

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**Maria de Paula Caldas
Cirurgiã-Dentista**

**AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO ESQUELÉTICA NA POPULAÇÃO
BRASILEIRA POR MEIO DA ANÁLISE DAS VÉRTEBRAS CERVICAIS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Piracicaba

2007

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

C126a Caldas, Maria de Paula.
Avaliação da maturação esquelética na população brasileira por meio da análise das vértebras cervicais. / Maria de Paula Caldas. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2007.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Crescimento. 2. Puberdade. 3. Ortodontia. 4. Radiografia. I. Haiter Neto, Francisco. I. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em Inglês: Skeletal maturation assessment of Brazilians using cervical vertebrae analysis

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Growth. 2. Puberty. 3. Orthodontics. 4.

Radiography

Área de Concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca Examinadora: Mari Eli Leonelli de Moraes, Francisco Haiter Neto, Frab Norberto Bóscolo

Data da Defesa: 08-02-2007

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



DEDICO ESTE TRABALHO,

A Deus, presença constante em minha vida.

Aos meus pais, Luciano e Sonia. Por fazerem da vida um tempero constante de graça e amor incondicional um pelo outro.

Ao meu irmão Pedro, minha grande descoberta. Meu colo preferido e companheiro único das inesquecíveis caminhadas pelo mundo.

À minha pequena grande Julia, figurinha iluminada e presente de Deus.

A quem me inspira amor, Diogo. Fonte de vida, paixão, cumplicidade e sonhos. Amo você.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Professor Dr. Francisco Haiter Neto, por sua preciosa orientação e dedicação durante a realização deste trabalho. Pelo carinho, atenção, paciência e principalmente amizade.

Professora Dra. Solange Maria de Almeida, pela atenção especial, carinho e compreensão nos momentos mais difíceis.

Professor Dr. Frab Norberto Bóscolo, pelo exemplo de caráter e dedicação. Por fazer dos seus alunos filhos e depositar em cada um deles confiança particular.

Professora Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano, pela disposição e preciosa disponibilidade em realizar as análises estatísticas.

AGRADECIMENTOS

À grande mestre Maria Alves, participação fundamental na minha descoberta pela Radiologia.

Ao Professor Rodrigo Mürrer, por acreditar neste sonho e contribuir de forma ímpar para que ele se tornasse realidade.

À minha amiga irmã Cacá, por simplesmente fazer parte desta história. Muito obrigada.

Às duas grandes radiologistas de sucesso Ellen e Flávia. Ellen um pouco irmã, Flavinha um pouco mãe, se tornaram minha família em Piracicaba. Pelas deliciosas incursões culinárias, risadas e todos os outros bons momentos, minha eterna gratidão.

Às minhas grandes e eternas amigas Tata, Marcella, Mariana, Vany, Anyelle, Bel e Paula. Pela sutil capacidade de sorrir com as conquistas de um amigo.

Às minhas amigas Dani Pita, Danna, Juliana Santos, Juliana Bittar, Alynne, Jana, Déa Pontual, Deborah Queiroz e Márcia, que colocaram nessa jornada um sabor todo especial.

A todos os colegas de pós-graduação da FOP, em especial aos amigos Fábio Guedes, Sérgio Lopes, Andréa Kuroiva, Adriana Dibo, Rafael Navarro, Sandro Biscaro, Nayene Eid, Roselaine Coelho e Mário Costa, pela amizade e bons momentos.

Aos funcionários de Radiologia Roberta, Giselda, Waldeck e Fernando, sempre tão prestativos e dedicados. Muito obrigada.

À disciplina de Ortodontia, em especial o Professor João Sarmiento, pela disponibilidade e ajuda na coleta dos pacientes. Muito obrigada pelo carinho e atenção.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa do Sr. Diretor Prof Dr. Francisco Haiter Neto.

“Os sonhos trazem saúde para a emoção, equipam o frágil para ser autor da sua história, renovam as forças do ansioso, animam os deprimidos, transformam os inseguros em seres humanos de raro valor. Os sonhos fazem os tímidos terem golpes de ousadia e os derrotados serem construtores de oportunidades.”

Augusto Cury

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade do método de análise da idade óssea das vértebras cervicais desenvolvido por Mito et al. (2002) em meninas japonesas na população brasileira, assim como estabelecer dois novos métodos para meninas e meninos brasileiros, no intuito de determinar de forma objetiva a maturação esquelética das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. Foram selecionadas radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais de 128 meninas e 110 meninos, com faixa etária variando entre 7 e 15.9 anos, pertencentes à Clínica de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp. A idade óssea das vértebras cervicais foi determinada segundo o método de Mito et al. (2002). A idade óssea das crianças foi determinada pelo método de Tanner & Whitehouse (TW3) e usada como

padrão ouro para determinar a confiabilidade do método japonês. Posteriormente, terceiro e quarto corpos das vértebras cervicais foram traçados e medidos e fórmulas de regressão foram criadas, no intuito de se estabelecer a idade óssea das vértebras cervicais de meninos e meninas brasileiros. Uma outra amostra composta por radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais de 55 meninas e 54 meninos com a mesma faixa etária foi utilizada para verificar a confiabilidade das fórmulas criadas, em comparação à idade óssea determinada pelo método TW3. Diante da análise do método japonês na população brasileira, os resultados obtidos revelaram que houve diferença estatística significativa entre idade vertebral e idade cronológica e entre idade esquelética e idade cronológica para a população feminina. Ao contrário, a amostra masculina revelou diferença estatística significativa entre idade vertebral e idade esquelética e entre idade vertebral e idade cronológica. A criação das fórmulas para meninas e meninos brasileiros para a análise objetiva da maturação esquelética das vértebras cervicais revelou não haver diferença estatística entre idade óssea da vértebra cervical, idade esquelética e idade cronológica. Podemos concluir que o método desenvolvido por Mito et al. (2002) pode ser aplicado somente em meninas brasileiras e que as fórmulas desenvolvidas para avaliação objetiva da idade óssea das vértebras cervicais de meninos e meninas brasileiras são confiáveis e podem ser utilizadas.

Palavras-chave: Vértebra cervical; Puberdade; Ortodontia; Radiografia.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the applicability of the formula developed for Japanese people by Mito et al. (2002) in Brazilians, as well as to establish two new formulas to objectively evaluate skeletal maturation in female and male Brazilian subjects using cephalometric radiographs. The study sample was taken from patient files of the Oral Radiological Clinic, Piracicaba Dental School, Brazil. Lateral cephalometric and hand-wrist radiographs of 128 girls and 110 boys (aged 7.0 to 15.9 years) were selected. Cervical vertebral bone age was evaluated using Mito's method. Bone age was evaluated by the Tanner & Whitehouse method (TW3) and was used as gold standard to determine the reliability of the Japanese method. After that, cervical vertebral bodies of C3 and C4 were traced and a stepwise multiple regression analysis was created in order to determine

formulas to obtain cervical vertebral bone age in Brazilian girls and boys. A different sample consisted of lateral cephalometric and hand-wrist radiographs of 55 girls and 54 boys (aged 7.0 to 15.9 years) was used to verify the reliability of cervical vertebral bone age in comparison with bone age by the TW3 method. Against the analysis of the Japanese method, it was possible to observe that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and chronological age and between bone age and chronological age in girls. Differently, the analysis for boys demonstrated that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and bone age and between cervical vertebral bone age and chronological age. The establishment of formulas for objectively evaluating skeletal maturation in Brazilians showed no statistically significant difference between cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age. We concluded that the method developed by Mito et al. for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs can be applied to Brazilian women only and the formulas developed in this study are reliable and can be applied to both female and male Brazilian subjects.

Key Words: Cervical vertebrae; Puberty; Orthodontics; Radiography

SUMÁRIO

1. Introdução e Revisão da Literatura	1
2. Proposição	11
3. Capítulo 1	12
Cervical vertebral dimensions for the assessment of children growth	
4. Capítulo 2	24
New formulas to objectively evaluate skeletal maturation using cephalometric radiographs	

5. Considerações finais	37
Referências	39
Anexos	43

INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

A idade cronológica, o desenvolvimento esquelético e dentário, a altura, o peso e o aparecimento das características sexuais secundárias constituem alguns dos parâmetros mais frequentemente utilizados para a identificação dos estágios de crescimento de um indivíduo. Devido às variações existentes na época, duração e velocidade de crescimento corporal geral, a avaliação do estágio de maturação e do potencial de crescimento durante a pré-adolescência e a adolescência constituem fatores de grande importância no diagnóstico ortodôntico, uma vez que na maioria dos pacientes, o crescimento que ocorre ou está para ocorrer neste período apresenta uma participação fundamental no prognóstico dos casos (Fishman, 1982; Hägg e Pancherz, 1988).

Na adolescência, há um período em que o crescimento ocorre com velocidade máxima, chamado de surto de crescimento puberal. Caracteriza-se por ser um processo constante, mas varia quanto ao seu início, intensidade e duração de indivíduo para indivíduo (Perry-Junior e Damico, 1972; Bergersen, 1972; Bowden, 1976). Inicia-se a partir de um mínimo pré-puberal, sendo crescente até atingir o pico máximo de crescimento puberal. A partir daí, decresce até alcançar o término do crescimento (Chapman, 1972; Grave e Brown, 1976; Fishman, 1982; Hägg e Taranger, 1982). Desta forma, tratamentos realizados durante a fase de surto de crescimento puberal tornam-se mais efetivos, pois as estruturas faciais possuem máxima capacidade de responder aos estímulos oferecidos pela mecânica ortodôntica e ortopédica (Helm et al., 1971; Perry-Junior e Damico, 1972; Grave e Brown, 1976; Moore et al., 1990).

O pico de crescimento facial ocorre, normalmente, um pouco depois do surto de crescimento em estatura (Bambha, 1961). As meninas tendem a apresentar maturação esquelética dois anos antes que os meninos, os quais, por sua vez, possuem maior crescimento tanto em estatura quanto das estruturas do crânio. Em média, o surto de crescimento puberal inicia-se aos 10 anos nas meninas e aos 12 anos nos meninos. Em ambos os gêneros, o pico de crescimento ocorre por volta de dois anos após o início do surto, ou seja, aos 12 anos nas meninas e aos 14 anos nos meninos, e o fim do surto de

crescimento ocorre por volta de 15 anos nas meninas e aos 17 anos nos meninos (Hägg e Taranger, 1980). No entanto, devido à grande variação individual na época do surto de crescimento puberal, a idade cronológica torna-se pouco confiável para a avaliação do estágio de desenvolvimento da criança, visto que nem sempre esta correlaciona-se adequadamente com sua idade esquelética, podendo esta última apresentar-se avançada ou atrasada em relação à primeira (Grave e Townsend, 2003). Desta forma, torna-se importante utilizar a avaliação da idade esquelética na prática clínica, buscando-se, assim, a obtenção de resultados finais mais acurados e benéficos (Fishman, 1979).

Grande parte dos casos tratados ortodonticamente inclui tipos de maloclusões onde o crescimento e o desenvolvimento desempenham papel fundamental no êxito ou no fracasso da mecanoterapia. Existe uma tendência na Ortodontia atual de iniciar os tratamentos o mais precocemente possível, objetivando a melhoria da relação entre as bases ósseas, fato esse que só é possível enquanto o paciente está em crescimento, ao contrário do posicionamento dentário, que pode ser alterado em qualquer época da vida. O crescimento puberal ocorre entre dez anos e seis meses e 15 anos de idade, sendo que nas meninas esse crescimento ocorre mais precocemente. Porém, a idade cronológica não coincide com a idade óssea ou esquelética, devido a diversos fatores como: genética, raça, condições climáticas, circunstâncias nutricionais e condições sócio-econômicas. Dessa forma, para o ortodontista, o mais importante é a determinação da idade óssea em detrimento da idade cronológica (Mercadante, 1999).

Além da Ortodontia, a avaliação da idade óssea tem um papel importante na Pediatria, especialmente em problemas endócrinos e desordens de crescimento (Loder et al., 1993). Também é útil na predição da estatura adulta e na estimativa da idade aproximada de uma criança com data de nascimento desconhecida, assim como na identificação de cadáveres. (Haite-Neto & Tavano, 1997) Assume ainda papel importante na área da saúde coletiva, na comparação entre populações distintas para determinar se existe algum fator ambiental que explique as diferenças entre elas. (Tanner et al., 2001)

1.1 Estudo do crescimento por intermédio das radiografias de mão e punho

A idade esquelética, definida pela avaliação do estágio em que se encontram diferentes centros de ossificação, é considerada o registro fiel da idade biológica. O principal recurso utilizado atualmente para a determinação do estágio de maturação em que se encontra o paciente ortodôntico consiste na avaliação das radiografias de mão e punho, ou radiografias carpais. É sabido que existe um sincronismo no crescimento das diversas estruturas do corpo, podendo-se utilizar as informações obtidas a partir das estruturas da mão e punho na avaliação do crescimento corpóreo geral e facial (Fishman, 1979; Fishman, 1982).

A grande utilização das radiografias carpais justifica-se no fato de que, na região da mão e punho encontram-se disponíveis trinta centros de ossificação, sendo possível observar em cada um deles modificações distintas ao longo do seu desenvolvimento. Essas modificações são suficientes para fornecer informações a respeito de, praticamente, todo o período de maturação esquelética de um indivíduo (Blanco et al., 1972).

Dentre os vários métodos existentes para estimar a idade óssea da mão e punho, estão os de Greulich & Pyle e Tanner & Whitehouse, os quais são os mais utilizados na prática clínica e na pesquisa.

O método de Greulich e Pyle (1959) é considerado inspeccional, pois compara a radiografia em estudo com reproduções ou padrões de radiografias de mão e punho mostradas em um atlas. O método está baseado no nível de maturação encontrado em uma amostra constituída por 100 radiografias, para cada sexo e para cada idade estudada, de crianças norte-americanas de padrão sócio-econômico médio alto. Assim, após a observação e comparação com o atlas de trinta centros de ossificação na radiografia carpal da criança, determina-se uma idade óssea igual àquela do padrão ao qual mais se assemelha. Para o sexo masculino, o atlas apresenta reproduções que abrangem o período

compreendido desde o nascimento até os 19 anos de idade, enquanto que para o sexo feminino, as reproduções vão desde o nascimento até os 18 anos de idade.

O método de Tanner e Whitehouse foi apresentado pela primeira vez em 1959 e a partir da primeira versão, foram realizadas modificações sucessivas. A terceira revisão do sistema foi publicada em 2001 e é denominada TW3. O método baseia-se na designação de escores a centros de ossificação da mão e punho, assim como epífises distais do rádio e da ulna. Os escores são atribuídos conforme estágios descritos, designados com as letras A até H ou I, segundo o centro de ossificação e somados para obter o índice de maturidade esquelética, que é transformado em idade óssea por meio de tabelas específicas. Cada estágio é descrito com vários critérios, um diagrama e duas radiografias, as quais auxiliam na avaliação do grau de desenvolvimento do centro de ossificação (Tanner et al., 2001).

1.2 Estudo do crescimento por intermédio das Radiografias Cefalométricas Laterais

Uma grande preocupação reside, atualmente, na simplificação dos recursos disponíveis de diagnóstico e, principalmente, na redução de exposições radiográficas indicadas aos pacientes. Assim, esforços têm sido empregados no sentido de se utilizar as radiografias que fazem parte da documentação ortodôntica de rotina, como é o caso das radiografias cefalométricas laterais, ou mesmo de se instituir algumas modificações durante a obtenção dessas radiografias, que venham de encontro às necessidades presentes.

A radiografia cefalométrica lateral foi introduzida na Ortodontia durante a década de 30 (Broadbent, 1931). A partir de então, muitos estudos cefalométricos foram realizados com o objetivo de se estudar o crescimento facial. Apesar da incontestável importância desses estudos para a análise do crescimento craniofacial, vem crescendo a tendência de se utilizarem outras estruturas presentes nas próprias radiografias cefalométricas laterais, antes ignoradas, para a avaliação da maturação esquelética dos pacientes, como por exemplo, a observação do crescimento e desenvolvimento das vértebras cervicais (Lamparski, 1972, Hassel e Farman, 1995; Garcia-Fernandes, 1998). A

vantagem da utilização dessas estruturas encontra-se no fato de que estas radiografias já fazem parte da documentação regular dos pacientes ortodônticos.

Anatomicamente, as sete primeiras vértebras da coluna cervical (C1 a C7) são chamadas de cervicais. Estas diferem das demais por apresentarem um forame transversal, um processo espinhoso bifurcado e um corpo vertebral menor (Wolf-Heidegger, 1974). As duas primeiras vértebras cervicais possuem um formato atípico: o Atlas, a primeira delas, é constituída basicamente pelos arcos anterior e posterior, apresentando deficiência do corpo e do processo espinhoso. O processo articular superior do Atlas articula-se com os côndilos do osso occipital do crânio, dando-lhe sustentação. O Axis, ou segunda vértebra cervical, possui o corpo vertebral reduzido a uma estrutura ascendente denominada dente da axis ou processo odontóide, que se articula anteriormente com o arco anterior do Atlas e, posteriormente, com o ligamento transversal, permitindo movimento entre o crânio e as vértebras cervicais (Agur, 1993).

O crescimento das vértebras ocorre principalmente no sentido vertical, sendo esse desenvolvimento bastante rápido durante a infância, mas diminuindo sua velocidade na adolescência. Observa-se ainda um maior aumento no tamanho do corpo da segunda à quinta vértebra cervical, de acordo com a tendência da coluna cervical de aumentar em tamanho, do tórax em direção à região lombar. Após a finalização da ossificação endocondral, o crescimento dos corpos vertebrais acontece por aposição óssea, a partir do perióstio e este crescimento ocorre apenas ventral e lateralmente. Tais informações mostram que as vértebras cervicais, apesar de muitas vezes ignoradas durante a avaliação das radiografias cefalométricas laterais, podem ser visualizadas já numa idade bem precoce, o que viabiliza sua utilização em estudos de crescimento (Bench, 1963).

A ossificação vertebral inicia-se ao final do período embrionário, ao redor da sétima ou oitava semana de vida intra-uterina. A calcificação de cada vértebra da coluna ocorre a partir de três centros primários, localizados no centro ou corpo vertebral e nos dois arcos vertebrais laterais. Contudo, já ao redor dos dois anos de idade, a anatomia ou

morfologia característica dessas estruturas encontram-se estabelecidas. Portanto, torna-se importante o conhecimento da anatomia e das mudanças morfológicas que acompanham o desenvolvimento das vértebras cervicais, pois, se não utilizado na predição do crescimento, pode pelo menos, ser útil na detecção precoce de algumas anomalias desta região do esqueleto. Dessa forma, o ortodontista não necessita ser um especialista em anomalias das vértebras cervicais, mas deve estar apto a reconhecer sua anatomia radiográfica normal. Isso porque muitas das anomalias que acometem as vértebras cervicais não se manifestam sintomaticamente até que o paciente tenha alcançado a adolescência ou mesmo a total maturidade, de tal forma que o profissional possui a oportunidade de detectar algumas dessas alterações antes de seu agravamento (Vastardis e Evans, 1996).

Um importante estudo nesse sentido foi realizado por Lamparski, em 1972, que observou as mudanças no tamanho e forma das vértebras cervicais e as comparou com as modificações ósseas das estruturas da mão e punho, avaliadas pelo método de Greulich e Pyle. Após suas observações, o autor descreveu seis estágios de maturação baseados nas alterações morfológicas das vértebras cervicais, mais precisamente da segunda à sexta vértebra, que poderiam ser utilizadas para a avaliação da idade esquelética de um indivíduo. Para o autor, a avaliação da idade esquelética por este meio mostrou-se estatisticamente válida e confiável, apresentando mesmo valor clínico que a avaliação da região da mão e punho. Observou também que as mudanças relativas à maturação são as mesmas, tanto para o gênero feminino quanto para o masculino, porém o feminino alcançou a maturação antes. Os indicadores de maturação das vértebras cervicais observados constituíram-se no início do desenvolvimento de concavidades nas bordas inferiores dos corpos vertebrais, que passavam de um formato de cunha, com declive de posterior para anterior na sua superfície superior, para um formato retangular e posteriormente quadrado, para ao final do desenvolvimento apresentarem uma altura maior que a largura.

Os indicadores de maturação das vértebras cervicais definidos por Lamparski serviram como base para outros estudos que abordaram o crescimento esquelético. O'Reilly e Yanniello (1988), com o propósito de correlacionarem as mudanças ocorridas na

região das vértebras cervicais com o crescimento das diferentes partes da mandíbula, realizaram um estudo longitudinal envolvendo a avaliação dos estágios de maturação óssea das vértebras cervicais. Foi encontrada uma correlação entre os picos de crescimento das estruturas mandibulares e os estágios de maturação vertebrais, de tal modo que estes poderiam ser utilizados com confiança para a avaliação da época de ocorrência das mudanças mandibulares na adolescência.

A partir de uma amostra de caráter longitudinal, Hassel e Farman (1995) correlacionaram os indicadores de maturação esquelética vertebral propostos por Lamparski com os eventos de ossificação da mão e do punho. Avaliaram 220 indivíduos, de ambos os gêneros, com idades entre oito e dezoito anos, possuidores de radiografias carpais e cefalométricas laterais obtidas anualmente. Os estágios de maturação foram divididos de acordo com as alterações morfológicas das vértebras e o potencial de crescimento do paciente. Definiram seis estágios de maturação: iniciação, aceleração, transição, desaceleração, maturação e finalização, a partir do método proposto por Lamparski. Os autores analisaram somente a segunda, terceira e quarta vértebras cervicais, por estas serem visualizadas quando se utiliza um colete protetor de tireóide durante a incidência radiográfica. Confirmaram que as mudanças morfológicas das vértebras cervicais poderiam denotar os diferentes estágios de crescimento de um indivíduo. Essas alterações constituíram-se em mudanças no formato das vértebras C3 e C4, que passavam de um formato de cunha, com inclinação da borda superior, de posterior para anterior, para um formato retangular, quadrado e, subsequentemente, para uma forma que apresentava uma dimensão vertical maior que a horizontal. As bordas inferiores das vértebras C2, C3 e C4 apresentavam-se retas ou achatadas, quando imaturas, ocorrendo a formação de uma concavidade que se tornava mais evidente com o decorrer do desenvolvimento. Concluíram que existe uma alta correlação entre os indicadores de maturação em questão e que a avaliação da idade esquelética pode ser feita por meio da análise das mudanças anatômicas das vértebras cervicais. Observando as mesmas, o ortodontista pode avaliar a maturação esquelética do paciente e ter uma idéia de quanto crescimento é esperado.

Garcia-Fernandes et al. (1998) realizaram um trabalho semelhante ao executado por Hassel e Farman (1995), utilizando uma amostra composta por radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais, para verificar a confiabilidade da utilização das vértebras cervicais, quando comparadas com os índices de maturação de Fishman (1982), para região da mão e punho, na avaliação do estágio de crescimento em latino-americanos. Os resultados encontrados validaram a hipótese de que não havia diferenças estatísticas significantes entre os dois métodos de avaliação da idade esquelética e mostraram que as vértebras cervicais poderiam ser igualmente utilizadas para determinar o estágio de crescimento do paciente na prática ortodôntica.

Com o objetivo de correlacionar as alterações ocorridas na altura e na largura das vértebras cervicais com o crescimento estatural puberal, Hellsing (1991) realizou um estudo transversal que envolveu radiografias cefalométricas laterais de ambos os sexos. Foram utilizadas as medições da altura total da vértebra C2, das alturas anterior e posterior das vértebras C3 a C6, bem como sua largura e o registro da altura dos indivíduos envolvidos. Os resultados revelaram que tanto a altura quanto a largura das vértebras cervicais podem ser utilizadas como indicadores do crescimento esquelético.

Armond et al. (2001) estimaram o crescimento e o desenvolvimento esquelético a partir da observação radiográfica da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais, de acordo com o método proposto por Hassel e Farman (1995) em pacientes que se encontravam no surto de crescimento puberal. A interpretação radiográfica das vértebras cervicais foi realizada por meio de radiografias cefalométricas laterais e o surto de crescimento puberal foi identificado através dos eventos de ossificação da mão e punho. Os resultados revelaram que houve correlação estatisticamente significativa entre os indicadores de maturação das vértebras cervicais e aqueles pacientes que se encontravam no surto de crescimento puberal. Concluíram que a avaliação radiográfica das alterações morfológicas das vértebras cervicais, nas radiografias cefalométricas laterais, constitui um parâmetro alternativo, confiável e prático na avaliação esquelética, vindo complementar a

gama de informações que se deve obter do paciente em tratamento ortodôntico e, circunstancialmente, substituir outros métodos de avaliação.

Em estudo realizado por Baccetti et al. (2002), os autores desenvolveram um novo método de avaliação da maturação das vértebras cervicais para determinação da época do pico de crescimento mandibular através da análise da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. O novo método proposto apresentou cinco estágios de maturação e o pico de crescimento mandibular ocorreu entre os estágios II e III. Desta forma, concluíram que o método desenvolvido é confiável na avaliação da maturidade esquelética em radiografias cefalométricas laterais.

Flores-Mir et al. (2006) avaliaram a correlação entre os métodos de estimativa de maturidade esquelética propostos por Fishman (1982), para avaliação da mão e punho, e Baccetti et al. (2002), para avaliação da maturação das vértebras cervicais. Os resultados mostraram coeficientes de correlação relativamente altos entre os estágios de maturação de ambos os métodos. Concluíram que ambos os métodos podem ser utilizados indistintamente em pesquisas.

San Roman et al. (2002) desenvolveram um método baseado na avaliação das modificações observadas na concavidade da borda inferior, altura e formato dos corpos das vértebras C2, C3 e C4. Constataram que o referido método foi tão preciso quanto o de Hassel e Farman (1995), podendo ser utilizado em substituição à interpretação das radiografias de mão e punho.

A utilização prática de um método de estimativa da maturação óssea só ocorre quando há plena confiança do profissional nos resultados obtidos por esse método. Para que ocorra essa confiança, deve existir uma grande correlação entre as avaliações realizadas por diferentes examinadores, para uma determinada radiografia, além da capacidade do mesmo avaliador de reproduzir esses mesmos resultados, várias vezes, em intervalos de tempo. É sabido que é possível determinar o potencial de crescimento do indivíduo

utilizando radiografias cefalométricas laterais. No entanto, grande parte dos estudos sobre maturação esquelética das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais utilizaram o método de análise subjetivo desenvolvido por Lamparski, ou aquele modificado por Hassel e Farman. O uso deste método é conveniente, pois mudanças nos corpos das vértebras cervicais podem ser avaliadas e acompanhadas de acordo com o crescimento do indivíduo. No entanto, este não pode ser utilizado para analisar maturação óssea de forma objetiva, uma vez que, sendo um método subjetivo, resultados podem divergir entre avaliadores. Partindo deste princípio, Mito et al. (2002) mediram os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais e estabeleceram uma fórmula para avaliação objetiva da idade óssea das vértebras cervicais em meninas japonesas. Da mesma forma, Chen et al. (2004), no intuito de prever o crescimento mandibular do indivíduo, mediram os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais e estabeleceram uma fórmula de regressão para análise objetiva do potencial de crescimento mandibular. Tais trabalhos são de grande importância para o estudo das vértebras cervicais na avaliação da idade esquelética, pois apresentam novas formas de avaliação das vértebras e contribuem para uma análise mais precisa e confiável das mesmas.

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade do método de análise da idade óssea das vértebras cervicais desenvolvido por Mito et al. (2002) em meninas japonesas na população brasileira, assim como estabelecer dois novos métodos para meninas e meninos brasileiros, no intuito de determinar de forma objetiva a maturação esquelética das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais.

3. CAPÍTULO 1

CERVICAL VERTEBRAL DIMENSIONS FOR THE ASSESSMENT OF CHILDREN GROWTH

Maria de Paula Caldas^a, DDS, Gláucia Maria Bovi Ambrosano^b, AGR ENG, PhD,
Francisco Haiter-Neto^c, DDS, PhD.

^aResident, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

^bProfessor, Department of Community Dentistry, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

^cChairman, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

Address for correspondence and reprint request:

Francisco Haiter Neto

Av. Limeira, 901 CEP: 13414-903

Piracicaba, São Paulo – Brazil

Phone number: +55 (19) 2106-5327

Fax-number: +55 (19) 2106-5218

e-mail: haiter@fop.unicamp.br

Abstract

The purpose of this study was to know if skeletal maturation, using cephalometric radiographs, could be used in a Brazilian population. The sample was selected from the files of Oral Radiological Clinic, Piracicaba Dental School, Brazil and consisted of 128 girls and 110 boys (7.0 to 15.9 years) who had cephalometric and hand-wrist radiographs taken on the same day. Cervical vertebral bone age was evaluated using Mito's method. Bone age was assessed by the TW3 method and was used as gold standard to determine the reliability of cervical vertebral bone age. An analysis of variance (ANOVA) was used for comparing cervical vertebral bone age, bone age and chronological age. When analyzing Brazilian women data, it was possible to observe that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and chronological age and between bone age and chronological age, however no statistical difference was found between cervical vertebral bone age and bone age. Differently, the analysis for men demonstrated that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and bone age and between cervical vertebral bone age and chronological age ($p < .05$). The results suggested that cervical vertebral bone age can be applied to Brazilian women only. The development of a new method to objectively evaluate cervical vertebral bone age in males is needed.

Key Words: Cervical vertebrae; Growth; Orthodontics; Radiography

Introduction and Literature Review

Orthodontic diagnosis and treatment planning for growth children must involve growth prediction.¹ The pubertal growth spurt is considered to be an advantageous period for certain types of orthodontic treatment and should be taken into account in connection with orthodontic treatment planning.²

Because of the wide individual variation in the timing of the pubertal growth spurt, chronological age is an unreliable guide to the assessment of a child's development status.³ Others parameters, such as growth velocity, secondary sex changes, dental development and skeletal ossification have proven to be more valuable.⁴

The standard method to evaluate the skeletal maturity has been to utilize hand-wrist radiographs, matching the overall pattern of the subject's maturation to a set of reference patterns, available in an atlas.^{5,6} Skeletal maturation is generally determined by using stages in the ossification of bones of the hand and wrist, because of the quantity of different types of bones available in the area, or by evaluating the ossification onset of the ulnar sesamoid.⁷ However, to avoid taking an additional x-ray, the cervical vertebrae, as seen on routine lateral cephalograms, have been used to determine the skeletal maturity.⁸⁻¹⁰

It is well known that the lateral view of cervical vertebral bodies changes with growth. In 1972, Lamparski concluded that the cervical vertebrae were as statistically and clinically reliable in assessing skeletal age as the hand-wrist technique.¹¹ In recent years, evaluation of cervical vertebrae has been increasingly used to determine skeletal maturation. Many authors^{6,8,10-12} reported a high correlation between cervical vertebrae maturation and skeletal maturation of the hand-wrist. They found that cervical vertebrae could offer an alternative method of assessing maturity without the need of hand-wrist

radiographs. However, cervical vertebrae were used to evaluate growth in a subjective manner, because they used only a qualitative comparison between the patient images and the atlas ones.

Mito et al.¹³ established a new method for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs. A regression formula was determined to obtain cervical vertebral bone age based on ratios of measurements in the third and fourth cervical vertebral bodies. However, the sample used to derive the formula consisted of Japanese girls only.

The purpose of this study was to apply the formula developed for Japanese people to Brazilians and determine if skeletal maturation using cephalometric radiographs could be used in this population as well.

Material and Methods

The study sample was taken from patient files of the Oral Radiological Clinic, Piracicaba Dental School, Brazil. A total of 238 subjects (128 girls and 110 boys), aged 7.0 to 15.9 years, had cephalometric and hand-wrist radiographs taken on the same day (Tables I and II). None of these patients presented with congenital or acquired malformations of the cervical vertebrae or hand-wrist. Ethical approval to conduct this study was granted from the Piracicaba Dental School Committee and the patients signed an informed consent form prior to participating.

All radiographs were taken with the same x-ray equipment at the same distance and using the same exposure factors. The hand-wrist radiographs were evaluated by the Tanner & Whitehouse Method (TW3), which assessed specific ossification centers of the hand and

wrist (radius, ulna, and selected metacarpals and phalanges) leading to their classifications into one of several stages; scores were derived from each bone stage and calculated to compute the skeletal age. Intra-operator error was calculated according to Dahlberg's formula¹⁴ using 10 cephalometric and 10 hand-wrist radiographs selected randomly which were measured again 10 days later. The formula for calculating cervical vertebrae bone age in Japanese people was determined by a stepwise multiple regression analysis, with chronological age as a dependent variable and ratios of measurements in the third and fourth cervical vertebral bodies as independent variables: Cervical vertebral bone age (CVBA) = $-0.20 + 6.20 \times (AH_3/AP_3) + 5.90 \times (AH_4/AP_4) + 4.74 \times (AH_4/PH_4)$, where AH is the anterior vertebral body height, PH is the posterior vertebral body height and AP is the anteroposterior vertebral body height (Figure 1).

All cephalometric radiographs were used to calculate cervical vertebral bone age, which were initially traced by hand on mate acetate film and evaluated by the same operator. Bone age was assessed by the TW3 method and was used as gold standard to determine the reliability of cervical vertebral bone age.

Using Dahlberg's formula for all cephalometric and hand-wrist radiographs, the intra-operator error was 0.01 and 0.09 months for males and 0.02 and 0.03 months for females, respectively, indicating sufficient accuracy of the measurements.

Against an exploratory analysis of the data and confirmation that they attended to a parametric analysis, an analysis of variance (ANOVA) was used in comparing cervical vertebral bone age, bone age and chronological age. Tukey follow up tests were used to identify specific differences. All analysis were performed with SAS* and significance level of 5%.

Results

The analysis of Brazilian women data showed that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and chronological age and between bone age and chronological age, however no statistical difference was found between cervical vertebral bone age and bone age (Table III). Differently, the analysis for men demonstrated that there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and bone age and between cervical vertebral bone age and chronological age ($p < .05$) It is interesting to note that no statistical difference was found between chronological age and bone age for males (Table IV).

Discussion

Child development depends upon individual differences in the magnitude of growth and time required to reach maturity. Then, it is very important to identify the individual maturational levels. By evaluating the maturational periods, the clinician can decide treatment procedures and timing in a very suitable way.²

It has long been recognized though that chronological age does not necessarily correlate with maturational age.² Against this fact, hand-wrist radiographs have been used for determination of a child maturation and subsequent evaluation of growth potential during puberty.

The information from hand-wrist radiographs has been used in different ways to evaluate the bone age of a child. The Greulich and Pyle method¹⁵ has been criticized in that it may be difficult to decide which standard to choose because of the differential rate of maturation in different bones.¹⁶ Acheson et al.¹⁷ compared the reliability of the Tanner

and Whitehouse method versus the Greulich and Pyle standards and concluded that a smaller inter-operator variance was found with the Greulich and Pyle method and a slightly smaller intra-operator variance with the Tanner and Whitehouse method. In this study, bone age was assessed by the Tanner and Whitehouse method (TW3)¹⁸ and was used as gold standard to determine the reliability of cervical vertebral bone age.

Recently, the utility of lateral cephalometric radiographs to assess maturation has been studied.^{6,11,12} One of the main reasons for the rising popularity of the method is that cervical vertebral maturation can be assessed on the lateral cephalometric radiographs, which is a type of film used regularly in orthodontic diagnosis.¹⁹ However, almost all previous evaluations with cervical vertebrae on cephalometric radiographs used the method reported by Lamparski⁹, which evaluates growth in a subjective manner. This method takes into account morphological characteristics of the cervical vertebrae, as concavity of the lower border and height and shape of the vertebral bodies. The shapes of the cervical vertebral bodies of C3 and C4 change at each level of skeletal development. At first they are wedge shaped, then change to rectangular, and then to square shape. Also, the vertical dimensions increase and inferior vertebral borders, which are flat at the beginning, become concave when they mature.¹¹

San-Roman et al.²⁰ reported that the morphological vertebral parameter best able to estimate the maturation was the concavity of the lower border of the body. Therefore, concavity assessment was as accurate as the Hassel and Farman classification, and better than Lamparski's classification to assess skeletal maturation. The parameter applied in this research was measurements of vertebral bodies in order to cease or at least decrease the doubts inherent to all subjective cervical vertebral maturation methods.

Thus, the method developed by Mito et al.¹³ used in this study was of great importance, because they established a formula for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs. They found that cervical vertebral bone age reflects skeletal maturity because it approximates bone age. However, their sample consisted of Japanese girls only.

We measured bodies of the third and fourth vertebrae and calculated the cervical vertebral bone age. The Japanese stepwise multiple regression showed that this formulae can be used for women only, because it was found no statistical difference between cervical vertebral bone age and bone age ($p > .05$). Differently, the formulae can not be used for men, because there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and bone age ($p < .05$), which shows a considerable sex-dependent differences in the growth patterns. A new method for objectively evaluating cervical vertebral bone age in males is already being developed by us.

Conclusions

The method developed by Mito et al. for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs can be applied to Brazilian women only. The development of a new method to objectively evaluate cervical vertebral bone age in males is needed.

References

- 1 - Grave KC. Physiological indicators in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Aust Orthod J* 1978; 5: 114-122.
- 2 - 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: 47-52.
- 3 - Grave K, Townsend G. Cervical vertebral maturation as a predictor of the adolescent growth spurt. *Aust Orthod J* 2003; 19: 25-32.
- 4 - Moore R, Moyer B, Dubois L. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 98: 33-40.
- 5 - Mitani H, Sato K. Comparison of mandibular growth with other variables during puberty. *Angle Orthod* 1992; 62: 217-222.
- 6 - 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: 1-5.
- 7 - Grave KC. Timing of facial growth: a study of relations with stature and ossification in the hand around puberty. *Aust Orthod J* 1973; 3: 117-122.
- 8 - O'Reilly M, Yanniello G. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae - a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod* 1988; 58: 179-184.
- 9 - Lamparski DG. *Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae* [dissertation]. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1972.
- 10 - Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-11, and 15-year-old children. *Acta Odontol Scand* 1991; 49: 207-213.

- 11 - Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 107: 58-66.
- 12 - Garcia-Fernandes P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod* 1998; 32: 221-225.
- 13 - Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthoped* 2002; 122: 380-385.
- 14 - Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. London: George Allen and Unwin Ltd; 1940. p. 122-132.
- 15 - Greulich WW, Pyle JS. *Radiographic atlas of the skeletal development of the hand and wrist*. 2. ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.
- 16 - Houston WJB. Relationships between skeletal maturity estimated from hand-wrist radiographs and the timing of the adolescent growth spurt. *Eur J Orthod* 1980; 2: 81-93.
- 17 - Acheson RM, Vicinus JH, Fowler GB. Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from x-rays. Part III. Greulich-Pyle Atlas and Tanner-Whitehouse method contrasted. *Hum Biol* 1966; 38: 204-218.
- 18 - Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. 3. ed. London: W.B. Saunders; 2001.
- 19 - Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002; 72: 316-323.
- 20 - San Roman P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002; 24: 303-311.

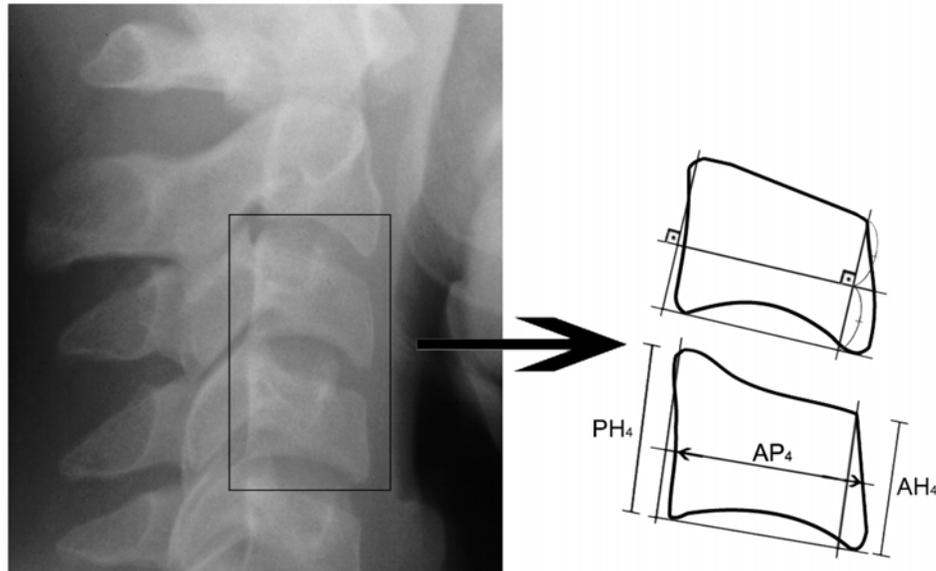


Figure 1 – Areas of cervical vertebral bodies measured on cephalometric radiographs: $AH_{3,4}$ – distance from the top of front part to the tangent of lower part; $PH_{3,4}$ – distance from the top of back part to the tangent of lower part; $AP_{3,4}$ – Anteroposterior distance at middle of cervical vertebral body.

Table I - Composition of the female sample

Age group (years)	Number	Average age (years)
7.0-7.9	11	7.42
8.0-8.9	19	8.31
9.0-9.9	17	9.47
10.0-10.9	16	10.43
11.0-11.9	10	11.51
12.0-12.9	15	12.31
13.0-13.9	13	13.5
14.0-14.9	14	14.49
15.0-15.9	13	15.39
Total	128	

Table II - Composition of the male sample

Age group (years)	Number	Average age (years)
7.0-7.9	15	7.58
8.0-8.9	10	8.58
9.0-9.9	11	9.59
10.0-10.9	16	10.47
11.0-11.9	17	11.59
12.0-12.9	10	12.44
13.0-13.9	11	13.45
14.0-14.9	10	14.52
15.0-15.9	10	15.39
Total	110	

Table III – Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), bone age (BA) and chronological age (CA) for female sample

Group	Mean	SD
CVBA	11.6273 A	2.2826
BA	11.6693 A	2.9113
CA	11.2978 B	2.5904

* Means followed by different capital letters differ statistically among them, with significant p-value of 5%, by the Tukey-test.

Table IV – Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), bone age (BA) and chronological age (CA) for male sample

Group	Mean	SD
CVBA	10.1546 B	1.7377
BA	11.1278 A	2.5120
CA	11.2818 A	2.4770

* Means followed by different capital letters differ statistically among them, with significant p-value of 5%, by the Tukey-test.

4. CAPÍTULO 2

NEW FORMULAS TO OBJECTIVELY EVALUATE SKELETAL MATURATION USING CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHS

Maria de Paula Caldas^a, DDS, Gláucia Maria Bovi Ambrosano^b, AGR ENG, PhD,
Francisco Haiter-Neto^c, DDS, PhD.

^aResident, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas,
São Paulo, Brazil.

^bProfessor, Department of Community Dentistry, Piracicaba Dental School/ University of
Campinas, São Paulo, Brazil.

^cChairman, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas,
São Paulo, Brazil.

Address for correspondence and reprint request:

Francisco Haiter Neto

Av. Limeira, 901 CEP: 13414-903

Piracicaba, São Paulo – Brazil

Phone number: +55 (19) 2106-5327

Fax-number: +55 (19) 2106-5218

e-mail: haiter@fop.unicamp.br

Abstract

The aim of this study was to establish two new formulas for objectively evaluating skeletal maturation in female and male subjects using cephalometric radiographs. The sample included 128 girls and 110 boys, aged 7.0 to 15.9 years, from the files of Oral Radiological Clinic, Piracicaba Dental School, Brazil. Cervical vertebral bodies of C3 and C4 were measured and a regression formula was developed in order to determine cervical vertebral bone age. Cephalometric and hand-wrist radiographs of 55 girls and 54 boys (aged 7.0 to 15.9 years) were used to verify the reliability of cervical vertebral bone age calculated by the new developed regression formula, which was compared with bone age assessed by the TW3 method in hand-wrist radiographs. The analysis of both women and men data (ANOVA) showed no statistical difference between cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age, indicating that these formulas can be used in this population. ($p > .05$). Female cervical vertebral bodies of C3 and C4 increased in an accelerated manner from 10 to 13 years. The male sample showed that C3 measurements increased in an accelerated manner from 12 to 15 years, however C4 measurements did not increase at all. Using cervical vertebral bone age, it might be possible to evaluate maturity in an objective manner using cephalometric radiographs.

Key Words: Puberty; Cervical vertebrae; Growth; Measurements

Introduction and Literature Review

Determination of maturation and subsequent evaluation of growth potential during pre-adolescence or adolescence is extremely important. Growth stages can be identified by chronological age, sexual maturation characteristics, dental development, body height, weight, and skeletal development.^{1,2,3} However, chronological age by itself cannot be used for identifying the stages of developmental progression.⁴

Because of individual variations on timing, duration and velocity of growth, skeletal age assessment is essential on formulating orthodontic treatment plans.⁵ Hand-wrist radiographs have been used for determination of maturation and subsequent evaluation of growth potential. Though, a more reliable and objective method that does not require radiographs is needed to reduce x-ray exposure as much as possible.

Cervical vertebrae appear on cephalometric radiographs, which are usually used by orthodontists to plan treatment. It is known that the morphology of the cervical vertebral bodies changes with growth, as seen on lateral cephalograms.^{6,7} Lamparski⁸ published a method that simulated morphological changes in cervical vertebral bodies and found them to be as reliable and as valid as the hand-wrist area for assessing skeletal age. The effectiveness of the cervical vertebrae as maturational indicator has been corroborated by Hassel and Farman⁵ and Garcia-Fernandes et al.⁹, who found a high correlation between cervical vertebral maturation and the skeletal maturation of the hand-wrist. The limitation inherent to Lamparski's method though is that it cannot be used to evaluate growth in an objective manner.

Mito et al.¹⁰ reported that cervical vertebral bone age could be calculated from cephalometric radiographs. They measured cervical vertebral bodies and determined a

formula to obtain skeletal age. However, the sample used to derive the formula consisted of Japanese girls only.

Caldas et al.¹¹ applied the formula developed for Japanese people to Brazilians and found that the method developed by Mito et al. for objectively evaluating skeletal maturation could be applied to Brazilian women only.

The purpose of this study was to establish two new formulas to objectively evaluate skeletal maturation in female and male Brazilian subjects using cephalometric radiographs.

Material and Methods

Lateral cephalometric and hand-wrist radiographs obtained from the files of Oral Radiological Clinic, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil, were examined. The group 1 was composed of 238 subjects (128 girls and 110 boys), aged 7.0 to 15.9 years. This group was used to derive two different formulas for obtaining cervical vertebral bone age in female and male subjects. A different sample (Group 2) consisted of 55 girls and 54 boys (aged 7.0 to 15.9 years) was used to verify the reliability of cervical vertebral bone age calculated by the new developed regression formula, which was compared with bone age assessed by the Tanner & Whitehouse Method (TW3) in hand-wrist radiographs. Ethical approval to conduct this study was granted from the Piracicaba Dental School Committee and the patients signed an informed consent form prior to participating.

All cephalometric radiographs were used in group 1 to calculate cervical vertebral bone age, which were traced by hand on mate acetate film and measured with micrometer calipers by the same operator: anterior vertebral body height (AH), vertebral body height

(H), posterior vertebral body height (PH), and anteroposterior vertebral body length (AP) on the third and fourth cervical vertebrae (Figure 1).

Bone age was evaluated by the TW3 method, which assessed specific ossification centers of the hand and wrist (radius, ulna, and selected metacarpals and phalanges), leading to their classifications into one of several stages; scores were derived from each bone stage and calculated to compute the skeletal age. The hand-wrist radiographs were used as gold standard to determine the reliability of cervical vertebral bone age.

Intra-operator error was calculated according to Dahlberg's formula¹² using 10 cephalometric radiographs selected randomly from group 1; these were traced and measured with micrometer calipers, and the same radiographs were measured again 10 days later. The formula revealed values below 1.0, indicating sufficient accuracy of the measurements.

A stepwise multiple regression analysis was used for determining the formulas to obtain cervical vertebral bone age using bone age as dependent variable and the ratios (AH, H, PH, AP) as independent variables. Adequacy of the model was evaluated by Mallows Cp statistic.

An analysis of variance (ANOVA) was used to determine if there was a statistically significant difference between cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age. All analysis were performed with SAS* and significance level of 5%.

Results

Parameters were measured on the third and fourth cervical vertebrae (Figures 2, 3, 4 and 5) of both females and males cephalometric radiographs. When analyzing the female

sample, AH_{3,4}, AP_{3,4}, and H_{3,4} increased in an accelerated manner from 10 to 13 years. The male sample showed that AH₃, AP₃, PH₃ and H₃ increased in an accelerated manner from 12 to 15 years, however AH₄, AP₄, PH₄ and H₄ did not increase at all. A stepwise multiple regression analysis was developed in order to determine the formulas to obtain cervical vertebral bone:

- Female cervical vertebral bone age = $1,3523 + 6,7691 \times AH_3/AP_3 + 8,6408 \times AH_4/AP_4$
- Male cervical vertebral bone age = $1,4892 + 11,3736 \times AH_3/AP_3 + 4,8726 \times H_4/AP_4$

Cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age in group 2 were calculated in order to determine the reliability of the formulas. The analysis of both women and men data showed no statistically significant difference between cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age, indicating that these formulas can be used in Brazilians (Tables I and II).

Discussion

The use of skeletal age has been shown to be more reliable and precise than chronological age in assessing an individual progress toward maturity.¹³ In recent years, evaluation of cervical vertebrae has been increasingly used to determine skeletal maturation. Almost all previous evaluations with cervical vertebrae on cephalometric radiographs used the method reported by Lamparski.⁸ This method takes into account morphological characteristics of the cervical vertebrae, as concavity of the lower border

and height and shape of the vertebral bodies. However, cervical vertebrae were used to evaluate growth in a subjective manner, because the method used only a qualitative comparison between the patient images and the atlas ones. Thus, the method developed in this study is of great importance because it allows skeletal age to be calculated in an objective manner.

Mito et al.¹⁰ established a formula for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs. They examined only Japanese girls because of sex-dependent differences with regard to the timing of morphological changes in cervical vertebral bodies.¹⁴ However, when the formula was applied to a different population of children developing under different environmental circumstances mature, we found that the method developed could be applied to Brazilian women only. In this research, the sample selected was composed by both female and male subjects, in order to establish two different formulas to objectively evaluate skeletal maturation using cephalometric radiographs.

We measured cervical vertebral bodies because many investigators have suggested that the size and shape of the cervical vertebrae change from birth to full maturity at each level of skeletal development.¹⁵ We selected the third and fourth vertebral bodies because the cervical vertebrae lower than C4 cannot be observed when a thyroid protective is worn during radiation exposure. Bacetti et al.¹⁶ showed that only the shape change of C2, C3, and C4 was enough to show skeletal maturation. However, C2 is very difficult to measure and it shows little morphological change. In this study, we measured C3 and C4 only.

Hägg and Taranger¹⁷ reported that pubertal growth spurt begins at 10 years old in girls and 12 years old in boys. In both sexes, growth peak occurs two years after spurt begins and it goes up to 15 and 17 years in girls and boys, respectively. In this study, the

female sample showed that AH_{3,4}, AP_{3,4}, H_{3,4} increased in an accelerated manner from 10 to 13 years. The male sample showed that AH₃, AP₃, PH₃ and H₃ increased in an accelerated manner from 12 to 15 years. AH₄, AP₄, PH₄ and H₄ did not increase at all. The lack of growth in C4 could be explained because maturational changes occur on cervical vertebrae in different times. Concavity of the lower border of the vertebrae appears sequentially from C2 to C6. The differences in the skeletal age assessments across time of observation between female and male subjects were expected since girls reach skeletal maturity ahead the boys.

When determining the reliability of the formulas, both female and male subjects showed no statistically significant difference between cervical vertebral bone age, bone age, and chronological age, indicating that the formulas can be applied to Brazilians. The establishment of an objective method to evaluate skeletal maturation in this population using cephalometric radiographs might contribute to a better orthodontic diagnosis and treatment planning for growth children.

Conclusions

The results suggest that the method established in this study for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs is reliable and can be applied to both female and male subjects. A software to automatically calculate cervical vertebral bone age is needed to increase objectivity.

References

- 1 - Fishman LS. Maturational patterns and prediction during adolescence. *Angle Orthod* 1987; 57: 178-193.
- 2 - Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 1982; 82: 299-309.
- 3 - Singer J. Physiologic timing of orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1980; 50: 322-333.
- 4 - Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod* 1979; 49: 181-189.
- 5 - Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995, 107: 58-66.
- 6 - Remes VM, Heinanen MT, Kinnunen JS, Marttinen EJ. Reference values for radiological evaluation of cervical vertebral body shape and spinal canal. *Pediatr Radiol* 2000; 30: 190-195.
- 7 - Taylor JR. Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies. *J Anat* 1975; 120: 49-68.
- 8 - Lamparski DG. *Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae* [dissertation]. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 1972.
- 9 - Garcia-Fernandes P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod* 1998; 32: 221-225.
- 10 - Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2002; 122: 380-385.
- 11 - Caldas MP, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F. Cervical vertebral dimensions for the assessment of children growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; Submitted, 2006.

12 - Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. London: George Allen and Unwin Ltd; 1940. p. 122-132.

13 - Moed G, Wight BW, Vandegrift HN. Studies of physical disability: reliability of measurement of skeletal age from hand films. *Child Dev* 1962; 33: 37-41.

14 - Singh GD, McNamara JA Jr, Lozanoff S. Procrustes, Euclidean and cephalometric analyses of the morphology of the mandible in human Class III malocclusions. *Arch Oral Biol* 1998; 43: 535-543.

15 - 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: 47-52.

16 - Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002; 72: 316-323.

17 - Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 1980; 38: 187-200.

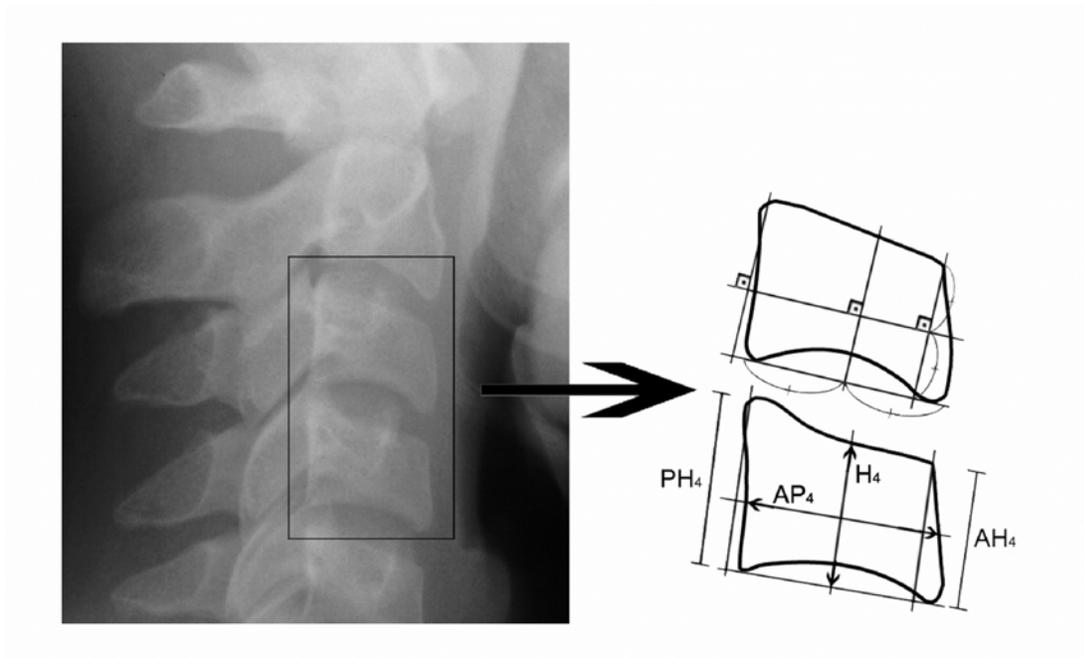


Figure 1 - Cervical vertebral bodies measured on cephalometric radiographs: anterior vertebral body height (AH), vertebral body height (H), posterior vertebral body height (PH), and anteroposterior vertebral body length (AP) on the third and fourth cervical vertebrae

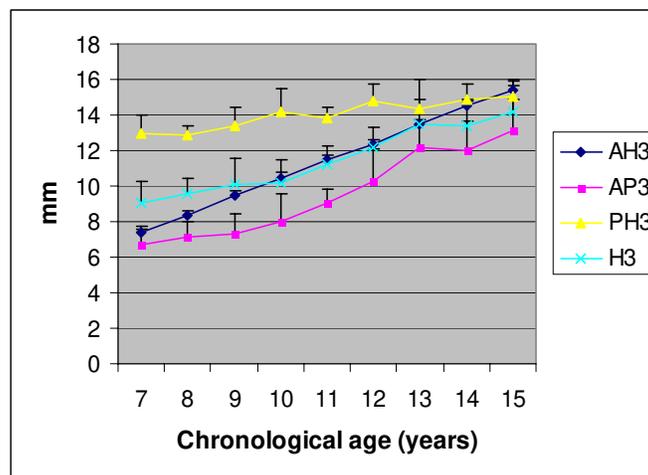


Figure 2 - Average change in each part of third cervical vertebral body in females (group 1)

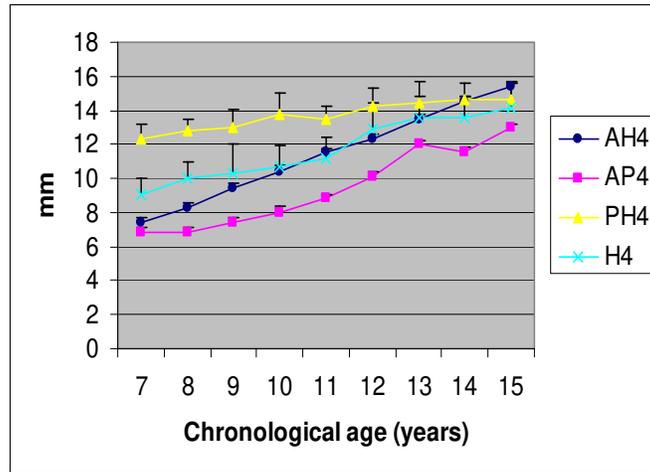


Figure 3 - Average change in each part of fourth cervical vertebral body in females (group 1)

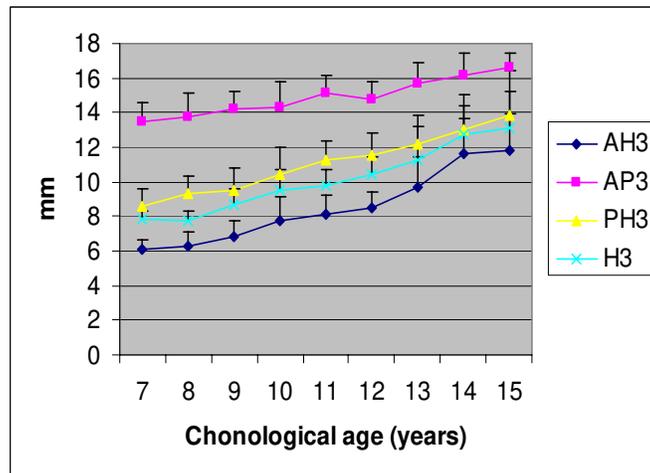


Figure 4 - Average change in each part of third cervical vertebral body in males (group 1)

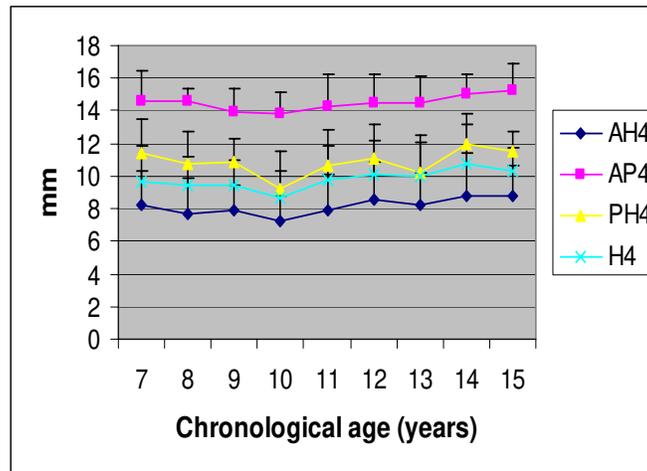


Figure 5 - Average change in each part of fourth cervical vertebral body in males (group 1)

Table I – Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), bone age (BA) and chronological age (CA) for female sample

Group	Mean	SD
CVBA	10.57856	2.18149
BA	10.41636	2.93302
CA	10.40072	2.57364

*p = 0.5721

Table II – Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), bone age (BA) and chronological age (CA) for male sample

Group	Mean	SD
CVBA	10.77162	1.71684
BA	10.60240	2.45301
CA	10.57129	2.61778

*p = 0.6007

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes métodos de avaliação das vértebras foram desenvolvidos para a avaliação da maturidade esquelética e potencial de crescimento do indivíduo. No entanto, todos estes métodos basearam-se em análises subjetivas através da visualização de alterações morfológicas nos corpos vertebrais, que se constituíam em: 1. mudanças no formato do corpo vertebral, que passavam da forma de cunha, com inclinação da borda superior, de posterior para anterior, para a retangular, quadrada e posteriormente para um formato que apresentava dimensão vertical maior que horizontal; 2. mudanças na concavidade da borda inferior do corpo, passando de retas ou achatadas, para a formação de uma concavidade mais evidente com o decorrer do desenvolvimento. Nesta pesquisa, foi utilizado o método de análise da idade óssea pelas vértebras cervicais proposto por Mito et al. (2002). Os autores mediram os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais e estabeleceram uma fórmula para avaliação objetiva da idade óssea pelas vértebras cervicais. Apesar de este método ter sido criado usando uma amostra de crianças japonesas apenas do sexo feminino, Mito et al. (2002) concluíram que o mesmo mostrou-se tão confiável quanto o método de análise das radiografias de mão e punho, podendo, desta forma, ser utilizado na população em geral, não especificando se seria para meninos, meninas ou ambos. Diante desta afirmação, resolvemos testar a fórmula de Mito et al. (2002) para a população brasileira, visto que, segundo Garcia Fernandes (1998), a utilização das vértebras cervicais para a avaliação da maturidade esquelética não mostra diferenças raciais. Assim, os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais de meninas e meninos brasileiros foram medidos e a fórmula japonesa foi aplicada. Diante dos resultados encontrados, pudemos concluir que o método desenvolvido por Mito et al. (2002) mostrou-se aplicável em pacientes brasileiros do sexo feminino, sendo inaplicável em pacientes brasileiros do sexo masculino.

Tendo em vista a ineficiência do método para a população masculina, resolvemos estabelecer novas fórmulas para a população brasileira, no intuito de determinar de forma objetiva a maturação esquelética das vértebras cervicais. Para isto, os corpos das vértebras C3 e C4 foram medidos, utilizando os seguintes parâmetros: altura anterior do corpo (AH), altura do corpo (H), altura posterior do corpo (PH) e largura ântero-posterior

do corpo (AP) e todos os dados encontrados foram submetidos à análise estatística. Os resultados obtidos revelaram que, assim como para meninas japonesas, as razões utilizadas com a medida H não se mostraram significantes em meninas brasileiras. Em contrapartida, para meninos brasileiros, a razão H4/AP4 mostrou-se significativa. Tais resultados podem ser explicados pela presença do dimorfismo sexual em nossa população. Assim, a partir dos parâmetros descritos, proporções significantes foram utilizadas para a determinação de fórmulas distintas para meninas e meninos brasileiros. Estas, por sua vez, foram validadas utilizando-se o método de Tanner & Whitehouse 3, que serviu como padrão ouro para a avaliação da confiabilidade das mesmas. Pudemos concluir que a avaliação objetiva da idade óssea pelas vértebras cervicais de meninas e meninos brasileiros, quando utilizadas as fórmulas por nós estabelecidas, mostrou-se confiável quando comparada com a idade óssea carpal.

REFERÊNCIAS*

Agur AMR. *Grant atlas de anatomia*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1993.

Armond MC, Castilho JCM, Moraes LC. Estimativa do surto de crescimento puberal pela avaliação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. *Ortodontia*. 2001; 34: 51-60.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*. 2002; 72: 316-323.

Bambha JK. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. *J Am Dent Assoc*. 1961; 63: 776-99.

Bench, RW. Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face and denture behavior. *Am J Orthod*. 1963; 49: 183-241.

Bergersen EO. The male adolescent facial growth spurt: its prediction and relation to skeletal maturation. *Angle Orthod*. 1972; 42: 319-338.

Blanco RA, Acheson RM, Canosa C, Salomon JB. Retardation in appearance of ossification centers in deprived Guatemalan children. *Hum Biol*. 1972; 44: 525-535.

Bowden BD. Epiphysial changes in the hand/wrist area as indicators of adolescent stage. *Aust Orthod J*. 1976; 4: 87-104.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline

Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1931; 2: 45-66.

Chapman SM. Ossification of the adductor sesamoid and the adolescent growth spurt. *Angle Orthod.* 1972; 42: 136-144.

Chen F, Terada K, Hanada K. A new method of predicting mandibular length increment on the basis of cervical vertebrae. *Angle Orthod.* 2004; 74: 630-634.

Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1979; 49: 181-189.

Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod.* 1982; 52: 88-112.

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: 1-5.

Garcia-Fernandes P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod.* 1998; 32: 221-225.

Grave K, Townsend G. Cervical vertebral maturation as a predictor of the adolescent growth spurt. *Aust Orthod J.* 2003; 19: 25-32.

Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod.* 1976; 69: 611-619.

Greulich WW, Pyle JS. *Radiographic atlas of the skeletal development of the hand and wrist.* 2. ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.

Hägg U, Pancherz H. Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with Herbst appliance. *Eur J Orthod.* 1988; 10: 169-176.

Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod.* 1982; 82: 299-309.

Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980; 38: 187-200.

Haiter-Neto F, Tavano O. Análise comparativa da estimativa da idade óssea pelo índice de Eklöf & Ringertz com a idade cronológica pelos métodos manual e computadorizado. *Ortodontia.* 1997; 30: 31-38.

Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 107: 58-66.

Helsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-11, and 15-year-old children. *Acta Odontol Scand.* 1991; 49: 207-213.

Helm S, Siersbaek-Nielsen S, Skieller V, Bjork A. Skeletal maturation of the hand in relation to maximum puberal growth in body height. *Tandlaegebladet.* 1971; 75: 1223-1234.

Lamparski DG. *Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae* [dissertação]. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 1972.

Loder RT et al. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *Am J Dis Child.* 1993; 147: 1329-1333.

Mercadante MMN. Radiografia de mão e punho. *In: Ferreira FV, editor. Ortodontia: diagnóstico e planejamento clínico.* 3. ed. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p. 187-223.

Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthoped.* 2002; 122: 380-385.

Moore RN, Moyer BA, DuBois LM. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98: 33-40.

O'Reilly M, Yanniello G. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae - a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod.* 1988; 58: 179-184.

Perry-Junior HT, Damico F. Época de tratamento ortodôntico relacionada com o "spurt" de crescimento facial. *Ortodontia.* 1972; 5: 123-131.

San Roman P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod.* 2002; 24: 303-311.

Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method).* 3. ed. London: W.B. Saunders; 2001.

Tanner JM, Whitehouse RH. *Standards for skeletal maturation.* Paris: International Children's Center; 1959.

Vastardis H, Evans CA. Evaluation of cervical spine abnormalities on cephalometric radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 109: 581-588.

Wolf-Heidegger G. *Atlas de Anatomia Humana.* 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1974.

ANEXO 1



Figura 1: Paciente em posição para incidência radiográfica (radiografia cefalométrica lateral)



Figura 2: Paciente em posição para incidência radiográfica (radiografia de mão e punho)



Figura 3: Radiografia cefalométrica lateral sobre o negatoscópio



Figura 4: Radiografia cefalométrica lateral com máscara de proteção para análise das vértebras C3 e C4

ANEXO 3

AJO-DO American Journal of Orthodontics
& Dentofacial Orthopedics

Contact us 
Help 

[home](#) | [main menu](#) | [submit paper](#) | [guide for authors](#) | [journal info](#) | [register](#) | [log in](#)

Submissions Being Processed for Author Francisco Haiter-Neto, PhD

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
View Submission	AJODO-D-06-00457	Cervical vertebral dimensions for the assessment of children growth	08/28/2006	10/02/2006	Required Reviews Completed



Of. POB 219/ 2006.

Prezado (a) Senhor (a)

Recebemos em **03/ 10/ 2006** o trabalho abaixo relacionado:

Título: NEW FORMULAS TO OBJECTIVELY EVALUATE SKELETAL MATURATION USING CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHS.

Autores: FRANCISCO HAITER NETO - Maria de Paula Caldas - Gláucia Maria Bovi Ambrosano, para publicação na revista *Brazilian Oral Research*, a ser analisado pela Comissão de Publicação, recebendo o **número 219, que deverá ser utilizado para futuros contatos.**

Informamos que será publicado apenas 1 artigo por ano por autor.

Consultem a *Brazilian Oral Research* no site da Scielo.

<http://www.scielo.br/revistas/bor>

Atenciosamente,

Comissão de Publicação da BOR.

ANEXO 4

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Avaliação da maturação esquelética na população brasileira por meio da análise das vértebras cervicais", protocolo nº 128/2005, dos pesquisadores FRANCISCO HAITER NETO e MARIA DE PAULA CALDAS, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 09/12/2005.

The Research Ethics Committee of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that project "Skeletal maturation assessment of Brazilians using cervical vertebrae analysis", register number 128/2005, of FRANCISCO HAITER NETO and MARIA DE PAULA CALDAS, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for researching in human subjects and was approved by this committee at 09/12/2005.


Cinthia Pereira Machado Tabchoury

Secretária
CEP/FOP/UNICAMP


Jacks Jorge Júnior

Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.