

SAACF–CVM: Sistema de Apoio à Análise do Crescimento Facial via Método de Maturação da Vértebra Cervical

Cesar Augusto Cardoso Caetano^{1,5}, Daniel Sardinha Taschetto²,
Filippe Soares Roza², Semer El Masri da Silva², Felipe Mancini³,
Cristina Lucia Feijó Ortolani⁴, Ivan Torres Pisa⁵

¹ Faculdade de Informática e Administração Paulista (FIAP)

² Bacharelado em Sistemas de Informação, FIAP

³ Programa de Pós-graduação em Informática em Saúde,
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

⁴ Departamento de Ortodontia e Ortopedia Facial, Universidade Paulista (UNIP)

⁵ Departamento de Informática em Saúde, UNIFESP

Resumo – Ao atentar para a prevenção e o tratamento precoce das deformidades dentofaciais, que requerem cuidados como diagnóstico correto e bom planejamento, é de suma importância determinar o estágio de maturação esquelética para identificar a fase de crescimento do paciente. Este trabalho apresenta um sistema computacional, em desenvolvimento, SAACF–CVM, que permite avaliar a maturidade óssea da coluna cervical de pacientes. O software permite ao especialista correlacionar matematicamente as dimensões das vértebras cervicais por meio de radiografias cefalométricas laterais digitalizadas. O sistema está sendo desenvolvido sobre a plataforma Java e disponibiliza, para o especialista, métodos para visualização, análise de dimensões e armazenamento dos resultados obtidos com a imagem avaliada. Em avaliações preliminares, realizadas por especialistas da área, o software apresentou uma interface amigável e intuitiva facilitando a usabilidade e reprodutibilidade do método.

Palavras-chave. Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas, Cefalometria, Vértebras Cervicais, Ortodontia.

Abstract. To look for the prevention and early treatment of deformities dentofaciais, which require care as correct diagnosis and proper planning, it is critical to determine the stage of identifying the skeletal maturation phase of growth of the patient. This paper presents a computational system in development, SAACF-CVM, which can assess the maturity of the cervical spine bone of patients. The software allows the specialist to correlate mathematically the dimensions of the cervical vertebrae through lateral cephalometric radiographs. The system is begin developed on the Java platform and provides, for the specialist, methods for viewing, analysis of dimensions and storage of the results obtained with the image assessed. In preliminary assessments, carried out by specialists in the field, the software presented a friendly and intuitive interface facilitating the usability and reproducibility of the method.

Keywords: Decision Support Systems, Clinical; Cephalometry; Cervical Vertebrae; Orthodontics.

Introdução

O crescimento e o desenvolvimento equilibrado das estruturas craniofaciais são aspectos importantes e cada vez mais utilizados pelos ortodontistas e ortopedistas faciais [1-3], auxiliando no diagnóstico, planejamento e tratamento preventivo e interceptador. e na decisão sobre a necessidade e período mais adequado para realização de procedimentos ortodônticos-ortopédicos e cirúrgicos visando à resolução das deformidades dentofaciais.

Para tanto, é relevante a determinação da idade esquelética, intimamente relacionada ao Surto de Crescimento Puberal (SCP) [4, 5] e real referência da idade biológica de uma pessoa, tendo em vista que as discrepâncias de ordem esquelética e dento-esqueléticas devem ser preferencialmente tratadas durante o período de resposta do tecido ósseo, ou seja, durante seu cres-

cimento e maturação para que o tratamento proposto seja efetivo. Essa relevância se reafirma pelo fato de dois terços das máis oclusões estarem diretamente relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento esquelético [6].

É possível citar como oclusão normal ou equilíbrio maxilomandibular o padrão esquelético Classe I, como um padrão harmônico de crescimento entre as bases ósseas e relacionamento maxilomandibular ortopédico, sendo referência para o tratamento das demais oclusões de origem esqueléticas. Já a Classe II, com grande incidência na população, se apresenta com um desequilíbrio no crescimento entre as bases ósseas, causadas por protrusão da maxila, retrusão da mandíbula ou uma combinação de ambas [7-9]. Segundo Ricketts [10], a Classe II piora com a idade. Com isso observa-se a importância de identificar e aproveitar o período mais favorável para a correção de deficiências mandibulares.

Usualmente, para estimar o estágio de maturação óssea em que o indivíduo se encontra utiliza-se a radiografia carpal [11, 12]. Contudo, outros métodos de avaliação da idade esquelética têm sido estudados, como a inspeção das fases de maturação de maturação óssea das vértebras cervicais (CVM – Cervical Vertebral Maturation) vista em radiografias cefalométricas laterais, muito utilizadas pela ortodontia, sendo que esse método apresenta uma tendência atual com grande confiabilidade descrita na literatura [13-23].

Com a utilização desse método, pode-se diminuir a quantidade de radiação ionizante a que o paciente é exposto, pois elimina o uso de radiografias adicionais, como o carpal [24] já que as radiografias cefalométricas laterais fazem parte da documentação ortodôntica, além de reduzir o custo.

Segundo Lamparski [20] (1972), as mudanças no tamanho e na forma das vértebras cervicais estão relacionadas ao crescimento do indivíduo, e podem ser utilizadas com o mesmo valor clínico que a avaliação da região da mão e do punho. O'Reilly e Yanniello [21] (1988) mostraram que os estágios de maturação da vértebra cervical estão sendo relacionados ao crescimento mandibular durante a puberdade. Hassel e Farman [18] (1995), Garcia Fernandez et al. [15] (1998) e San Román et al. [25] (2002) afirmaram que existe correlação confiável quando se compara a maturidade esquelética determinada pelos estágios da mão e do punho e a maturidade das vértebras cervicais na determinação da maturidade óssea. Ortolani [26] (2005) considerou o método válido, um parâmetro alternativo e prático, podendo inclusive substituir outros métodos de avaliação do estágio em que o indivíduo se encontra na curva de crescimento [27].

A idade cronológica apresenta uma correlação direta com a maturação das vértebras cervicais. Assim, à medida que a idade aumenta, o índice de maturação das vértebras cervicais fica maior. Até os 12 anos não existe diferença estatisticamente significativa entre os gêneros feminino e masculino, mas a partir desta época observa-se maior aceleração no sexo feminino [17]. Franchi et al. [28] mostram que mudanças maiores no crescimento mandibular em correspondência de um estágio específico de maturação vertebral cervical (estágios 3 ao 4) representa o período mais favorável (surto do crescimento reconhecido na época da puberdade e por isso chamado de Surto de Crescimento Puberal) para a correção de deficiências mandibulares, porque ele inclui a porção ascendente da aceleração do crescimento da puberdade com maior resposta biológica da cartilagem mandibular. Portanto, é necessário realizar um bom diagnóstico e tratar as deficiências mandibulares na curva ascendente para a puberdade, e estar atento aos pacientes do gênero feminino com tipo facial retrovertido, para não perderem este período precioso e único

para a sua correção já que crescem menos por um período de tempo menor que o grupo masculino.

Nos últimos anos, um número considerável de estudos [17,29-35] foi desenvolvido para comprovar a validade, facilitar e difundir o método cervical, que possibilita uma predição SCP.

O foco deste trabalho é a construção de um software do novo método CVM (Cervical Vertebral Maturation), uma modificação do método proposto por Lamparski (1972) [20], onde Baccheti, Franchi e McNamara Jr. (2005) [35] avaliam a maturidade esquelética em um simples cefalograma analisando apenas a segunda, a terceira e a quarta vértebras cervicais (C2, C3 e C4), que usualmente são visíveis mesmo quando há utilização do colar de proteção da tireóide durante a tomada radiográfica.

Metodologia

As fases de maturação foram divididas pelos autores em 6 estágios (Cervical Stages) CS1, CS2, CS3, CS4, CS5 e CS6 (Figura 1). As estruturas cervicais são morfológicamente caracterizadas pelos pontos C2p, C2m, C2a, C3ua, C3up, C3lp, C3m, C3la, C4ua, C4up, C4lp, C4m e C4la onde as letras u, l, a e p representam respectivamente pontos vertebrais superiores, inferiores, anteriores e posteriores (upper, lower, posterior e anterior). Através destes pontos os autores definem as medidas C2Conc, C3Conc, C4Conc (maior profundidade da base inferior do corpo vertebral), C3BAR, C4BAR (razão entre o comprimento da base inferior e a altura anterior), C3PAR e C4PAR (razão entre as alturas posterior e anterior). As análises são baseadas em dois conjuntos de variáveis: presença ou ausência de concavidade na base inferior das vértebras C2, C3 e C4; e a forma corporal das vértebras C3 e C4 (trapezóide, retangular, quadrado, retangular vertical).

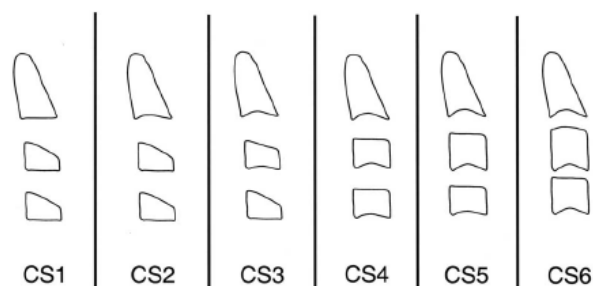


Figura 1 – Esquema representativo dos estágios das vértebras cervicais de acordo com o novo método CVM. Fonte: [35].

Em suma, durante os 6 estágios do novo método CVM, foi observado que as vértebras C3 e C4 passavam de um formato de cunha, com inclinação da borda superior, de posterior para anterior para um formato regular, quadrado e, subseqüentemente, para uma forma que apresentava uma dimensão vertical (altura) maior que a horizontal (largura), as bordas inferiores das vér-

tebras C2, C3, C4 apresentavam-se retas ou achatadas, quando imaturas, ocorrendo a formação de uma concavidade, que se tornava mais proeminente com o decorrer do desenvolvimento. A ordem de aparecimento dessas concavidades também indicava o estágio de desenvolvimento, aparecendo seqüencialmente da C2 em direção à C4. Observou-se também que o pico do crescimento (momento precioso para determinados casos em que há necessidade de tratamento) ocorre entre os estágios CS3 e CS4, onde o fator Co-Gn (comprimento mandibular total) aumenta mais rapidamente; o estágio CS6 ocorre, pelo menos, 2 anos após o pico.

Neste contexto, esta sendo desenvolvido um sistema computacional, denominado SAACF-CVM, baseado no método, aperfeiçoado, CVM – (Cervical Vertebral Maturation) de Baccetti et al [2] (2005). O sistema facilita a execução do exame permitindo precisão na reprodutibilidade de cada avaliação e a persistência de dados periciais. Utilizando as medidas de análise cefalométrica o Sistema de Apoio à Análise do Crescimento Mandibular via Método de Maturação da Vértebra Cervical disponibiliza uma interface amigável na qual o especialista visualiza a imagem digitalizada da coluna cervical e por meio do mouse do computador realiza medidas lineares segundo o método CVM.

A implementação do SAACF-CVM basei-se na metodologia proposta por Tiziano Baccetti, Lorenzo Franchi e James A. McNamara, Jr [35], possibilitando uma avaliação, sobre radiografias cefalométricas laterais digitalizadas, do estágio cervical em que o paciente se encontra em relação a curva do SCP. O projeto conjuga abordagens morfológicas, analisadas por métodos matemáticos elementares de Pitágoras e Euclides de Alexandria (Figura 2, Figura 3), e qualitativas, em que a capacidade de persistência dos dados periciais facilita estatisticamente o controle sobre o método utilizado.

Resultados

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados, respectivamente, a seleção de imagem e o resultado da aplicação do sistema SAACF-CVM para avaliar um paciente do sexo masculino de 12 anos de idade.

Após o especialista, por meio do uso do mouse do computador, identificar os pontos principais em cada vértebra na imagem radiográfica,

digitalizada, o sistema disponibiliza automaticamente as análises cefalométricas. O sistema permite salvar as análises (Figura 6), que podem ser consultadas posteriormente.

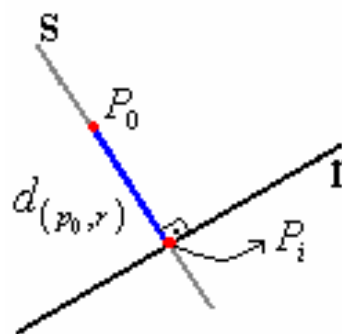


Figura 2 – Representação geométrica da distância de um ponto a reta. Fonte: IEZZI, G. e outros pág 114, ano 2004.

$$\begin{aligned} &\text{Ponto } P (x_0, y_0) \\ &\text{Reta } r: ax + by + c = 0 \\ &d = \frac{|ax_0 + by_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{aligned}$$

Figura 3 - Fórmula da distância de um ponto à reta. Fonte: http://www.interaula.com/ap1au013_02m.html

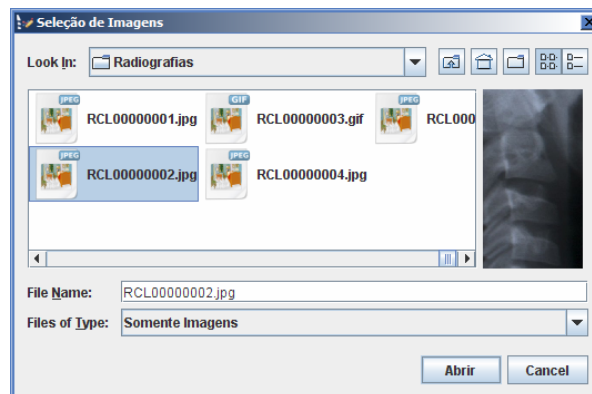


Figura 4 – Seleção de Imagens no SAACF-CVM. Fonte: SAACF-CVM.

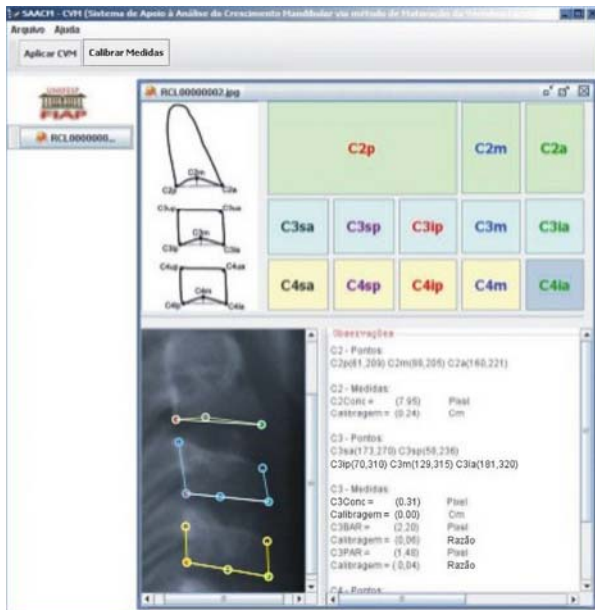


Figura 5 – Análise cefalométrica no SAACF-CVM. Fonte: SAACF-CVM.

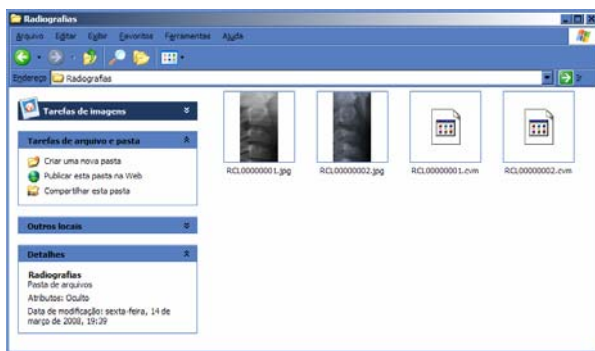


Figura 6 – Cefalometrias digitalizadas e suas análises de maturação. Fonte: SAACF-CVM

Discussão

No início da década de 60, o Dr. Ricketts criava nos Estados Unidos a cefalometria computadorizada. Na mesa digitalizadora, o usuário informava a um programa de geometria a localização dos pontos anatômicos sobre uma radiografia. Através deste trabalho, no Brasil, foi desenvolvido o SAACF-CVM. O software introduz a cefalometria digital para o método CVM.

Fazer cefalometria no SAACF significa basicamente uma coisa: marcar os pontos anatômicos necessários para a análise. A confiabilidade do exame depende desta marcação. A possibilidade de uso de comandos e rotinas deve ser explorada ao máximo, pois a aceitação de uma ferramenta computadorizada no meio profissional está diretamente ligada à flexibilidade de custos e uso, além da possibilidade de integração com outras ferramentas.

Conclusões

O estudo da maturação óssea através do SAACF-CVM, feito por especialistas treinados, mostrou maior facilidade para a definição do estágio de maturação. O software oferece aumento de produtividade, qualidade e precisão nos exames cefalométricos. Sua aplicabilidade permite dados diagnósticos relevantes e um histórico de fácil acesso à prática ortodôntica.

Agradecimentos

À estudante de psicologia, Regiane Isabel Domingues, que contribuiu para a conclusão deste trabalho; à Bruna e à Priscila, que acompanharam as reuniões do grupo; e às respectivas instituições pelo apoio ao projeto.

Referências

- [1] JANSON, G. R. P. Estudo longitudinal e comparativo do crescimento facial dos 13 aos 18 anos de idade em jovens brasileiros leucodermas, utilizando a análise cefalométrica de McNamara Jr. 1990. 138 f. Tese (Doutorado em Ortodontia)-Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Bauru, 1990.
- [2]. McNAMARA JR., J. A. A method of cephalometric evaluation. Am J Orthod, St. Louis, p. 449-469, 1984.
- [3]. SADOWSKY, P. L. Craniofacial growth and the timing of treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop, St. Louis, v. 113, no. 1, p. 19-23, 1998.
- [4]. CHAVES, A. P.; FERREIRA, R. I.; ARAÚJO, T. T. Maturação esquelética nas raças branca e negra. Ortodontia Gaúcha, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 45-52, jan./jul. 1999.
- [5]. URSI, W. J. S. Determinação da maturidade esquelética através de radiografias carpais: sua importância no tratamento ortodôntico-ortopédico. In: INTERLANDI, S. Ortodontia: bases para a iniciação. 3. ed. Rio de Janeiro: Artes Médicas, 1994. p. 615.
- [6]. GRABER, T. M.; VANARSDALL JR., R. L. Ortodontia princípios e técnicas atuais. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- [7]. SILVA FILHO, O. G.; FREITAS, S. F.; CAVASSAN, O. A. Prevalência de oclusão normal e má oclusão em escolares da cidade de Bauru-SP. Rev Odontol USP, São Paulo, v. 4, n. 3, p.189-196,1990.
- [8]. URSI, W.; McNAMARA JR., J. A. Crescimento craniofacial em pacientes apresentando maloclusões de Classe II e oclusão normal, entre os 10 e

12 anos de idade. Revista Dental Press Ortodon Ortop Facial, Maringá, v. 2, n. 5, p. 49-59, 1997.

[9]. WOODSIDE, D. Crescimento maxilar e mandibular após alteração do modo respiratório. Ortodontia, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 95-114, 1994.

[10]. Dr. Robert M. Ricketts on growth prediction. J Clin Orthod, Boulder, p. 420-434, July 1975.

[11]. MORAES, L. C. et al. Idade óssea: considerações a respeito de sua estimativa. Rev Gaúcha Odontol, Porto Alegre, v. 42, n. 4, p. 201-203, 1994.

[12]. TAVANO, O.; FREITAS, J. A. S.; LOPES, E. S. Comparação entre duas tabelas de avaliação de idade biológica através do desenvolvimento ósseo. Clin Pediatr, Philadelphia, v. 6, p. 7-21, 1982.

[13]. ARAÚJO, T. S. S. Estudo comparativo entre dois métodos de estimativa da maturação óssea. 2001. 101 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Radiologia Odontológica)-Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2001.

[14]. ARMOND, M. C.; CASTILHO, J. C. M.; MORAES, L. C. Estimativa do surto de crescimento puberal pela avaliação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. Ortodontia, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 51-60, 2001.

[15]. GARCÍA-FERNANDEZ, P.; TORRE, H.; FLORES, L.; RHEA, J. The cervical vertebrae as maturation indicators. J Clin Orthod, Boulder, v. 32, no. 4, p. 221-225, 1998.

[16]. GENEROSO, R. C. Avaliação radiográfica comparativa das fases de maturação das vértebras cervicais em pacientes com padrão classe I e classe II esqueléticos. 2002. 125 f. Tese (Doutorado em Biopatologia Bucal, Área de concentração em Radiologia)-Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2002.

[17]. GENEROSO, R. et al. Estudo da correlação entre a idade cronológica e a maturação das vértebras cervicais em pacientes em fase de crescimento puberal. Revista Dental Press Ortodon Ortop Facial, Maringá, Maringá, v. 8, n. 4, p. 19-36, jul./ago. 2003.

[18]. HASSEL, B.; FARMAN, A. G. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. Am J Orthod Dentofacial Orthop, St. Louis, v. 107, no. 1, p. 58-66, 1995.

[19]. HELLSING, E. Cervical vertebral dimensions in 8, 11 and 15- year-old children. Acta Odontol Scand, Oslo, v. 49, p. 207-213, 1991.

[20]. LAMPARSKI, D. G. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. 1972. 164 f. Dissertação (Master of Dental Science) - Faculty of the School of Dental Medicine, University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1972.

[21]. O'REILLY, M. T.; YANNIELLO, G. J. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae: a longitudinal cephalometric study. Angle Orthod, Appleton, v. 58, no. 2, p. 179-184, 1988.

[22]. SANTOS, S. C. B. N.; ALMEIDA, R. R. Estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade esquelética utilizando telerradiografias em norma lateral e radiografias carpais. Ortodontia, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 33-45, 1999.

[23]. TAVANO, O.; ARMOND, M. C.; GENEROSO, R. Maturação das vértebras cervicais vistas através das radiografias cefalométricas laterais. Revista da ABRO, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 15-24, 2000.

[24]. SMITH, R. J. Misuse of hand-wrist radiographs. Am J Orthod, St. Louis, v. 77, no. 1, p. 75-78, 1980.

[25]. SAN ROMÁN, P. et al. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. Eur J Orthod, v. 24, p. 303-311, 2002.

[26]. ORTOLANI, C. F. Pergunte a um expert. Rev Dental Press Ortod Ortop Facial, Maringá, v. 4, n. 1, p. 7-14, fev./mar. 2005.

[27]. Santos ECA, Bertoz FA, Arantes FL, Reis PMP. Avaliação da reprodutibilidade do método de determinação da maturação esquelética por meio das vértebras cervicais. R Dental Press Ortodon Ortop Facial 2005;10(2):62-68.

[28]. FRANCHI, L.; BACCETTI, T.; McNAMARA JR., J. A. Thin-Plate Spline analysis of mandibular growth. Angle Orthod, Appleton, v. 71, no. 2, p. 83-92, 2001.

[29]. Santos SCBN, Almeida RR, Henriques JFC, Bertoz FA, Almeida RR. Avaliação de um método de determinação do estágio de maturação esquelético utilizando as vértebras cervicais presentes nas telerradiografias em norma lateral. R Dental Press Ortodon Ortop Facial 1998;3(3):67-77.

[30]. Santos SCBN, Almeida RR. Estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade esquelética utilizando telerradiografias em norma

lateral e radiografias carpais. *Ortodontia* 1999;32(2):33-45.

[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]. Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(4):380-5.

[33]. Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. The cervical vertebral maturation method: some need for clarification. *Angle Orthod* 2002;72(4):316-23.

[34]. BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; McNAMARA JR., J. A. An improved version of the version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*, v. 72, n. 4, p. 316-336, 2002.

[35]. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr: The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics, *Semin Orthod* 11:119–129 © 2005.

Contatos

Os autores podem ser contatados no endereço: Departamento de Informática em Saúde, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Rua Botucatu 862, Térreo. CEP 04023-062. São Paulo, SP. Telefone: (11) 5574-5234. E-mails dos autores:

caetanousp@uol.com.br,
sardinhavirtual@gmail.com,
filippe.roza@gmail.com, sememasri@gmail.com,
felipe-pg@dis.epm.br, crisorto@gmail.com,
ivan.pisa@unifesp.br.