

SOFTWARE AUTOMÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE ÓSSEA BASEADO NO MÉTODO DE EKLOF & RINGERTZ

C.O. Júnior, E.L.L. Rodrigues

Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Imagens Médicas. Escola de Engenharia de São Carlo - EESC, Universidade de São Paulo - USP, Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro, 13566-590, São Carlos, SP/Brasil

Recebido em 27 de junho de 2005; aceito em 6 de fevereiro de 2006.

Resumo. Este artigo apresenta um Software que automatiza uma metodologia para estimativa da idade óssea, baseada no método proposto por Eklof & Ringertz. O software processa e extrai informações de imagens radiográficas da mão, buscando as dimensões de centros de ossificação adequados para serem usadas como parâmetros para a estimação da idade óssea de seres humanos em fase de crescimento.

Palavras chaves: idade óssea, Eklof & Ringertz, análise carpal.

Abstract. This paper presents an automatic Software to estimate a skeletal age using the Eklof & Ringertz method. The method is based on processing and extraction of hand radiographic image informations and a methodology to isolate bone from hand's tissue for dimension measurements is proposed. These dimensions were used as the information for skeletal age estimation of humans in the growth phase, through of the Eklof & Ringertz method.

Keywords: carpal analysis, skeletal age, computer vision, Eklof & Ringertz.

1. Introdução

A estimativa da idade óssea através da radiografia carpal é freqüentemente utilizada para avaliar desordens no crescimento em pacientes pediátricos, fornecendo o quanto o seu crescimento evoluiu em relação à sua maturidade óssea. Segundo Tavano (Tavano, 2001), existem vários métodos para essa estimativa, sendo que os mais difundidos e utilizados no Brasil são: Greulich & Pyle, Tanner & Whitehouse e Eklof & Ringertz.

Um dos Softwares existentes no mercado estima a idade óssea baseando-se na análise dos ossos da mão através do método de Eklof & Ringertz (1967). Porém, sua operação se dá de forma supervisionada, ou seja, os centros de ossificação utilizados como parâmetros para a estimativa são identificados manualmente.

O Software desenvolvido neste trabalho também se baseia no método de Eklof & Ringertz, porém são utilizados métodos computacionais para identificar os centros de ossificação, estimando assim de forma automática a idade óssea. A metodologia baseia-se na análise das dimensões de centros de ossificação da mão, punho e carpo (Oliveira e Rodrigues, 2004).

Neste trabalho foram utilizadas imagens radiográficas da mão que apresentam laudo médico (num total de 200 imagens) do banco de dados do Departamento de Engenharia Elétrica da USP – São Carlos.

Para o desenvolvimento do Software utilizou-se a linguagem C++ através da plataforma de

desenvolvimento Borland C++ Builder 5.0. O banco de dados utilizado foi o Interbase 6.0.

2. Material e métodos

Nos itens a seguir são descritos os métodos utilizados no desenvolvimento do Software:

- **Banco de dados de imagens carpais e de medidas:** utilizado para armazenar todas as informações gerais assim como aquelas extraídas das imagens pré-processadas (segmentadas). Esse banco de dados contém uma tabela onde são armazenadas as informações gerais sobre cada imagem radiográfica, como o código de referência da imagem, data de nascimento do paciente, sexo, idade óssea (laudo médico), resolução da imagem, entre outras. Outras tabelas armazenam informações (dimensões) sobre os centros ósseos utilizados como parâmetros pelo método de Eklof & Ringertz, como por exemplo, dimensões dos metacarpais, das falanges, do radio, entre outras (Eklof e Ringertz, 1967).
- **Identificação dos centros de ossificação:** delimitam o início e o fim de cada osso utilizado na estimativa da idade óssea.

O método de Eklof & Ringertz estima a idade baseando-se na análise de 10 centros de ossificação, localizados entre os ossos da mão e do punho, sendo necessária a identificação de 2

pontos (início e fim) para cada centro, totalizando assim 20 pontos. Para facilitar a estimativa, os marcadores são automaticamente inseridos. Os passos do algoritmo que insere os marcadores são descritos a seguir:

- As imagens são apresentadas em níveis de cinza com resolução em 8 bits (256 níveis) e segmentadas conforme proposto por Olivete e Rodrigues (2005a), onde são mantidas as intensidades originais dos pixels para os dedos, punho e carpo, com exceção do fundo, que passa a ser representado por um único valor;
- Para selecionar os dedos da imagem analisada construiu-se um procedimento que realiza uma varredura na horizontal (colunas x linhas), partindo-se da coluna e linha inicial (zero), até encontrar um pixel com intensidade diferente do fundo da imagem. Considerando que o terceiro dedo (que contém o metacárpico III) é o maior, o primeiro pixel encontrado indicará o seu início (coluna_inicial). Após a localização desse ponto é traçada uma curva a partir desta coluna selecionada (coluna_inicial_metacarpico_3) até o extremo inferior daquele metacárpico (altura total), guiando-se pela média dos pixels vizinhos imediatos desta coluna que apresentam valores de intensidades diferentes do fundo. Para encontrar os outros dois dedos necessários para a análise do método de Eklof & Ringertz, são utilizados os mesmos procedimentos, sendo que para localizar o início do segundo dedo (o qual contém o metacárpico II) faz-se uma varredura a partir da coluna tomada como "coluna_inicial_metacarpico_3" com um deslocamento de 30 pixels, ou seja, partindo-se da região imediatamente ao lado do terceiro dedo. Para a localização do quarto dedo (metacárpico IV), é atribuído um valor para a coluna igual a coluna_inicial_metacarpico_3 – 30 pixels, e o procedimento se repete. Essas curvas irão servir como referência para isolar os centros de ossificação;
- O primeiro e o último dedo são descartados, pois a metodologia utiliza apenas os ossos do metacárpico II, III e IV e falange proximal II e III (ossos representados por 6, 7, 8, 9, 10 da Figura 1);
- Realiza-se uma varredura a partir da primeira curva traçada (dedo médio) do início para o fim, analisando uma média de pixels vizinhos à direita e uma média à esquerda dessa linha. Se o valor de intensidade dessa média for igual ao fundo da imagem é inserido um marcador inicial e busca-se o próximo vale (fundo), para a inserção do marcador final deste osso, identificando assim um centro de ossificação;
- Este passo também é realizado para os outros dois dedos. Na primeira curva analisada (dedo médio) e na curva pertencente ao dedo do segundo metacárpico, são desconsiderados os dois primeiros centros de ossificação obtidos (falange distal e média), mantendo-se apenas os

centros de ossificação das falanges proximais e dos metacárpicos. No dedo onde se encontra o metacárpico IV (representado na Figura 1 pelo número 8) são desconsiderados os três primeiros centros de ossificação obtidos (falanges), mantendo-se apenas o do metacárpico IV.

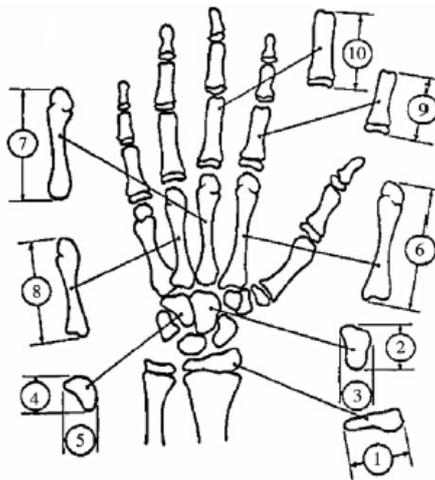


Figura 1. Centros de ossificação utilizados pelo método de Eklof & Ringertz.

Ao final, as posições dos marcadores podem ser ajustadas de acordo com o mapa que contém as posições corretas. Esse procedimento está detalhado no item de resultados.

- **Obtenção das medidas e estimativa da idade:** Após a inserção dos marcadores, calcula-se o comprimento de cada marcador utilizando-se a distância Euclidiana, ou seja, encontra-se um resultado em pixels. Como a tabela de medidas proposta pelo método de Eklof & Ringertz trabalha com unidade em milímetros, é necessário realizar a conversão de pixels para milímetros. A conversão é feita baseando-se na resolução da imagem, observando-se que este parâmetro é fundamental no momento da inserção da imagem no banco de dados. A resolução da imagem é definida pelo *scanner*, sendo medida em pontos por polegada (ou *dpi, dots per inch*), o que informa quantos pontos de informação existem numa determinada distância digitalizada pelo equipamento. A dimensão de cada pixel é obtida dividindo-se o valor da polegada (25,4mm) pela resolução em que foi digitalizada a imagem. A dimensão para cada um dos centros de ossificação (ver Figura 1) é obtida através da seguinte equação:

$$Dist = \left(\left(\frac{P}{R} \right) * D \right) \quad (1)$$

onde: P é o valor da polegada (25,4mm), R a resolução em que foi digitalizada a imagem e D é a

dimensão encontrada para o centro de ossificação em análise, utilizando a Distância Euclidiana.

De posse das medidas dos ossos em *mm* realiza-se uma busca na tabela de medidas do banco de dados, identificando dessa forma qual a idade equivalente para cada osso. A idade final é obtida através da média das idades obtidas para todos os centros de ossificação.

A seguir, são apresentadas as telas do Software desenvolvido, bem como os resultados obtidos da estimativa da idade óssea em uma base de dados.

3. Resultados

Na tela principal do Software encontram-se todos os procedimentos necessários para a estimativa da idade óssea, como por exemplo: abrir e segmentar uma imagem, cadastrar a imagem no banco de dados, fazer as identificações dos centros de ossificação, estimar a idade óssea, entre outras. A Figura 2 ilustra a tela principal do Software.



Figura 2. Tela principal do Software desenvolvido para estimar a idade óssea.

Para cadastrar a imagem no banco de dados é necessário informar alguns parâmetros como o nome do paciente, a data de nascimento, a data de avaliação, o sexo, a resolução da imagem, entre outros. A Figura 3 ilustra a tela do Software para cadastro das imagens pré-processadas (segmentadas). Essas imagens necessitam ser pré-processadas, conforme demonstrado por Olivete e Rodrigues em (Olivete e Rodrigues, 2005a).

Para localizar as imagens armazenadas no banco é possível realizar consultas às imagens restringindo o sexo e faixa etária, tornando a busca bastante rápida e precisa. A tela de consulta ao banco de dados é mostrada pela Figura 4.

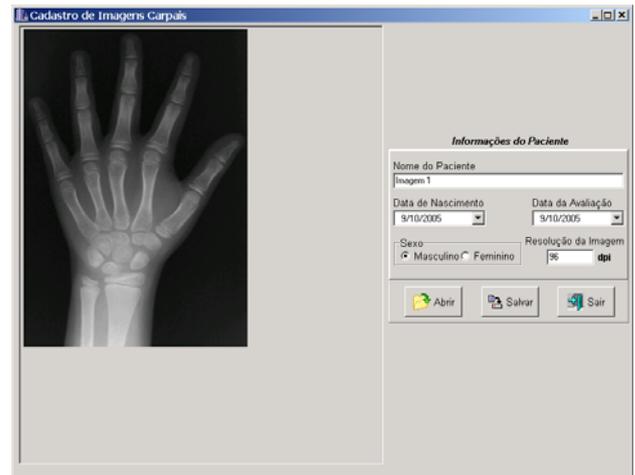


Figura 3. Tela utilizada para cadastrar imagens no banco de dados.

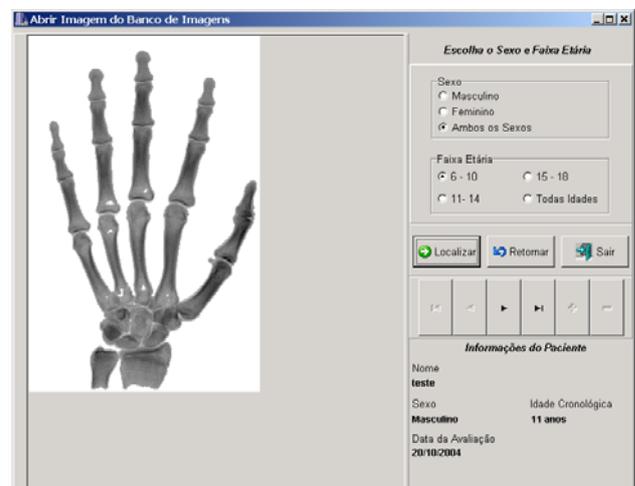


Figura 4. Tela utilizada para localizar imagens carpais no banco de dados.

O resultado da inserção automática dos marcadores para os centros de ossificação, utilizados pelo método de Eklof & Ringertz, pode ser observado na Figura 5a. Para auxiliar o operador, disponibiliza-se juntamente com o resultado, um mapa (Figura 5b) com as posições clássicas para os centros de ossificação utilizados pelo método de Eklof & Ringertz. Assim, o operador pode reajustar com mais precisão os pontos encontrados automaticamente, "arrastando-os" com o auxílio do mouse se for necessário.

Após a inserção dos marcadores para os centros de ossificação, são obtidas as medidas (em milímetros) através da Distância Euclidiana e estimada a idade para cada centro, através de uma busca na tabela de medidas. A idade óssea final é obtida através da média das idades encontradas para os cinco ossos. O Quadro 1 ilustra todas essas medidas.

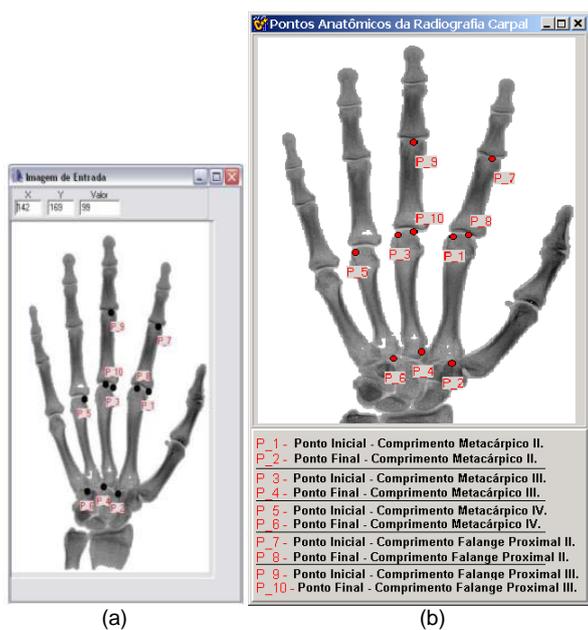


Figura 5. (a) Marcadores inseridos automaticamente pelo Software, delimitando os Centros de Ossificação. (b) Posições corretas dos Centros de Ossificação de acordo com o método de Eklof & Ringertz.

Quadro 1. Relatório com a estimativa da idade óssea obtida através do Software.

Estimativa da Idade Óssea - Índice de Eklof & Ringertz		
Paciente: Paciente A	Sexo: Masculino	
Data da Avaliação: 05/01/2005	Idade Cronológica: 10 anos	
Fatores Utilizados	Valor Obtido	Idade Estimada
Comprimento do Metacárpico II	59,28 mm	11,25 anos
Comprimento do Metacárpico III	52,21 mm	10 anos
Comprimento do Metacárpico IV	47,27 mm	10,5 anos
Comprimento da Falange Proximal II	34,21 mm	11 anos
Comprimento da Falange Proximal III	37,04 mm	10,5 anos
Idade Óssea Estimada =		10,64 anos
Laudo Médico =		10 anos e 9 meses

Observando o Quadro 1 com um exemplo, pode-se notar que o Software estimou a idade óssea (10 anos e 7 meses) bastante próxima da estimativa do laudo médico (10 anos e 9 meses).

O Software apresentado neste artigo também foi parcialmente apresentado no X Congresso Brasileiro de Física Médica, realizado em Salvador – BA no período de 26 a 29 de maio de 2005 por Celso Olivete Júnior (Olivete e Rodrigues, 2005b).

3.1. Estudo de casos - laudo do Software X laudo médico

A seguir, são apresentados os resultados obtidos através do Software, em forma de gráficos percentuais, ilustrando uma comparação da estimativa da idade óssea encontrada pelo Software em relação ao laudo médico. Para esse estudo, foram utilizadas 200 imagens, sendo 100 para cada sexo. Considerou-se valores de desvio padrão no intervalo que varia de 0,1 a 0,5 anos, que é o intervalo utilizado pelos profissionais da área. A Figura 6 ilustra os resultados de

concordância obtidos em relação ao laudo médico, para as imagens do sexo feminino e masculino.

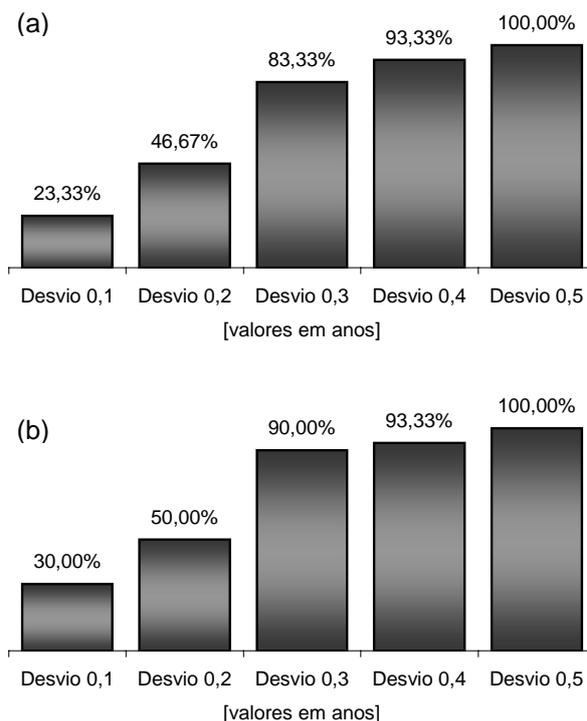


Figura 6. Resultados de concordância obtidos com os laudos médicos através do Software, considerando o intervalo de desvio padrão de 0,1 a 0,5 anos. (a) Imagens do sexo feminino. (b) Imagens do sexo masculino.

Analisando a Figura 6, verifica-se que quando utilizados os valores de desvio padrão de 0,1 e 0,2 anos, a porcentagem de concordância com o laudo médico foi muito baixa. Estes resultados já eram esperados, pois neste intervalo de desvio padrão estão representados valores menores que 1 e 2 meses de idade respectivamente. Quando utilizado desvio de 0,3 anos, os resultados apresentam uma concordância de 90%. Utilizando-se desvio de 0,4 anos, os resultados foram bastante melhores (93,33% em ambos os casos) e quando utilizado o desvio padrão de 0,5 anos, o resultado foi de 100% de concordância. Com essa análise conclui-se que até mesmo o valor de desvio padrão de 0,4 anos pode ser usado para estimar a idade óssea com uma boa margem de concordância com o laudo médico.

Realizou-se também uma segunda análise utilizando um fantoma antropomórfico de mão da Phantom Laboratory (Figura 7), pertencente à Universidade de Mogi das Cruzes, do laboratório de imagens médicas da Professora Dra. Márcia A. S. Bissaco. Esse fantoma possui dimensões apropriadas para testes de controle de qualidade de imagem. As espessuras dos materiais utilizados para envolver os ossos são equivalentes às dimensões das estruturas das extremidades do corpo. Trata-se de um fantoma constituído de ossos da mão e do punho, do sexo masculino com idade de 14 anos (RANDO, 2005). A Figura 7

ilustra o fantoma. A Figura 8 mostra a imagem digitalizada do fantoma, utilizando resolução de 300 *dpi*.



Figura 7. Fantoma antropomórfico utilizado para realizar testes (RANDO, 2005).



Figura 8: Imagem digitalizada do fantoma antropomórfico.

A fim de se comprovar a precisão do Software de acordo com a resolução de digitalização, estimou-se a idade óssea do fantoma (apresentado na Figura 8) utilizando uma resolução de 300 *dpi*, e em seguida, estimou-se novamente a idade óssea, porém, com uma resolução inferior. Os resultados obtidos foram os mesmos.

4. Discussão e Conclusões

Softwares existentes no mercado para estimar a idade óssea, baseados no método de Eklof & Ringertz, são operados de forma totalmente manual. Todos os pontos que compõem os centros de ossificação são inseridos manualmente, o que resulta em um tempo elevado para a fixação dos pontos necessários para o isolamento dos centros de ossificação, utilizados pelo método de Eklof & Ringertz. Durante o desenvolvimento dessa pesquisa, foram estimadas idades com um software comercial, onde pode-se contar com a colaboração e o acompanhamento de vários profissionais, em especial o médico Dr. Romeu Santini, do Instituto de Diagnóstico Romeu Santini, localizado no município de São Carlos – SP. Nessa etapa foram verificadas e exploradas as

características operacionais e principalmente as limitações daquele software.

O Software desenvolvido neste trabalho opera de forma tal que os pontos que delimitam os centros de ossificação são inseridos automaticamente, resultando em grande ganho de performance na estimativa da idade óssea. A facilidade no reposicionamento dos pontos delimitadores dos centros ósseos, oferece ao usuário grande ferramenta na busca de um diagnóstico mais preciso.

Também, o software proporciona a organização automática das imagens radiográficas em banco de dados, assim como de características e informações pertinentes às análises realizadas, oferecendo um ambiente extremamente amigável ao usuário. Por fim, o software não exige a utilização de microcomputadores dotados de hardware especializado.

Referências

- Eklof O. and Ringertz H. (1967), A method for assessment of skeletal maturity, *Ann Radiology*, v. 10, p. 330.
- Olivete C. J., Rodrigues E. L. L. (2004), O Efeito da Correção do “Efeito Heel” em Imagens Radiográficas da Mão. *In: Proceedings of 3rd Iberian Latin American and Caribbean Congress of Medical Physics and IX Brazilian Congress of Medical Physics*, 2004, Rio de Janeiro - RJ, 2004, volume 1, p. 70-70.
- Olivete C. J., Rodrigues E. L. L. (2005a), O Efeito da Correção do “Efeito Heel” em Imagens Radiográficas da Mão, *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 1(1), p.38-51.
- Olivete C. J. e Rodrigues E. L. L. (2005b), Software Automático para Determinação da Idade Óssea Baseado na Simplificação do Método de Eklof & Ringertz. *In: X Congresso Brasileiro de Física Médica*, Salvador – BA, 2005.
- RANDO M. (2005), *Sectional Hand Phantoms*, The Phantom Laboratory. Disponível em: <<http://www.phantomlab.com>>. Acesso em: 20/04/2005.
- Tavano O., Freitas J. A. S., Lopes E. S. (1982), Comparação entre duas tabelas de avaliação de idade biológica através do desenvolvimento ósseo, *Clin. Pediatr.* 5, p.7-21.