerradiografias pósterio-anteriores, foram mensuradas altura, largura e as áreas máximas do seio frontal direito e esquerdo. Em seguida, os autores avaliaram o estágio de maturação óssea, por meio das radiografias de mão e punho, empregando o método de Fishman (1979). Como desfecho do estudo, os autores compararam as duas avaliações e concluíram que o seio frontal pode ser empregado como suporte na determinação do crescimento e desenvolvimento do ser humano (BUYUK; SIMSEK; KARAMAN, 2018).

Independentemente da já referida limitação, existe inegável contribuição das análises do desenvolvimento do seio frontal para a maturação esquelética na literatura, sendo referências recentes as de Yilmaz *et al.* (2019) e de Oyonarte *et al.* (2020), que associam o índice frontal com dimorfismo sexual para o início da puberdade.

Esses estudos, que igualmente foram conduzidos sobre radiografias laterais, confrontam a conclusão de Mahmood, Shaikh e Fida (2016), que consideraram frágeis as evidências para tal definição, a partir de seus testes. Antes disso, é digno de nota, Valverde *et al.* (2013) sustentaram a tese de que há estreita relação paralela do alargamento do seio frontal com o aumento da altura corporal dos indivíduos em crescimento.

Reforçaram ainda esses autores que o desenvolvimento do seio frontal pode ser empregado como indicador capaz de apontar o surto de crescimento puberal e,

consequentemente, sinalizar o momento mais oportuno para tratamentos ortopédicos interceptativos. Em favor adicional a essa afirmativa, Guevara *et al.* (2013), norteados pelo estudo antropológico de Brown (1984), observaram a serventia da análise frontal como indicador dos estágios de maturação óssea em um grupo específico de maloclusão esquelética, a Classe III.

Observações importantes para a proposta deste estudo têm origem no trabalho de Buyuk, Simsek e Karaman (2018), que mensuraram altura e largura, bem como as respectivas variações nos seios frontais direito e esquerdo de uma amostra considerável de casos. Avaliaram também, nesses pacientes, o estágio de maturação óssea, empregando os exames do padrão-ouro da análise de maturação esquelética, as radiografias de mão e punho, preconizadas no método de Fishman (1979). Como desfecho do estudo, os autores compararam as duas avaliações e chegaram à conclusão de que o seio frontal pode ser empregado como suporte na determinação do crescimento e desenvolvimento.

A literatura sobre a correlação do seio frontal com a maturação esquelética, como observado por Gagliardi (2004), é um tanto reduzida. E isto se explica, provavelmente, porque a análise, tal como vem sendo conduzida, não transmite suficiente confiabilidade. Mesmo assim, autores de várias regiões espalhadas pelo mundo vêm reproduzindo análises baseadas no desenvolvimento do seio frontal, desde Ruf e Panherz (1996) (PATIL; REVANKAR, 2013; NATHANI *et al.*, 2016; MOORE; ROSS, 2017), além do próprio Gagliardi (2004).

Todavia, ao passo que essa aventada carência de adesão à análise frontal reflete a sua condição de acurácia inferior à análise carpal, à idade dentária e à maturação vertebral, como indicador biológico da maturação esquelética, por estar sendo conduzida apenas a partir de uma tomada radiográfica lateral de cabeça, uma possibilidade de se ampliar a fidedignidade merece consideração.

Com a crescente exploração de imagens em três dimensões, esta pesquisa propõe uma análise estendida para uma tomada radiográfica pósterio-anterior da cabeça, que oferece a possibilidade de verificação da medida da largura e, mais que isso, exhibe toda a variação das diferentes alturas assumidas pelo contorno do seio frontal e não apenas a maior, como na visão sagital.

Das três dimensões do seio frontal, é inegável que a tomada radiográfica frontal contempla a visualização da direção predominante no desenvolvimento do seio frontal, a transversal. Portanto, ao se associar os aspectos sagital e coronal, a altura, a profundidade e expansão lateral passam a compor o cálculo para a área total do seio frontal. Acredita-se que essa análise estendida ao aspecto ântero-posterior possa conferir ao seio frontal maior fidedignidade como indicador da idade esquelética.

Logicamente que tal conclusão, aparentemente óbvia, não desabilita maiores investigações; ao contrário, desperta a importância de mais pesquisas com a finalidade de aprofundar o conhecimento sobre o desenvolvimento do seio frontal.

Partindo-se do pressuposto de que o alargamento crescente do seio frontal pode ter uma relação com o crescimento esquelético e ser útil para prever a maturidade óssea nos pacientes candidatos à ortopedia facial, testes de acurácia da análise do desenvolvimento do seio frontal, mensurado em altura, profundidade e expansão transversal, tendo como parâmetros a análise vertebral, a idade dentária ou análise

carpal, encontram vez. A ideia palpitante é estabelecer qual é o nível de confiabilidade dessa análise tridimensional do seio frontal como indicador da maturação esquelética.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu supor que analisar o desenvolvimento do seio frontal a partir de três dimensões confere maior veracidade à determinação de seu potencial como indicador biológico da maturação esquelética.

A tomografia computadorizada vem se tornando mais popular a cada dia, mas ainda não é uma realidade na rotina dos exames para diagnóstico e planejamento em ortodontia e ortopedia facial. Uma solução para a mensuração tridimensional do seio frontal é possível a partir das tomadas em perfil e frontal da cabeça, em acessível substituição à tomografia, exame ainda oneroso.

Outrossim, fica claro, a partir da fundamentação teórica provida por este estudo, que testes de acurácia do seio frontal como indicador de maturação esquelética, sob a óptica proposta, merecem oportunidade.

REFERÊNCIAS

- ALIJANI, S. *et al.* Relationship of Frontal Sinus Size and Maturation of Cervical Vertebrae for Assessment of Skeletal Maturity. **Front Dent**, [S. l.], v. 17, n. 20, p. 1-6, 2020
- BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; MCNAMARA, J. A. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. **Elsevier Inc**, [S. l.], v. 11, p. 119-129, 2005.
- BITTENCOURT, M. A. V. *et al.* Accuracy of dental development for estimating the pubertal growth spurt in comparison to skeletal development: a systematic review and meta-analysis. **Dentomaxillofacial radiology**, [S. l.], v. 47, n. 4, p. 1-12, 2018.
- BROWN, W. A. B. Enlargement of the frontal sinus. **Annals Of Human Biology**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 221-226, 1984.
- BUYUK, S. K.; SIMSEK, H.; KARAMAN, A. The relationship between frontal sinus morphology and skeletal maturation. **Folia Morphol**, [S. l.], v. 77, n. 3, p. 503-508, 2018.
- COSSELLU, G. *et al.* Relationship between mandibular second molar calcification stages and cervical vertebrae maturity in Italian children and young adults. **Eur J Paediatr Dent**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 355-339, 2014.
- DELEMARRE-VAN de WAAL, H. Secular trend of timing of puberty. **Endocr Dev**, [S. l.], v. 8, p. 1-14, 2005.

- DEMIRJIAN, A.; GOLDSTEIN, H.; TANNER, J. M. A new system of dental age assessment. **Hum Biol**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 211-227, 1973.
- FISHMAN, L. S. Chronological Versus Skeletal Age, an Evaluation of Craniofacial Growth. **Angle Orthod**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 181-189, 1979.
- GAGLIARDI, A. *et al.* Association of frontal sinus development with somatic and skeletal maturation in Aboriginal Australians: a longitudinal study. **Homo**, [S. l.], v. 55, n. 1-2, p. 39-52, 2004.
- GIRI, J. *et al.* Assessment of skeletal maturation with permanent mandibular second molar calcification stages among a group of Nepalese orthodontic patients. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, [S. l.], v. 8, p. 57-62, 2016.
- GOYAL, S.; GUGNANI, N. Assessment of skeletal maturation using mandibular second molar maturation stages. **J Clin Pediatr Dent**, [S. l.], v. 39, n. 1, p.79-84, 2014.
- GREEN, L. J. The interrelationships among height, weight, and chronological, dental, and skeletal ages. **Angle Orthod**, [S. l.], v. 31, n. 3, p.189-193, 1961.
- GUEVARA, Y. *et al.* The frontal sinus enlargement as an indicator of growth maturity in class III patients - A pilot study. **International Journal of Medical Science and Public Health**, [S. l.], v. 2, p. 430-434, 2013.
- KAMAL, A. T.; SHAIKH, A.; FIDA, M. Assessment of skeletal maturity using the calcification stages of permanent mandibular teeth. **Dental Press J. Orthod**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 441-448, 2018.
- KUMAR, S. *et al.* Skeletal maturation evaluation using mandibular second molar calcification stages. **Angle Orthodontist**, [S. l.], v. 82, n. 3, p. 501-506, 2012.
- LAI, E. H. H. *et al.* Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae?. **Journal of the Formosan Medical Association**, [S. l.], v. 107, n. 4, p. 316-326, 2008.
- LITSAS, G.; LUCCHESI, A. Dental and Chronological Ages as Determinants of Peak Growth Period and Its Relationship with Dental Calcification Stages. **The open dentistry journal**, [S. l.], v. 10, p. 99-108, 2016.
- MCMANARA, J. A.; FRANCHI, L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. **Angle Orthodontist**, [S. l.], v. 88, n. 2, p. 133-143, 2018.

MAHMOOD, H. T.; SHAIKH, A.; FIDA, M. Association between frontal sinus morphology and cervical vertebral maturation for the assessment of skeletal maturity. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, [S. l.], v. 150, n. 4, p. 637-642, 2016.

MOLLABASHI, V. *et al.* The relation between dental age and cervical vertebral maturation in orthodontic patients aged 8 to 16 years: A cross-sectional study. **International Orthodontics**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 1-9, 2019.

MOORE, K.; ROSS, A. Frontal Sinus Development and Juvenile Age Estimation. **Anat Rec**, [S. l.], v. 300, n. 9, p. 1609-1617, 2017.

NATHANI, R. *et al.* Evaluation of frontal sinus as a growth predictor in horizontal, vertical, and average growth pattern in children from 8 to 11 years: A cephalometric study. **Journal of Indian Orthodontic Society**, [S. l.], v. 1, n. 1, p.101-105, 2016.

NOLLA, C. M. The development of the permanent teeth. **J Dent Child**, [S. l.], v. 27, p. 254-266, 1960.

OYONARTE, R. *et al.* Diagnostic assessment of tooth maturation of the mandibular second molars as a skeletal maturation indicator: A retrospective longitudinal study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, [S. l.], v. 158, n. 3, p. 383-390, 2020.

PATIL, A. A.; REVANKAR, A. V. Reliability of the frontal sinus index as a maturity indicator. **Indian J Dent Res**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 523, 2013.

PAZ CORTÉS, M. M. *et al.* Accuracy assessment of dental age estimation with the Willems, Demirjian and Nolla methods in Spanish children: Comparative cross-sectional study. **BMC Pediatr**, [S. l.], v. 20, n. 361, p. 2-9, 2020.

PERINETTI, G. *et al.* Diagnostic performance of dental maturity for identification of skeletal maturation phase. **European Journal of Orthodontics**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 487-492, ago. 2012.

PERINETTI, G.; DI LENARDA, R.; CONTARDO, L. Diagnostic performance of combined canine and second molar maturity for identification of growth phase. **Progress in Orthodontics**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 1-6, maio 2013.

RAMÍREZ-VELÁSQUEZ, M. *et al.* Maturation of cervical vertebrae and chronological age in children and adolescents. **Acta Odontol Latinoam**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 125-130, 2018.

RUF, S.; PANCHERZ, H. Can frontal sinus development be used for the prediction of skeletal maturity at puberty?. **Acta Odontol Scand**, [S. l.], v. 54, n. 4, p. 229-234, 1996.

SANTIAGO, C. R. *et al.* Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity: A systematic review. **Angle Orthodontist**, [S. l.], v. 82, n. 6, p. 1123-1131, 2012.

SERAFIM, I. M.; VILANI, G. N.; SIQUEIRA, V. C. V. A relação entre o crescimento mandibular e a maturação esquelética em jovens brasileiras melanodermas. **Dental Press Journal of Orthodontics**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 58-70, maio 2010.

SINGH, S. *et al.* A Study of Correlation of Various Growth Indicators with Chronological Age. **Int J Clin Pediatr Dent**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 190-195, 2015.

SZEMRAJ, A.; WOJTASZEK-SŁOMIŃSKA, A.; 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**, [S. l.], v. 102, p. 125-128, 2018.

TRAKINIENĖ, G.; SMAILIENĖ, D.; KUČIAUSKIENĖ, A. Evaluation of skeletal maturity using maxillary canine, mandibular second and third molar calcification stages. **European Journal of Orthodontics**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 398-403, 2016.

TÜRKOZ, Ç. *et al.* A practical formula for determining growth. **Diagnostic and interventional radiology**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 194-198, 2017.

VALVERDE, Y. *et al.* Frontal Sinus Enlargement and Growth Maturity in Class III Patients – A Pilot Study. **International Journal of Medical Science and Public Health**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 451-455, 2013.

VARSHOSAZ, M. *et al.* Bone age estimation by cervical vertebral dimensions in lateral cephalometry. **Prog Orthod**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 126-131, 2012.

YILMAZ, S. G. *et al.* Evaluation of the relationship between the Demirjian and Nolla methods and the pubertal growth spurt stage predicted by skeletal maturation indicators in Turkish children aged 10-15: investigation study. **Acta Odontol Scand**, [S. l.], v. 77, n. 2, p. 107-113, 2019.