

MÔNICA NUNES LIMA CAT



**MÉTODO FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE
GESTACIONAL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Pediatria do Departamento de Pediatria do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Pediatria.

Orientadora na Área de Informática:
Prof.^a Dr.^a Olga Regina Pereira Bellon

Orientador na Área de Pediatria:
Prof. Dr. Izrail Cat

CURITIBA

2003

MÔNICA NUNES LIMA CAT

**MÉTODO FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE
GESTACIONAL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Pediatria do Departamento de Pediatria do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Pediatria.

Orientadora na Área de Informática:
Prof.^a Dr.^a Olga Regina Pereira Bellon

Orientador na Área de Pediatria:
Prof. Dr. Izrail Cat

CURITIBA

2003

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra Olga Regina Pereira Bellon, um agradecimento especial, pela parceria no desenvolvimento do *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, pela orientação deste trabalho, pelo incentivo e pelo exemplo de competência e grandiosidade em ensino e pesquisa na Universidade Federal do Paraná;

Aos Professores Izrail Cat, Orival Costa, José Dinarte Giraldi e Leide Parolin Marinoni pelo grande exemplo de médicos e professores em Pediatria que representam para todos nós;

Ao Professor Dr. Roberto de Almeida Rocha pela sua orientação, incentivo e colaboração na minha iniciação e desenvolvimento na área de Informática Médica;

Aos Professores Dr. Renato Procianoy, Osvaldo Malafaia, Alexandre Ibrahim Direne, José Hermênio Cavalcante Lima Filho pela gentileza de suas honrosas participações na banca examinadora deste trabalho;

Aos Professores Maurício Severich e Luciano Silva por toda a dedicação e trabalhos de excelência realizados no desenvolvimento do módulo de processamento de imagens do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* e parceria no desenvolvimento de todo o projeto;

Ao analista de sistemas Cristóvão Nunes Gorga, pela elaboração da primeira versão do módulo de banco de dados do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, vencendo desafios na área de informática médica;

À Professora Jeroniza Marchaukoski e ao aluno do Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Paraná, Rodrigo Ávilla Zandavalli pela elaboração da versão *Web* do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*;

DEDICATÓRIA

Aos meus amados filhos Luisa e Eduardo,

Ao meu amado esposo Rubens,

Aos meus amados pais José e Beatriz.

TERMO DE APROVAÇÃO

MÔNICA NUNES LIMA CAT

MÉTODO FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação do Departamento de Pediatria do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Profª. Dra. Olga Regina Pereira Bellon
 Departamento de Informática - UFPR

 Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
 Departamento de Informática - UFPR

 Prof. Dr. Renato Procianoy
 Departamento de Pediatria – UFRS

 Prof. Dr. José Hermênio Cavalcante Lima Filho
 Departamento de Patologia - UFPR

 Prof. Dr. Osvaldo Malafaia
 Departamento de Cirurgia – UFPR

Curitiba, 09 de dezembro 2003

À Professora Regina Vieira Cavalcanti e Silva pela sua amizade e colaboração neste e em tantos outros trabalhos;

Ao Professor Mitsuru Miyaki pela sua colaboração na leitura deste trabalho e seu exemplo e competência no ensino de Neonatologia;

À Professora Adriana Koliski pela suas sugestões realizadas;

À secretária Emília Krainski, pelo grande e inestimável auxílio em muitas etapas deste trabalho;

À equipe de enfermagem do Centro Obstétrico e Unidade Neonatal do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná;

Ao Departamento de Pediatria pelo profundo exemplo de construção da minha vida profissional em termos de excelência em ensino, assistência, pesquisa e ética médica em Pediatria;

Ao Curso de Pós-Graduação em Pediatria, representado pelos Professores Nelson Augusto Rosário Filho e Bonald Figueiredo Cavalcanti;

Ao Hospital de Clínicas, hoje representado pelo Professor Diretor Dr. Giovanni Loddo e Universidade Federal do Paraná, hoje representada pelo excelentíssimo Reitor Prof. Dr. Carlos Augusto Moreira Júnior, berços de toda a minha formação profissional;

A todos os profissionais e amigos, que embora não citados, estiveram de alguma forma sempre me incentivando na realização deste trabalho;

Meus agradecimentos sinceros a todos.

EPÍGRAFE

Uma noite eu tive um sonho...

Sonhei que estava andando na praia com o Senhor, e através do céu, passavam cenas da minha vida.

Para cada cena que passava, percebi que eram deixados dois pares de pegadas na areia. Um era o meu, e o outro era do Senhor.

Quando a última cena da minha vida passou diante de nós, olhei para trás para as pegadas na areia, e notei que muitas vezes no caminho da minha vida, havia apenas um par de pegadas na areia.

Notei, também, que isso aconteceu nos momentos mais difíceis e angustiosos do meu viver. Isso aborreceu-me deveras, e perguntei:

“Senhor, me dissestes que uma vez que eu resolvi Te seguir, Tu andarias sempre comigo todo o caminho; mas notei que durante as maiores atribuições do meu viver havia na areia dos caminhos da vida, apenas um par de pegadas. Não compreendo porque nas horas que eu mais necessitava de Ti, Tu me deixastes.”

O Senhor respondeu:

"Meu precioso filho, Eu te amo e jamais te deixaria nas horas da tua prova e do teu sofrimento. Quando viste na areia apenas um par de pegadas, foi exatamente aí que Eu te carreguei nos braços."



SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xvi
LISTA DE SIGLAS	xvii
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xx
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVOS	05
3 REVISÃO DE LITERATURA	06
3.1 HISTÓRICO	06
3.2 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL	08
3.2.1 Métodos de Estimativa da Idade Gestacional Utilizados no Período Pré-Natal	08
3.2.1.1 Idade cronológica	09
3.2.1.2 Idade ecográfica (biometria fetal)	09
3.2.2 Métodos de Estimativa da Idade Gestacional Utilizados no Período Pós-Natal	12
3.2.2.1 Métodos de estimativa da idade gestacional utilizados na sala de parto	12
3.2.3 Prematuridade	21
3.2.4 Avaliação Crítica dos Métodos Pós-Natais Disponíveis para Estimativa da Idade Gestacional	23
3.3 PROJETO FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL	30
3.3.1 Histórico e Hipótese Formulada	30
3.3.2 Referenciais Teóricos	33
3.3.2.1 A Superfície Plantar do Recém-Nascido	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	35
4.1.1 Escolha do Equipamento de Aquisição de Imagem	35
4.1.1.1 Digitalização da superfície plantar com escaner de mão	36
4.1.1.2 Fotografia digital	36
4.1.1.3 Digitalização da impressão plantar obtida em papel couchet através de escaner de mesa	37
4.1.2 A Revisão da Técnica de Impressão Plantar	37
4.1.3 O Desenvolvimento do Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional	39
4.1.3.1 Desenvolvimento do módulo de banco de dados	40

4.1.3.2 Desenvolvimento do módulo de processamento de imagens	44
4.1.3.3 Expansão e remodelagem do banco de dados – Um prontuário eletrônico neonatal.....	50
4.1.4 A Entrada de Dados e Análise dos Resultados	51
4.2 APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS.....	51
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
5 RESULTADOS	53
5.1 A ESCOLHA DO EQUIPAMENTO DE AQUISIÇÃO DA IMAGEM.....	53
5.1.1 A Imagem Digital da Superfície Plantar.....	54
5.1.1.1 Digitalização da superfície plantar do recém-nascido com o escaner de mão.....	54
5.1.1.2 Fotografia digital.....	57
5.1.1.3 Digitalização da impressão plantar realizada em papel couchet na sala de parto através de escaner de mesa.....	58
5.2 A REVISÃO DA TÉCNICA DE IMPRESSÃO PLANTAR.....	59
5.3 O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL.....	63
5.4 A ENTRADA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	64
6 DISCUSSÃO	73
7 CONCLUSÃO	83
8 REFERÊNCIAS.....	87
9 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	100
10 APÊNDICES	118
10.1 PRODUÇÃO ACADÊMICA.....	118
10.1.1 Dissertações de Mestrado.....	118
10.1.1.1 Um Sistema computacional para apoio a neonatologia utilizando o Método FootScanAge – Cristóvão Nunes Gorga – UFPR.....	118
10.1.1.2 Princípios para a construção de banco de dados de imagens médicas – Jeroniza Marchaukoski – UFPR.....	119
10.1.1.3 Desenvolvimento de uma ferramenta de processamento de imagens para o Sistema FootScanAge – Maurício Severich – UFPR.....	120
10.2 MONOGRAFIAS DE ESPECIALIZAÇÃO.....	122
10.2.1 Desenvolvimento de um sistema de banco de dados orientado a Web para o Sistema FootScanAge – Rodrigo Zandavalli – UFPR.....	122
10.3 PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS.....	123

10.3.1 A Health Care Information System to Neonatology Support. 15 th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. Ieee Press (2002: 29-34).....	123
10.3.2 Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination. 6 th International Conference on Medical Image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. Lectures Notes in Computer Science, Springer – Velag 2003, in Press	124
10.4 publicações nacionais.....	
10.4.1 Um Sistema de Recuperação de Imagens para apoiar a Determinação da Idade Gestacional de Recém-Nascidos. Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH) 2002: 193-202.....	125
10.4.2 Análise da Superfície Plantar de Recém-Nascidos para apoiar a Determinação da Idade Gestacional. Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2002; Gramado, Brasil	126
10.5 APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS INTERNACIONAIS.....	127
10.5.1 A Health Care Information System To Neonatology Support. Apresentado na 15 th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. IEEE Press 2002: 29-34.....	127
10.5.2 Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination. A ser apresentado na 6 th International Conference on Medical Image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. Lectures Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2003, in press	127
10.6 APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS NACIONAIS.....	128
10.6.1 Análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a determinação da idade gestacional. Apresentado no Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2002; Gramado, Brasil	128
10.6.2 Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional de recém-nascidos. Apresentado no XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH) 2002: 193-202	128
10.7 ARTIGOS EM FASE DE SUBMISSÃO EM REVISTA NACIONAL	129
10.7.1 A Tomada da Impressão Plantar do Recém-Nascido na Sala de Parto	129
10.7.2 A Aquisição Digital da Imagem da Superfície Plantar do Recém-Nascido	144
10.7.3 Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional	159

10.8 ARTIGOS EM FASE DE SUBMISSÃO EM REVISTA INTERNACIONAL	181
10.8.1 FootScanAge Method: A Step Towards Determining Gestational Age	181
11 ANEXOS	204

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E NEUROLÓGICAS DO RECÉM-NASCIDO DO MÉTODO DE CAPURRO PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL	13
QUADRO 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO RECÉM-NASCIDO DO MÉTODO DE PARKIN PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL.....	14
QUADRO 3 - PONTUAÇÃO DO MÉTODO DE PARKIN PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL.....	14
QUADRO 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E NEUROLÓGICAS DO RECÉM-NASCIDO DO MÉTODO DE DUBOWITZ PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL	16
QUADRO 5- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E NEUROLÓGICAS DO RECÉM-NASCIDO DO MÉTODO DE BALLARD PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL	18
QUADRO 6 - SISTEMA DE PONTUAÇÃO DO MÉTODO DE BALLARD	19
QUADRO 7 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E NEUROLÓGICAS DO RECÉM-NASCIDO DO MÉTODO DE BALLARD MODIFICADO PARA ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL	20
QUADRO 8 - SISTEMA DE PONTUAÇÃO DO MÉTODO DE BALLARD MODIFICADO.....	21
QUADRO 9 - CRITÉRIOS DE LEGIBILIDADE DE ACORDO COM KAKUDA, 1977.....	38
QUADRO 10 CRITÉRIOS DE LEGIBILIDADE DE ACORDO COM O MÉTODO FOOTSCANAGE	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXAME NEUROLÓGICO DO MÉTODO DE DUBOWITZ	17
FIGURA 2 - CRITÉRIOS NEUROLÓGICOS DO MÉTODO DE BALLARD.....	19
FIGURA 3 - CRITÉRIOS NEUROLÓGICOS DO MÉTODO DE BALLARD MODIFICADO	21
FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DA TELA INICIAL DE APRESENTAÇÃO DO MÓDULO DE BANCO DE DADOS (A) E TELA SECUNDÁRIA DE ACESSO AOS DIFERENTES TIPOS DE INFORMAÇÕES (B) ...	41
FIGURA 5 - ILUSTRAÇÃO DA TELA NO NÍVEL DE REFERÊNCIA (A) E DE CONHECIMENTO (B).....	43
FIGURA 6 - ILUSTRAÇÃO DA TELA NO NÍVEL DE IMAGENS (A) E SEGMENTAÇÃO (B)	44
FIGURA 7 - ILUSTRAÇÃO DA ETAPA DE EXTRAÇÃO DA REGIÃO DE INTERESSE: A) BINARIZAÇÃO GLOBAL, B) FECHAMENTO MORFOLÓGICO, C) SUBDIVISÃO DAS REGIÕES DE INTERESSE	46
FIGURA 8 - DIVISÃO MORFOLÓGICA SUGERIDA POR CUMMINS (A) E A SUGERIDA PELO MÉTODO FOOTSCANAGE (B)	47
FIGURA 9 - ILUSTRAÇÃO DA TELA DE SELEÇÃO DA IMAGEM DIGITAL DA SUPERFÍCIE PLANTAR (A) E ETAPAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO (B).....	48
FIGURA 10 - ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL NA ETAPA DE DETECÇÃO DOS SULCOS CUTÂNEOS (A) E AFINAMENTO , ISOLANDO SOMENTE A IMAGEM DAS LINHAS (B).....	49
FIGURA 11 ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL NA ETAPA DE REALIZAÇÃO DE MEDIDAS DA IMAGEM (A) E SELEÇÃO DE UMA DAS LINHAS (B).....	50
FIGURA 12 - MELHOR IMAGEM DIGITAL DA SUPERFÍCIE PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO ADQUIRIDA	

ATRAVÉS DE ESCANER DE MÃO.....	56
FIGURA 13 - IMAGEM DIGITAL DA SUPERFÍCIE PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO ADQUIRIDA ATRAVÉS DE MÁQUINA FOTOGRÁFICA DIGITAL.....	58
FIGURA 14 - IMAGEM DIGITAL DA SUPERFÍCIE PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO ADQUIRIDA ATRAVÉS DE ESCANER DE MESA UTILIZANDO A IMPRESSÃO PLANTAR OBTIDA NA SALA DE PARTO	58
FIGURA 15 - IMPRESSÃO PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO: ÓTIMA, BOA, REGULAR E BORRÃO	59
FIGURA 16 - IMPRESSÃO PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO ERRONEAMENTE TOMADA COM TINTA AZUL E ALMOFADA DE CARIMBO DE ESCRITÓRIO.....	60
FIGURA 17 - LEGIBILIDADE DAS IMPRESSÕES PLANTARES DE ACORDO COM O MÉTODO FOOTSCANAGE	62
FIGURA 18 - ERROS NA TÉCNICA DE TOMADA DA IMPRESSÃO PLANTAR.....	64
FIGURA 19 - ILUSTRAÇÃO DA IMPRESSÃO PLANTAR ILEGÍVEL CARACTERIZADA COMO BORRÃO ...	64
FIGURA 20 - DIVISÃO MORFOLÓGICA DA SUPERFÍCIE PLANTAR SUGERIDA POR CUMINNS (A) E A SUGERIDA PELO MÉTODO FOOTSCANAGE (B).....	67
FIGURA 21 - IMAGEM DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 26 SEMANAS (A), E 38 SEMANAS (B), INÍCIO DO APARECIMENTO DA CURVATURA MEDIAL EM UM RECÉM-NASCIDO DE 30 SEMANAS (C), E AUSÊNCIA DAS CURVATURAS LATERAL E MEDIAL EM UM RECÉM-NASCIDO DE 27 SEMANAS (D)	70
FIGURA 22 - IMAGEM DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 38,5 SEMANAS ILUSTRANDO O APARECIMENTOS DAS CURVATURAS MEDIAL E LATERAL, COM DELINEAMENTO DA REGIÃO DO CALCANHAR E DIMINUIÇÃO DA PERCENTAGEM DE PREGUEAMENTO DO MENOR RETÂNGULO ENVOLVENTE (A), SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 27 SEMANAS ILUSTRANDO O APARECIMENTO DA LINHA	

	DELIMITADORA DAS ÁREAS I E II (B), SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 32 SEMANAS ILUSTRANDO O APARECIMENTO DA LINHA HALUCAL	71
FIGURA 23 -	IMAGEM DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 36 SEMANAS ILUSTRANDO O APARECIMENTO DA LINHA DELIMITADORA DAS ÁREAS III E IV (A), SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 39,5 SEMANAS ILUSTRANDO AO PRESENÇA DE TODOS OS SULCOS PLANTARES (B), IMAGEM DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 35 SEMANAS ILUSTRANDO A PRESENÇA DE PREGUEAMENTO DIFUSO	72
FIGURA 24 -	IMAGENS DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO DE 37 SEMANAS (A) E 39,5 SEMANAS (B) ILUSTRANDO A PROGRESSÃO DE PREGUEAMENTO PLANTAR DA ÁREA I EM DIREÇÃO À ÁREA IV.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CÁLCULO DA IDADE GESTACIONAL PELO MÉTODO DE DUBOWITZ.....	17
GRÁFICO 2 - PERCENTAGEM DE NASCIDOS VIVOS NA MATERNIDADE DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ COM E SEM REALIZAÇÃO DE IMPRESSÃO PLANTAR SEGUNDO A TÉCNICA DE KAKUDA EM PAPEL COUCHET.....	59
GRÁFICO 3 - CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE COMPRIMENTO DO PÉ E IDADE GESTACIONAL .	65
GRÁFICO 4 - MEDIDAS DA SUPERFÍCIE PLANTAR: COMPRIMENTO, LARGURA E ÁREA DO PÉ.....	66
GRÁFICO 5 - MEDIDAS DA SUPERFÍCIE PLANTAR: LARGURA NAS REGIÕES I À IV DE ACORDO COM AS FAIXAS DE IDADE GESTACIONAL.....	67
GRÁFICO 6 - MEDIDAS DA SUPERFÍCIE PLANTAR: PERCENTAGEM DE OCUPAÇÃO DO MENOR RETÂNGULO ENVOLVENTE NAS REGIÕES I À IV.....	68
GRÁFICO 7 - MEDIDAS DA SUPERFÍCIE PLANTAR: PERCENTAGEM DE PREGUEAMENTO	68

LISTA DE SIGLAS

OMS	-	Organização Mundial de Saúde
UFPR	-	Universidade Federal do Paraná
EUA	-	Estados Unidos da América
DATASUS	-	Banco de Dados do Sistema Único de Saúde
DUM	-	Data da Última Menstruação
ASSINF	-	Assessoria de Informática
PR	-	Estado do Paraná
IMAGO	-	Grupo de Pesquisas em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens – UFPR
BANPESQ	-	Banco de Pesquisas da Universidade Federal do Paraná
AIG	-	Adequado para a Idade Gestacional
PIG	-	Pequeno para a Idade Gestacional
GIG	-	Grande para a Idade Gestacional
NGIW	-	New Gradient Inverse Weight
Sensi-Edge	-	Edge-Sensitive Noise Reduction
UTI	-	Unidade de Terapia Intensiva
ANOVA	-	Análise da Variância
HD	-	Hardware
SDRAM	-	Random Access Memory
MB	-	Megabytes
GHZ	-	Gigahertz
MHZ	-	Megahertz
CEFET	-	Centro de Educação Tecnológica do Paraná
PC	-	Personal Computer

RESUMO

A idade gestacional é um dos aspectos importantes em neonatologia, orientando a assistência neonatal adequada ao estado fisiológico de desenvolvimento do recém-nascido, sendo em alguns casos, determinante dos limites de viabilidade. O padrão-ouro de estimativa da idade gestacional, atualmente, consiste da associação das informações relacionadas à data da última menstruação, fornecida pela gestante; e biometria fetal realizada no 1º trimestre de gestação, durante o atendimento pré-natal. Entretanto, muitas são as vezes em que não se dispõe destas informações, resultando em desconhecimento do tempo de gestação. Nestas situações, a alternativa é a utilização de métodos pós-natais de estimativa da idade gestacional. Entretanto, estes métodos não foram baseados ou desenvolvidos em populações de recém-nascidos prematuros, dificultando assim sua reprodutibilidade e precisão nesta população de recém-nascidos. Algumas dificuldades na aplicação dos escores pós-natais de estimativa da idade gestacional têm sido relatados, especialmente entre recém-nascidos prematuros e/ou doentes, sendo também considerados como métodos “invasivos”, desde que, qualquer manuseio adicional nesta fase pode representar estresse de conseqüências variáveis. Em geral, todos os métodos pós-natais dependem de um certo grau de subjetividade e experiência em neonatologia, especialmente em relação aos itens neurológicos dos escores. Reconhecendo esta importância, deu-se início às pesquisas que constituem o que denominamos de *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, com o objetivo de determinar a idade gestacional através das características dos sulcos cutâneos e morfologia da superfície plantar do recém-nascido, obtidas através do processamento da imagem digital da impressão plantar realizada rotineiramente na sala de parto. Através de uma cooperação entre os Departamentos de Pediatria e de Informática da Universidade Federal do Paraná, deu-se início ao projeto, com o desenvolvimento de um sistema informatizado constituído por dois módulos – banco de dados e processamento de imagens, com o objetivo de visualizar, através de visão computacional, os sulcos e saliências cutâneas imperceptíveis ao olho humano, que associadas as características morfológicas da superfície plantar constituem o *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Os resultados indicam que a maturação do recém-nascido é acompanhada de modificações na conformação e características dos sulcos plantares. A continuidade da pesquisa, a partir destes resultados está hoje fundamentada em algumas hipóteses, igualmente mais maduras, quais sejam: a) Os recém-nascidos extremamente prematuros apresentam tamanho reduzido da superfície plantar e conformação característica, assemelhando-se mais a um retângulo, com pouca ou nenhuma curvatura lateral e medial, sem delineamento nítido da região do calcanhar. Não se observa presença de sulcos plantares além da linha delimitadora das áreas I e II; b)

Os *recém-nascidos prematuros* apresentam superfície plantar um pouco maior, com presença de curvaturas inicialmente medial e posteriormente lateral com início da identificação mais nítida da região do calcanhar. As linhas delimitadoras das áreas I e II, halucal e delimitadoras das áreas II e III se tornam presentes progressivamente. Observa-se a presença de sulcos plantares e pregueamento difuso variável, mais acentuado nas áreas I e II; c) Os *recém-nascidos a termo* apresentam superfície plantar maior, com curvaturas medial e lateral bem definidas assim como a região do calcanhar. Observa-se a presença de todas as linhas delimitadoras de áreas, sulcos e pregueamento difuso de superfície. Se na superfície plantar está impressa esta informação, o *Método FootScan Age* pode ser mais um passo na direção da determinação mais precisa da idade gestacional.

Palavras-chave: Idade gestacional, superfície plantar do recém-nascido, método footscanage, processamento de imagens, informática médica.

ABSTRACT

The gestational age is a very important information which guides the experts in neonatology to provide an appropriate clinical treatment to the newborn according to his/her age and physiologic state of development, in some cases, also to decide about feasibility limits of the treatment. Nowadays, the best method (gold-standard) of age estimation depends on prenatal attendance information regarding the last menstruation date and fetal biometry achieved in the first trimester of gestation. In many situations, for several reasons, these requisites are not reached, bringing unconsciousness of the gestational age. Thus, the alternative is to adopt postnatal evaluation methods of gestational age. Chiefly, though, the methods available for utilization during the postnatal period have not been based and developed in light of premature populations, thus hindering their reproductiveness and precision regarding the said population. Difficulties regarding their application have been reported, especially among sick and/or premature infants – not to mention their invasiveness, given that every handling procedure at this initial stage of life may be stress-inducing, with variable consequences. Likewise, all methods are “invasive”, considering that premature newborn infants demand minimal handling due to the variable consequences arising from handling stress. In light of such predicament the *FootScanAge Method* was conceived, seeking to determine gestational age through digital imaging of newborn infant’s plantar surfaces, from printings routinely obtained in labor rooms and later scanned. Through systematical meeting of the Departments of Pediatrics – Neonatology and Medical Computer Science areas, and of Computer Science of the Federal University of Paraná - Brazil, the *FootScanAge Project for Gestational Age Determination* has began, with the elaboration of a computerized system constituted by two modules; database and image processing, with the purpose of visualizing through the digital newborn’s plantar surface image wrinkles imperceptible to the human eye, that added to the morphologic characteristics, constituted in *FootScanAge Method for Gestational Age Determination*. Observation and results indicated that the newborn infant’s maturation seems to be accompanied by morphological modifications of the plantar surface, peculiar to each gestational age. It seems that a newborn’s maturation phase is followed by changes in the conformation and characteristics of plantar ridges. The continuity of the research from these results is currently based on a few equally mature hypothesis, as follows: a) *Extremely premature newborn infants* display smaller plantar surfaces and a characteristic rectangular shape, with little or no lateral and medial curvature, and no heel outlining. No plantar ridges except for the limiting line of areas I and II; b) Premature newborn infants have a slightly larger plantar surface, with medial and lateral curvatures and more clearly identifiable in the heel area. The limiting lines between I and II, II and III, and halucal lines appear progressively. Plantar

ridges and diffuse corrugation lines are more defined in areas I and II; c) Term infants display larger plantar surface, with well-defined medial and lateral curvatures, and heel area as well. All limiting lines, ridges and diffuse corrugation lines are present. If such information is imprinted in the plantar surface, the *FootScanAge Method* the computer analyses of the plantar surface characteristics obtained by the *FootScanAge System* seem to be a step ahead in that direction.

Key-words: Gestational age, neonatal plantar surface, footscanage method, image processing, medical informatics.

1 INTRODUÇÃO

Ao nascimento três aspectos são fundamentais na determinação do prognóstico do recém-nascido: a sua condição de nascimento, a idade gestacional e o peso de nascimento.

A condição de nascimento, avaliada desde 1953 pelo boletim de Apgar, tem sido motivo de vários estudos que hoje incluem a medida do pH de artéria umbilical (APGAR, 1953; CAT, 1992; MANGANARO, MAMI e GEMELLI, 1994; JURETSCHKE, 2000; CASEY, MCINTIRE e LEVENO, 2001). Embora a acidemia contribua significativamente para esta avaliação, o escore de Apgar (APGAR, 1953), especialmente o de 5º minuto, permanece como um fator relevante para as avaliações de sobrevida neonatal (CASEY, MCINTIRE e LEVENO, 2001).

O peso de nascimento constitui-se igualmente, em outro importante fator relacionado à sobrevida. Crianças prematuras e com baixo peso ao nascer apresentam risco de mortalidade significativamente superior a crianças nascidas com peso maior ou igual a 2500g e duração da gestação maior ou igual a 37 semanas. O baixo peso ao nascer e a prematuridade são assim, fatores importantes na determinação da mortalidade neonatal (KILSZTAJN et al., 2003).

A determinação da idade gestacional real é de extrema importância nos estudos de desenvolvimento e estudos clínicos (DAGA et al., 1988; AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; EVTOUCHENKO et al., 1996) e tem sido apontada como o principal fator preditivo da evolução do recém-nascido por muitos autores (SOLA e CHOW, 1999; THORSEN et al., 2001; FERESU et al., 2002).

A neonatologia é uma ciência que se baseia, quase que totalmente na estimativa, previsão e antecipação dos eventos para que as tomadas de decisões possam ser imediatas diante do reconhecimento do problema clínico, a fim de que o recém-nascido possa ser adequadamente tratado (AMATO, HÜPPI E CLAUS, 1991).

O manejo clínico de cada recém-nascido deve obedecer e respeitar as premissas estabelecidas para a etapa de desenvolvimento em que se encontra, tais como: temperatura necessária para manter o seu equilíbrio térmico, necessidades hidroeletrólíticas, profilaxia de distúrbios metabólicos, necessidades

calóricas, forma de alimentação, intervalos da alimentação, doses de medicamentos, entre outras.

Desta forma, ao nascimento uma das importantes avaliações realizadas pelo pediatra na sala de parto é a estimativa da idade gestacional e determinação do peso do recém-nascido, parâmetros que serão utilizados nas decisões terapêuticas e raciocínios diagnósticos.

De acordo com estes parâmetros, idade gestacional e peso ao nascimento (LUBCHENCO, 1970), os recém-nascidos são classificados em recém-nascidos a termo (conceptos com idade gestacional de 37 semanas a 41 semanas e 6 dias; 259 a 293 dias); recém-nascidos pós-termo (conceptos com idade gestacional igual ou superior a 42 semanas; 294 dias ou mais) e recém-nascidos prematuros (conceptos com idade gestacional inferior a 37 semanas e superior a 20 semanas; 259 dias). Os recém-nascidos com idade gestacional inferior ou igual a 28 semanas são considerados como prematuros extremos.

Cada grupo pode ainda ser subdividido conforme o seu estado nutricional, obtido através da relação do peso de nascimento e idade gestacional (BABSON e BENDA, 1976) em recém-nascidos adequados para a idade gestacional (aqueles situados entre o 10º e 90º percentil), recém-nascidos pequenos para a idade gestacional (aqueles situados no 10º percentil ou abaixo dele) e recém-nascidos grandes para a idade gestacional (aqueles acima do 90º percentil).

A evolução clínica, problemas e prognósticos são muito diferentes se um recém-nascido é, por exemplo, pequeno, adequado ou grande para a idade gestacional. Da mesma forma, os problemas que acometem um recém-nascido a termo são significativamente diferentes dos que acometem os recém-nascidos prematuros. Observa-se, assim, que os recém-nascidos comportam-se de formas diferentes conforme sua faixa de idade gestacional, tendo cada grupo, características peculiares de acordo com os vários aspectos do seu desenvolvimento (AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991). Existem, portanto, observações de diferenças expressivas nas taxas de sobrevida e morbidade conforme a idade gestacional.

O custo financeiro também não pode ser ignorado. Em 1997, KILPATRICK, SCHLUETER e PIECUCH relataram a associação de pequenas diferenças de idade gestacional, determinada no período pré-natal através de método padrão-ouro (idade cronológica e idade ultra-sonográfica determinada em época oportuna), e as diferenças significativas de sobrevida neonatal e seus custos. Especificamente, observaram

elevação das taxas de sobrevivência de 43% para 74% e 83% com idades gestacionais de 24, 25 e 26 semanas, respectivamente. Os custos totais estimados para a assistência foram de 294, 181 e 166 mil dólares em cada grupo de idade gestacional avaliada.

Estes autores observaram assim, importantes diferenças de sobrevivência e custos em intervalos de apenas uma semana de idade gestacional, sem considerar que a adição de uma semana esteve associada à significativa vantagem no neurodesenvolvimento em longo prazo (KILPATRICK, SCHLUETER e PIECUCH, 1997).

Evidencia-se assim a extrema importância da determinação da idade gestacional do recém-nascido para que ele possa receber manejo e tratamento clínico adequado à sua idade e ao seu estado fisiológico de desenvolvimento.

A avaliação da idade gestacional inicia-se no atendimento pré-natal, quando a informação sobre a data da última menstruação permite que o médico obstetra possa estimar a data da fecundação e a data provável do parto (SCHER et al., 1987; EVTOUCHENKO et al., 1996). Utiliza-se também, neste momento, de medidas fetais - medida vértice-coccix, diâmetro biparietal e comprimento do fêmur - avaliadas através de ultra-sonografia fetal para estimar a idade gestacional (DEGANI, 2001; HONAVAR, ALLAHYARI e BEHBASHI, 2000). Entretanto, em muitas vezes, a mãe desconhece ou tem incertezas sobre a data da última menstruação ou não realizam adequadamente o seguimento pré-natal, perdendo a oportunidade desta avaliação ultra-sonográfica que deve ser realizada no primeiro trimestre, para que possa permitir precisão de estimativa (ALEXANDER et al., 1992; WARIYAR, TIN e HEY, 1997; FERESU et al., 2002). Nestas situações, a avaliação pós-natal da idade gestacional passa a ser papel fundamental do neonatologista, sendo um dos primeiros passos para o sucesso no atendimento do recém-nascido. Esta avaliação, feita inicialmente na sala de parto, tem se tornado cada vez mais importante, uma vez que os avanços tecnológicos e científicos têm permitido sobrevivência cada vez maior de recém-nascidos prematuros (KRAMER et al., 1998), entre eles os recém-nascidos extremamente prematuros, para os quais a determinação precisa da idade gestacional, torna-se indiscutível diante da grande diferença que apenas uma semana de idade gestacional possa representar em termos de possibilidade de sobrevivência e

neurodesenvolvimento (KILPATRICK, SCHLUETER e PIECUCH, 1997).

O conhecimento da diferença expressiva que existe entre um recém-nascido de 24 semanas e um recém-nascido de 26 semanas, em termos de sobrevivência e desenvolvimento neurológico, torna imperiosa a busca de um método de determinação de idade gestacional que seja preciso, de fácil realização e boa reprodutibilidade (KILPATRICK, SCHLUETER e PIECUCH, 1997).

2 OBJETIVOS

1. Verificar se através da imagem digital da superfície plantar do recém-nascido é possível visulaizar as saliências e sulcos cutâneos imperceptíveis ao olho humano;
2. Extrair características da imagem digital da superfície plantar do recém-nascido como comprimento, área, perímetro, percentagem de ocupação do menor retângulo envolvente e percentagem de pregueamento;
3. Avaliar se existe associação das características da superfície plantar do recém-nascido com a idade gestacional.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRICO

Na era Bíblica, a gestação a termo era considerada igual a 10 meses lunares, com variação de 9 a 11 meses. Nesta época, cita-se a história de um dos primeiros casos de sobrevivência de um recém-nascido prematuro, que graças a sua condição de prematuridade, escapou da ordem dos soldados egípcios de execução dos recém-nascidos do sexo masculino (DUMONT, 1990^a apud SOLA e CHOW, 1999).

No Século II, os recém-nascidos que não apresentavam as características típicas descritas pelos médicos da época eram considerados inviáveis e eram abandonados. Nestas descrições não se encontram características de recém-nascidos prematuros (DESMOND, 1991).

A prematuridade não foi, desta forma, caracterizada até 1886, quando foi definida com base no peso de nascimento, definição esta que foi aceita pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e amplamente utilizada. Nesta ocasião, prematuridade passou a ser definida então, como peso de nascimento inferior ou igual a 2500g.

Em 1941, VON PFAUNDLER^b (apud SOLA e CHOW, 1999) questionou esta definição e em 1955, SAINT-ANNE-DARGASSIES^c (apud SOLA e CHOW, 1999) utilizou a maturação cerebral baseada em tônus e reflexos musculares dos recém-nascidos para determinar a idade gestacional, método este que foi logo abandonado.

^a DUMONT, M. Gynecology and obstetrics in Bible. II. Labor and the puerperium. J. Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris), 1990; 19: 145-153.

^b VON PFAUNDLER, M. Studien über Frütod, Geschlechtsverhältnis und Selektion; zum perinatalen Sterben; die Neugeborenensterblichkeit. Z. Kinderheilk, 1941; 62: 351-482.

^c SAINT-ANNE-DARGASSIES, S. La maturation neurologique du prématuré. Étud néo-natal, 1955; 4: 71-116.

Somente em 1965 a comunidade médica começou a perceber que um terço dos recém-nascidos com peso de nascimento menor ou igual a 2500g eram recém-nascidos a termo (BONHAM, 1965^d apud SOLA e CHOW, 1999). A definição de prematuridade aceita pela OMS foi então abandonada.

Em 1966, USHER, MCLEAN e SCOTT e FARR et al., fizeram a primeira descrição detalhada das características do exame físico neonatal. No mesmo ano, ROBINSON (1966)^e (apud SOLA e CHOW, 1999) utilizou a presença ou ausência de certos reflexos, especialmente o reflexo pupilar, para melhor estimativa da idade gestacional.

Em 1968, AMIEL-TISON descreveu o uso do tônus muscular ativo e passivo associado ao exame dos reflexos neonatais para avaliar a maturidade do recém-nascido.

Em 1970, DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG desenvolveram um sistema de escore para avaliar a maturidade neonatal combinando 10 critérios do exame físico descrito por FARR et al. (1966) e 11 critérios neurológicos descritos por AMIEL-TISON (1968), método bastante complexo que passou a ser estudado em busca de uma simplificação para permitir melhor utilização e reprodutibilidade.

Em 1978, CAPURRO et al. reduziram os 21 itens do Método de DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG (1970) para 6 itens de exame físico. Entretanto, o novo escore não foi testado prospectivamente e não foi aplicado sistematicamente em recém-nascidos com idade gestacional menor que 34 semanas, não obtendo, desta forma, utilização rotineira.

Quase uma década depois, BALLARD, NOVAK e DRIVER (1979), desenvolveram um novo sistema de escore incluindo 6 critérios de exame físico e 6 critérios de exame neurológico, método que foi e é até hoje largamente utilizado na prática neonatal.

Em 1987, CONSTANTINE et al. relataram que a estimativa da idade gestacional baseada nos critérios físicos do escore de BALLARD, NOVAK e DRIVER (1979) era melhor do que o escore completo ou

^d BONHAM, D. G. Perinatal mortality. Aust N Z J Obstet Gynaecol, 1965; 5: 183-185.

^e ROBINSON, R. J. Assessment of gestational age by neurological examination. Archives Diseases of Child, 1966; 41: 437-447.

o baseado nos seus critérios neurológicos. Entretanto, este estudo não incluiu recém-nascidos com menos de 35 semanas e não foi estratificado para as diversas faixas de idade gestacional.

Em 1991, BALLARD et al. desenvolveram um novo sistema de escore, incluindo agora recém-nascidos com idade gestacional inferior a 28 semanas, com algumas modificações de pontuação e critérios de avaliação.

DAGA et al., em 1988 relataram a boa correlação que existe da idade gestacional com a medida do comprimento dos pés, realizada na impressão plantar em papel na sala de parto e medida intermamilar realizada em repouso, no final da expiração. A medida do comprimento do pé é simples, de fácil execução e, segundo os autores, preditiva de maturidade. É realizada através da medida da distância da prega cutânea de flexão do grande artelho até o calcanhar, tendo a grande vantagem de dispensar qualquer tipo de manuseio no recém-nascido.

3.2 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA IDADE GESTACIONAL

Atualmente, os métodos mais comumente utilizados para avaliação da idade gestacional são, no período pré-natal, a combinação das idades cronológica e ecográfica e, no período pós-natal, os métodos de Capurro (CAPURRO, 1978), Parkin (PARKIN, 1976), Dubowitz (DUBOWITZ, 1970), Ballard (BALLARD, 1979) e de Ballard modificado (BALLARD, 1991).

3.2.1 Métodos de Estimativa da Idade Gestacional no Período Pré-Natal

A melhor estimativa obstétrica da idade gestacional é feita através da combinação da idade cronológica, determinada pela data da última menstruação e idade ecográfica, obtida através de características físicas obtidas em ultra-sonografia obstétrica realizada no primeiro trimestre da gestação.

3.2.1.1 Idade cronológica

A idade cronológica é determinada através da informação fornecida pela mãe sobre a data da última menstruação, sendo útil para estimativa da idade gestacional, desde que obedecendo aos requisitos como a história de ciclos menstruais regulares, certeza da data da última menstruação, gestação única e ausência do uso de contraceptivos orais nos últimos 3 meses e injetáveis nos últimos 6 meses antes da concepção (CECATTI et al., 2000). A idade gestacional baseada na data da última menstruação é calculada pela sua data de início e assume que a ovulação e fertilização ocorrem 14 dias depois.

Alguns autores questionam, entretanto a acurácia deste indicador (MORAES e REICHENHEIN, 2000; EVTOUCHENKO et al., 1996) dado à variabilidade de duração da menstruação entre as mulheres, possibilidade de confusão com o sangramento que ocorre no 1º trimestre, ocorrência de ciclos longos e/ou irregulares, que ampliam a diferença entre a idade da gestação e idade da concepção.

Ainda assim, a Organização Mundial de Saúde recomenda que a data da última menstruação seja o método de escolha para o cálculo da idade gestacional, tanto para fins clínicos quanto para pesquisas (ALEXANDER et al., 1992).

3.2.1.2 Idade ecográfica (biometria fetal)

A idade ecográfica é determinada através de ultra-sonografia obstétrica realizada no primeiro trimestre da gestação. A ultra-sonografia é uma técnica pela qual pequenos pulsos (2 μ s) de ondas sonoras de alta frequência (aproximadamente 2,5 MHz) e baixa intensidade são transmitidos por um cristal piezoelétrico (transdutor) através do abdome materno até o útero e o feto. Os sinais do eco, partidos da interface dos tecidos para trás, fornecem um quadro bidimensional da parede uterina, da placenta, do líquido amniótico e do feto (AVERY, 1984).

Através das imagens ultra-sonográficas algumas medidas fetais (biometria fetal) são realizadas como a medida céfalo-caudal, diâmetro biparietal, comprimento do fêmur, circunferência craniana e circunferência abdominal (DEGANI, 2001).

Medida Céfalo-Caudal

Utilizada em embriões com 20 a 60 mm, quando a diminuição da flexão extrema do pescoço fetal permite que a medida seja realizada com maior precisão. A variabilidade desta medida é de aproximadamente 3 a 5 dias, com intervalo de confiança de 2 a 3 dias antes de 11 semanas e de 2 a 5 dias após este período. A medida céfalo-caudal é a melhor medida ultra-sonográfica utilizada no início da gestação (DEGANI, 2001; KEITH e FRISCH, 2001).

Diâmetro Biparietal

O diâmetro biparietal foi o primeiro parâmetro ultra-sonográfico utilizado para determinar a idade gestacional e avaliar o crescimento fetal. Posteriormente, verificou-se que alguns fatores podem interferir nesta medida, e conseqüentemente, sua correlação com a idade gestacional, como as alterações de medida determinadas pela posição fetal, alterações genéticas, anomalias congênitas, como por exemplo, micro, hidro ou anencefalia.

A medida do diâmetro biparietal apresenta, no 2º trimestre de gestação, uma margem de erro de aproximadamente 7 a 11 dias. Antes de 20 semanas o intervalo de variação é menor (cerca de 7 dias). Alguns estudos evidenciam que a medida do diâmetro biparietal, como medida isolada, apresenta uma margem de erro de 7, 14 e 21 dias com 16, 27 e 29 a 40 semanas, respectivamente (DEGANI, 2001).

Comprimento do Fêmur

Definido como a distância entre a metáfise proximal e metáfise distal do fêmur, esta medida de biometria fetal também pode sofrer alterações com a etnia da população avaliada. Alguns autores postulam que o comprimento do fêmur tem melhor correlação com a idade gestacional do que a medida do diâmetro biparietal (BEIGI e ZARRINKOUB, 2001; DEGANI, 2001).

O comprimento do fêmur tem maior precisão na estimativa da idade gestacional quando realizado antes de 25 semanas.

Circunferência Craniana

A circunferência craniana é uma medida menos precisa que o diâmetro biparietal antes de 26 semanas, mas em um estudo recente (DEGANI, 2001), entre 14 e 22 semanas, obteve-se boa precisão com um erro da estimativa de aproximadamente 3,77 dias.

Circunferência abdominal

Feita na altura do estômago, onde uma pequena porção do ducto venoso, veia umbilical e bexiga podem ser vistos, a circunferência abdominal é o melhor parâmetro para avaliar o crescimento fetal, mas é menos acurada que o diâmetro biparietal, comprimento do fêmur e circunferência craniana para estimar idade gestacional (DEGANI, 2001).

Preditores Múltiplos

HADLOCK et al. (1988) mostraram em um estudo com 177 gestantes, que existe significativo aumento da estimativa da idade gestacional ecográfica quando dois ou mais parâmetros são utilizados do que quando a estimativa é feita baseada em apenas um deles.

Antes de 36 semanas a melhor combinação de parâmetros inclui o diâmetro biparietal, circunferência abdominal e comprimento do fêmur. Após 36 semanas as circunferências craniana e abdominal e o comprimento do fêmur fornecem a melhor estimativa.

Observa-se maior frequência de nascimentos pós-termo quando a idade gestacional é baseada na data da última menstruação, e de recém-nascidos prematuros quando a idade gestacional é baseada na biometria fetal. YANG et al. (2002) mostraram que 1309 recém-nascidos considerados como prematuros pela biometria fetal foram classificados como a termo pela data da última menstruação.

Desta forma, o método padrão-ouro considerado atualmente para a estimativa da idade gestacional consiste na associação das informações sobre a idade gestacional, realizada pela data da última menstruação e biometria fetal, realizada no primeiro trimestre de gestação (YANG et al., 2002).

3.2.2 Métodos de Estimativa da Idade Gestacional no Período Pós-Natal

Quando não se dispõe de informações confiáveis sobre a data da última menstruação e/ou sobre a biometria fetal no primeiro trimestre, a idade gestacional pode ser estimada no período pós-natal através da observação das características físicas externas e avaliação neurológica dos recém-nascidos, ou sistemas de escores que combinam estas avaliações (MORAES e REICHENHEIN, 2000). A observação destas características é feita rotineiramente na sala de parto, logo após o nascimento e após a admissão do recém-nascido, na Unidade Neonatal. Os métodos mais freqüentemente utilizados na prática diária incluem os de Capurro (CAPURRO, 1978) e de Parkin (PARKIN, 1976) na sala de parto, e de Dubowitz (DUBOWITZ, 1970), Ballard (BALLARD, 1979) e Ballard modificado (BALLARD, 1991) nas Unidades Neonatais.

3.2.2.1 Métodos de estimativa da idade gestacional utilizados na sala de parto

Os métodos mais freqüentemente utilizados para estimar a idade gestacional, logo após o nascimento, realizados ainda na sala de parto, incluem os métodos de Capurro (CAPURRO, 1978) e de Parkin (PARKIN, 1976).

Método de Capurro

Este método, desenvolvido por CAPURRO et al. (1978), foi baseado na simplificação dos 21 itens que compõe o Método de Dubowitz (DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG, 1970), para 7 itens de exame físico (Quadro 1). É de fácil execução, permitindo rápida avaliação da idade gestacional na sala de parto.

Quadro 1 – Características físicas e neurológicas do recém-nascido do Método de Capurro para estimativa da idade gestacional

	0	5	10	15	20
1 Textura da pele	Muito fina e gelatinosa	Lisa e fina	Lisa e pouco espessa, descamação superficial pode ocorrer	Levemente espessa, endurecida, pregas superficiais descamação evidente em mãos e pés	Espessa com sulcos superficiais e profundos
	0	8	16	24	
2 Forma da orelha	Chata, disforme, pavilhão não encurvado	Pavilhão parcialmente encurvado na parte superior	Pavilhão totalmente encurvado na parte superior	Pavilhão totalmente encurvado	
	0	5	10	15	
3 Glândulas mamárias	Não palpável	Palpável, menor que 5 mm	Palpável, entre 5 e 10 mm	Palpável, maior que 10 mm	
	0	5	10	15	20
4 Pregas plantares	Sem pregas	Marcas mal definidas sobre a parte anterior da planta	Marcas bem definidas na metade anterior e sulcos no terço anterior	Sulcos na metade anterior da planta	Sulcos em mais da metade anterior da planta
	0	6	12	18	
5 Sinal do cachecol	O cotovelo alcança a linha axilar anterior do lado oposto	O cotovelo situado entre a linha axilar anterior do lado oposto e a linha média	O cotovelo situado ao nível da linha média	O cotovelo situado entre a linha média e a axilar anterior do mesmo lado	
	0	4	8	12	
6 Posição da cabeça ao levantar o recém-nascido	Cabeça totalmente defletida, ângulo de 270°	Ângulo cervicotorácico entre 180° e 270°	Ângulo cervicotorácico igual a 180°	Ângulo cervicotorácico menor que 180°	
	0	5	10	15	
7 Formação do mamilo	Apenas visível	Aréola visível, discreta pigmentação, diâmetro menor que 0,75 cm	Aréola visível, pigmentada, borda não pontuada, diâmetro menor que 0,75 cm	Aréola visível, pigmentada, borda pontuada, diâmetro maior que 0,75 cm	

FONTE: Journal of Pediatrics, v. 93, p. 120, 1978

Para cada aspecto de exame físico e neurológico dos itens que compõe o escore é dada uma pontuação, conforme ilustra o Quadro 1. O cálculo da idade gestacional é feito através da soma da pontuação obtida pelo denominado Capurro somático, que inclui apenas os itens relacionados ao exame físico, ou do Capurro somatoneurológico, incluindo agora os itens relacionados ao exame neurológico no escore. No Capurro somático esta soma é adicionada ao número 207, enquanto no somatoneurológico a 200, excetuando neste cálculo, a pontuação da formação dos mamilos, como segue:

Capurro somático = 207 + soma de pontos de (1+2+3+4+7);

Capurro somatoneurológico (excetuando a pontuação de formação de mamilos): 200 + soma de pontos.

Método de Parkin

Método de avaliação de idade gestacional realizado sistematicamente pela Unidade de Neonatologia do Hospital de Clínicas – UFPR, incorporado à rotina do Serviço desde 1979, após uma revisão sobre o assunto pelo Prof. Dr. RAUL CORRÊA RIBEIRO^f, sendo motivo de sua monografia de especialização em Pediatria no curso de Residência Médica, nesta ocasião. Consiste da avaliação de 4 características físicas externas, conforme ilustra o Quadro 2. Da mesma forma, para cada item é atribuído uma pontuação e o seu total relacionado a uma idade gestacional (Quadro 3).

Quadro 2 – Características físicas do recém-nascido do Método de Parkin para estimativa da idade gestacional

	0	1	2	3	4
Textura da pele	Muito fina e gelatinosa	Lisa e fina	Lisa e pouco espessa. Descamação superficial pode ocorrer	Levemente espessa, endurecida, pregas superficiais descamação evidente em mãos e pés	Espessa com sulcos superficiais e profundos
Cor da pele	Vermelho escuro.	Uniforme-mente rosada	Róseo-pálida variando nas diversas partes do corpo	Pálida, rósea (orelhas/lábios/palmas/plantas)	
Mamilos	Sem tecido mamário palpável	Tecido mamário, em um ou dois lados, <0,5cm	Tec. mamário em ambos os lados, um ou ambos entre 0,5-1cm	Tecido mamário em ambos os lados, um ou outro > 1cm	
Orelhas	Membranosa permanece na posição quando dobrada	Membranosa na borda, volta à posição habitual	Cartilaginosa, volta prontamente quando dobrada	Borda firme, cartilagem definitiva. Volta imediatamente depois de dobrada	

FONTE: Archives Diseases of Childhood, v. 51, n. 4, p. 259-263, 1976

Quadro 3 – Pontuação do Método de Parkin para estimativa da idade gestacional

PONTOS	DIAS	SEMANAS	PONTOS	DIAS	SEMANAS
1	190	27	7	270	38 ½
2	210	30	8	276	39 ½
3	230	33	9	281	40
4	240	34 ½	10	285	41
5	250	36	11	290	41 ½
6	260	37	12	295	42

FONTE: Archives Diseases of Childhood, v. 51, n. 4, p. 259-263, 1976

^f Prof. Dr. Raul Corrêa Ribeiro – Member, St Jude Faculty; Director, International Outreach Program; Hematology - Oncology Department – Memphis, Tennessee – EUA.

Após a admissão do recém-nascido na Unidade Neonatal, dispõe-se de outros métodos de avaliação da idade gestacional, indicados de acordo suas características e diagnóstico clínico.

3.2.2.2 Métodos de estimativa da idade gestacional utilizados nas Unidades Neonatais

Método de Dubowitz

O método de Dubowitz é utilizado habitualmente para recém-nascidos a termo e recém-nascidos prematuros para os quais o método possa ser aplicado, segundo suas condições clínicas. Na Unidade de Neonatologia do Hospital de Clínicas – UFPR, este método de avaliação foi sistematicamente aplicado para os recém-nascidos a termo internados em ambiente de Alojamento Conjunto até o ano de 2001, quando foi abandonado pelas evidências científicas de poder de estimativa semelhante ao método de Parkin (SOLA e CHOW, 1999; KARUNASEREKA et al., 2002).

Este método foi desenvolvido por DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG (1970) e caracteriza-se por um sistema de score combinando sinais neurológicos de AMIEL-TISON (1968) e as características físicas externas descritas por FARR et al. (1966) e USHER, MCLEAN e SCOTT (1966). Os índices obtidos pela avaliação de cada um dos 10 sinais neurológicos são somados e acrescentados aos índices de cada uma das 11 características físicas externas (Quadro 4 e Figura 1). A idade gestacional é então determinada pela combinação dos índices, utilizando-se para isto um gráfico (Gráfico 1).

Quadro 4 – Características físicas e neurológicas do recém-nascido do Método de Dubowitz para estimativa da idade gestacional

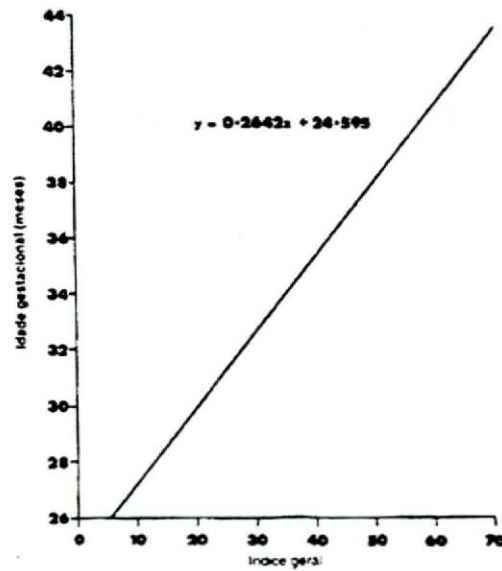
Crítérios	0	1	2	3	4
Edema	Edema acentuado de mãos e pés.	Edema discreto (mãos/pés) Depressão na tibia	Sem edema detectável		
Textura da pele	Muito fina, gelatinosa	Fina e lisa	Lisa, estrias medianas. rash/descamação superficial	Leves estriações fenda superficial, descamação (ppal mãos/ pés)	Pele apergaminhada. fenda superficial e profunda
Coloração da pele	Intensamente rosada	Uniformemente rosada	Rosa-pálido nas diversas partes do corpo	Pálida, rósea (orelhas, lábios, palmas e plantas)	
Opacidade da pele (no tronco)	Várias veias e vênulas vistas por transparência, (ppal abdome)	Circulação colateral visível	Raros vasos visíveis no abdome	Vasos gdes quase imperceptíveis no abdome	Não se vêem vasos
Lanugo (no dorso)	Não existe	Lanugo abundante, longo e espesso sobre o dorso	Cabelos delgados, ppal na parte inferior das costas	Pequena quantidade de lanugo com áreas sem pelo	No mínimo a metade do dorso é isento de lanugo
Sulcos plantares	Sem pregueamento	Discreto pregueamento, na ½ anterior da planta	Traços nítidos na > ½ ant. sulcos definidos na < ½ anterior	Sulco, além do 1/3 anterior	Sulcos profundos bem nítidos além do 1/3 anterior
Formação dos mamilos	Mamilo escassamente visível, sem aréola	Mamilo bem nítido, aréola lisa com diâmetro < 0,75cm	Aréola puntiforme, borda não elevada, diâmetro < 0,75cm	Aréola puntiforme, borda elevada, diâmetro > 0,75cm	
Dimensão das mamas	Tecido mamário não palpável	Tecido mamário sobre um ou ambos os lados, menor que 0,5cm de diâmetro	Tecido mamário em ambos os lados, um ou ambos = 0,5-1cm	Tecido mamário em ambos os lados, um ou ambos maior que 1cm	
Forma da orelha	Pavilhão liso e desproporcional, pequeno ou sem curvatura da borda	Curvatura de parte da borda do pavilhão	Curvatura parcial de todo o pavilhão superior	Toda a curvatura bem definida	
Consistência da orelha	Pavilhão flexível precocemente dobrado, não rechaçado	Pavilhão flexível, precoce-mente dobrada, lentamente rechaçado	Pavilhão c/ borda cartilaginosa. áreas flexíveis rechaço rápido	Pavilhão firme, borda cartilaginosa, rechaço instantâneo	
Genitália masculina	Nenhum testículo na bolsa escrotal	Pelo menos um testículo na porção superior da bolsa	Pelo menos um testículo na bolsa		
Genitália feminina	Grandes lábios amplamente separados, pequenos lábios salientes	Grandes lábios quase cobrindo os pequenos lábios	Grandes lábios cobrindo completamente os pequenos lábios		

FONTE: Journal of Pediatrics, v. 77, p. 1-10, 1970

SINAIS NEUROLÓGICAS	ÍNDICE					
	0	1	2	3	4	5
MOSTURA						
ÂNGULO DO MÚNDO						
DORSIFLEXÃO DO TORNADOZITO						
ENCOLHIMENTO DO BRAÇO						
ENCOLHIMENTO DA PERNA						
ÂNGULO POK-TEO						
GANCAHAR NA ORELHA						
SINAL DO CA-FÉCOL						
MANUTENÇÃO DA CABEÇA						
SUPLENÇÃO VENTRAL						

FONTE: Journal of Pediatrics, v. 77, p. 1-10, 1970.

Figura 1 – Exame neurológico do Método de Dubowitz



FONTE: Journal of Pediatrics, v. 77, p. 1-10, 1970

Gráfico 1 – Cálculo da idade gestacional pelo Método de Dubowitz

Método de Ballard

O sistema de escore de Ballard (BALLARD, NOVAK e DRIVER, 1979) é indicado para avaliação de recém-nascidos prematuros ou recém-nascidos a termo doentes, aplicado nas primeiras 12 horas de vida. Este método foi desenvolvido por BALLARD, NOVAK e DRIVER (1979) através da simplificação do sistema de DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG (1970), utilizando apenas 6 critérios do exame neurológico e 6 critérios de características físicas externas, relacionando os índices com a estimativa de idade gestacional em semanas, incluindo, entretanto, apenas 7 recém-nascidos com idade gestacional inferior a 29 semanas (WARIYAR, TIN e HEY, 1997) (Quadro 5 e 6, Figura 2).

Quadro 5 – Características físicas e neurológicas do recém-nascido do Método de Ballard para estimativa da idade gestacional

	0	1	2	3	4	5
Textura da pele	Gelatinosa, vermelha, translúcida	Lisa, rósea, veias visíveis	Descamação superficial e/ou erupção, poucas veias	Rachaduras, áreas pálidas, raras veias	Pergaminho, rachaduras profundas, nenhum vaso	Coriáceas, rachaduras, enrugamento
Lanugo	Nenhum	Abundante	Afinamento	Áreas despeladas	Majoria despelada	
Superfície plantar plantares	Ausente	Marcas vermelhas descoradas	Somente pregas transversas anteriores	Pregas 2/3 anteriores	Pregas sobre toda a sola	
Mamas	Difícilmente perceptíveis	Aréola achatada, sem botão	Aréola pontilhada, botão 1-2mm	Aréola elevada, botão 3-4mm	Aréola completa, botão 5-10mm	
Olhos/Orelhas	Pálpebras abertas, pina chata pregueada	Pina curva, mole, porém recolhe lento	Pina curva, mole, porém recolhe rápido	Formada e firme, com retorno instantâneo	Cartilagem espessa, orelha rija	
Genitália masculina	Escroto cheio, rugas escuras	Testículo no canal superior, poucas rugas	Testículo descendo, poucas rugas	Testículos baixos, boas rugas	Testículos pendulares, rugas profundas	
Genitália feminina	Clitóris proeminente, lábios proeminentes	Grandes e pequenos lábios proeminentes	Grandes lábios maiores, pequenos lábios menores	Grandes lábios cobrem clitóris e pequenos lábios		

Fonte: Journal of Pediatrics, v. 95, p.769-774, 1979

	0	1	2	3	4	5
POSTURA						
ÂNGULO DO PUNHO	90°	60°	45°	30°	0°	
RECOLHIM. DO BRAÇO	180°		100-180°	90-100°	<90°	
ÂNGULO POPLITEO	180°	160°	130°	110°	90°	<90°
SINAL DO XALE						
MANOBR. CALCANHAR-ORELHA						

FONTE: Journal of Pediatrics, v. 95, p.769-774, 1979

Figura 2 – Critérios neurológicos do método de Ballard

Quadro 6 – Sistema de pontuação do método de Ballard

Escore	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Idade Gestacional	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44

FONTE: Journal of Pediatrics, v. 95, p.769-774, 1979

Método de Ballard Modificado

O sistema de escore de Ballard (BALLARD, NOVAK e DRIVER, 1979) foi expandido pelo mesmo autor em 1991 (BALLARD et al.) com o objetivo de incluir recém-nascidos com idade gestacional inferior a 26 semanas. Observando, de forma mais detalhada, que a flexibilidade e o tônus passivo flexor estão alterados em alguns pontos, conforme a idade gestacional, foi adicionada a pontuação -1 a este aspecto do exame. Os autores observaram ainda características peculiares da pele de recém-nascidos extremamente prematuros, levando-os à adição da pontuação -1 também para este índice do escore. Além disto, dois critérios de maturação foram incluídos, quais sejam, comprimento da superfície plantar e características de orelhas e pálpebras.

A relação entre o comprimento dos pés e idade gestacional foi demonstrada por STREETER⁸ em 1920 (apud BALLARD et al., 1991) e confirmado por HERN em 1984. De acordo com estes autores, os fetos têm comprimento dos pés de 30 a 50 mm entre 20 e 26 semanas e sua medida deve ser feita da extremidade do grande artelho até o calcanhar, gerando a seguinte pontuação:

Comprimento = 40 a 50 mm; escore = -1 e;

Comprimento < 40 mm; escore = -2.

O exame da abertura da fenda palpebral foi adicionado à avaliação das características do pavilhão auricular com escores de -2 e -1 (BALLARD et al., 1991) (Quadro 7 e 8, Figura 3).

Quadro 7 – Características físicas e neurológicas do recém-nascido do Método de Ballard modificado para estimativa da idade gestacional

	-1	0	1	2	3	4	5
Textura da pele	Pegajosa, friável, transparente	Gelatinosa, vermelha, translúcida	Lisa, rósea, veias visíveis	Descamação superficial e/ou erupção, poucas veias	Rachaduras, áreas pálidas, raras veias	Pergaminho, rachaduras profundas, nenhum vaso	Coriáceas, rachaduras, enrugamento
Lanugo	Nenhum	Esparso	Abundante	Afinamento	Áreas despeladas	Maioria despelada	
Superfície plantar plantares	Calcanhar-dedo < 40 – 50 mm: -1; < 40 mm: -2	> 50 mm, nenhuma prega	Marcas vermelhas descoradas	Somente pregas transversas anteriores	Pregas 2/3 anteriores	Pregas sobre toda a sola	
Mamas	Imperceptíveis	Difícilmente perceptíveis	Aréola achatada, sem botão	Aréola pontilhada, botão 1-2mm	Aréola elevada, botão 3-4mm	Aréola completa, botão 5-10mm	
Olhos/Orelhas	Pálpebras coladas, frouxas -1, rijas -2	Pálpebras abertas, pina chata pregueada	Pinas curvas, moles, porém recolhe lento	Pinas curvas, moles, porém recolhe rápido	Formada e firme, com retorno instantâneo	Cartilagem espessa, orelha rija	
Genitália masculina	Escroto vazio, rugas	Escroto cheio, rugas escuras	Testículo no canal superior, poucas rugas	Testículo descendo, poucas rugas	Testículos baixos, boas rugas	Testículos pendulares, rugas profundas	
Genitália feminina	Clitóris proeminente, lábios achatados	Clitóris proeminente, pequenos lábios menores	Clitóris proeminente, lábios proeminentes	Grandes e pequenos lábios proeminentes	Grandes lábios maiores, pequenos lábios menores	Grandes lábios cobrem clitóris e pequenos lábios	

FONTE: Journal of Pediatrics, p. 417, 1991

⁸ STREETER, G. L. Weight, stting, height, head size, foot length, and menstrual age of the human embryo. Contributions to Embriology, 1920; 11: 143-170.

	0	1	2	3	4	5
POSTURA						
ÂNGULO DO PUNHO	90°	60°	45°	30°	0°	
RECOLHIM. DO BRAÇO	180°		100-180°	90-100°	<90°	
ÂNGULO POPLITEO	180°	160°	130°	110°	90°	<90°
SINAL DO XALE						
MANOBRA CALCANHAR-ORELHA						

FONTE: Journal of Pediatrics, p. 417, 1991

Figura 3 – Critérios neurológicos do método de Ballard modificado

Quadro 8 – Sistema de pontuação do método de Ballard modificado

Score	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Idade Gestacional	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44

FONTE: Journal of Pediatrics, p. 417, 1991

3.2.3 Prematuridade

A prematuridade é sem dúvida um dos mais importantes problemas de saúde na área materno-infantil. É a principal causa de mortalidade infantil e está associada à morbidade neurocognitiva, respiratória e oftalmológica. Além disto, o custo da terapia intensiva neonatal é proibitiva, sem contar os danos emocionais ocasionados para toda a família (KRAMER et al., 1998).

Estima-se que, anualmente no mundo, 13 milhões de crianças nasçam prematuras (EGEWARTH, PIRES e GUARDIOLA, 2002). No Brasil, em 2000 foram registrados pelo sistema DATASUS 3.205.108 nascimentos vivos, sendo 213.117 recém-nascidos prematuros. Em Curitiba estes registros indicam o

nascimento de 1736 prematuros e 2530 recém-nascidos com peso de nascimento abaixo de 2500g neste ano (DATASUS, 2003). Nove entre 10 óbitos neonatais no Estado de São Paulo, no mesmo ano, apresentaram baixo peso ao nascer (KILSZTAJN et al., 2003).

Duas importantes funções fisiológicas que indicam maturidade ocorrem com 34 semanas, quais sejam, sucção e capacidade de produção de surfactante. Com 34 semanas observa-se a habilidade do recém-nascido em obter quantidade adequada de leite materno através de sucção e as células alveolares do tipo II passam a ser mais numerosas e começam a se diferenciar, com capacidade de secretar grandes quantidades de surfactante. Estes fatos substanciam a experiência de que 3 em 4 recém-nascidos entre 34 e 37 semanas não vão necessitar de nenhuma intervenção. Para estes recém-nascidos o leite materno e o calor serão, na grande maioria das vezes, as principais medidas na sua assistência (AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991).

LEMONS et al., (2001) através de um estudo envolvendo 4438 recém-nascidos com peso de nascimento entre 501 e 1500g e 195 com peso entre 401 a 500g, em 14 centros participantes nos EUA em 1995 e 1996, encontraram uma taxa de sobrevivência de 84%, variando de 11% para os recém-nascidos com peso de nascimento entre 401 a 500g; 52% com peso entre 501 a 750g e 97% para aqueles com peso de nascimento entre 1250 a 1500g.

Os custos também variam significativamente, passando de 224.400 dólares para recém-nascidos com peso de nascimento entre 500 a 700g para 4300 dólares para aqueles com 2250 a 2500g e 1000 dólares para recém-nascidos com peso superior a 3000g. Considerando os custos em relação a idade gestacional, observa-se que estes passam de 202.700 dólares para recém-nascidos com 25 semanas à 2600 dólares para recém-nascidos com 36 semanas e 1100 dólares para aqueles com 38 semanas (GILBERT, NESBITT e DANIELSEN, 2003).

Considerando os aspectos relacionados a morbi-mortalidade, observamos em recém-nascidos de 23 a 24; 25; 26; e 27 a 32 semanas, taxas de 92%, 64%, 35% e 18%, respectivamente (RIJKEN et al., 2003).

WARD e BEACHY (2003), através de um estudo realizado na Universidade de Utah (EUA)

evidenciaram que cada semana de vida intra-uterina após 23 semanas aumentou a sobrevivência de 6-9% para 90% com 27 a 28 semanas de idade gestacional, até 95% com 33 semanas.

3.2.4 Avaliação Crítica dos Métodos Pós-Natais Disponíveis para Estimativa da Idade Gestacional

Já se passaram quase 40 anos desde a primeira observação de FARR et al., em 1966, sobre a utilização das características físicas do recém-nascido para estimar a idade gestacional.

Desde então, a utilização do exame clínico do recém-nascido, que se constitui na base de todos os exames pós-natais para estimativa da idade gestacional, tem sido alvo de críticas ao longo destas últimas décadas. A inadequação da maioria dos escores para avaliar crianças extremamente prematuras ou com baixo peso ao nascimento é apontada por vários autores (BHAKOO, 1980; VOGT et al., 1981; ANDERSEN, 1981; SPINATTO et al., 1984; SHUKLA et al., 1987; BATTISTI, 1987; GOYAL, TAK e BHANDARI, 1989; BHAGWAT, DAHAT e BAPAT, 1990; KENNER, 1990; SANDERS, 1991; CONSTANTINE et al., 1991; ALEXANDER et al., 1992; GAGLIARDI et al., 1992; AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; EREGIE, 1994; SCHER et al., 1995; DODD, 1996; WARIYAR, TIN e HEY, 1997; CEVIT et al., 1998; MORAES e REICHENEHIN, 2000; NOMURA et al., 2001; KARUNASEKERA, 2002; EGEWARTH et al., 2002; VAN BOGAERT, 2003).

Na tentativa de resolver essas limitações BALLARD et al., propuseram em 1991, o escore de Ballard modificado ("New Ballard"), para possibilitar a avaliação da idade gestacional de recém-nascidos mais prematuros e de menor peso ao nascimento.

Porém, observa-se uma escassez de estudos que discutam a validade desse escore (ALEXANDER et al., 1992; GAGLIARDI et al., 1992; WARIYAR, TIN e HEY, 1997; SOLA e CHOW, 1999; KARUNASEKERA et al., 2002; MORAES e REICHENEHIN, 2003).

Nestes poucos estudos, alguns problemas metodológicos são apontados em relação ao novo escore proposto, como utilização de estimadores de concordância que não são habitualmente empregados para estudos de validade, especificamente o coeficiente de correlação de Pearson e medidas de concordância simples, que desconsideram a possibilidade do acaso (ALTMAN, 1991). O desempenho do

escore nas diferentes faixas de idade gestacional, o melhor momento para sua aplicação, possíveis influências de patologias maternas gestacionais e o peso de nascimento na acurácia da estimativa, são algumas das questões ainda em aberto.

O estudo mais apropriado foi publicado por MORAES e REICHENHEIN em 2002, onde foram avaliadas a confiabilidade do processo de aplicação do escore, a qualidade da idade gestacional baseada na ultra-sonografia fetal e a acurácia do escore para o diagnóstico de prematuridade. Em relação à confiabilidade, observaram que o componente somático foi mais consistente que o neurológico, e que a avaliação do ângulo poplíteo e manobra calcânhar-orelha, foram os itens que apresentaram maior divergência de pontuação entre os examinadores. Apesar da sensibilidade do escore ter variado conforme o padrão-ouro utilizado, sua estimativa foi inferior a 0,70 em cinco das seis comparações realizadas, evidenciando a necessidade de questionamento da adequação do escore de Ballard modificado como ferramenta isolada para identificação da prematuridade.

A variação das diferenças entre as idades gestacionais estimadas pelo escore, data da última menstruação e ultra-sonografia nas diferentes faixas de idade gestacional, também merecem discussão. Como já haviam observado ALEXANDER et al., em 1992, o escore superestima a idade gestacional em recém-nascidos com menor duração da gestação e a subestima em recém-nascidos mais maduros. Esse comportamento é compatível com as baixas sensibilidades encontradas na avaliação da acurácia do escore no diagnóstico de prematuridade.

Estes dados devem alertar para o fato de que, do ponto de vista clínico, deve-se ter muita cautela na utilização exclusiva do escore de “New Ballard” (BALLARD et al., 1991) para o diagnóstico e precisão do grau de prematuridade, na medida em que, na dependência deste diagnóstico, existe modificação da conduta e assistência ao recém-nascido, podendo desobrigar, indevidamente, a realização de alguns cuidados neonatais e de puericultura, que podem acarretar em aumento das taxas de morbidade e mortalidade em recém-nascidos prematuros (MORAES e REICHENHEIN, 2002).

A estimativa da idade gestacional tem sido utilizada para determinar o crescimento intra-uterino, antecipar os eventos fisiopatológicos e a evolução clínica neonatal, guiar as decisões de suporte de

vida básico e avançado, e estabelecer os limites de viabilidade (AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; FERESU et al., 2002; EGEWARTH et al., 2002).

Mas não existe ainda um método padrão (“gold standard” ou padrão-ouro) para a determinação da idade gestacional, especialmente em recém-nascidos extremamente prematuros (recém-nascido com idade gestacional inferior ou igual a 28 semanas).

Embora muitos métodos auxiliem na avaliação da idade gestacional em recém-nascidos maiores, limitação significativa existe para estimar a idade gestacional de recém-nascidos com idade inferior a 34 semanas. O problema real não é a discrepância que pode ocorrer entre 34 e 40 semanas, mas entre 22 e 28 semanas (SOLA e CHOW, 1999).

Os métodos utilizados no período pré-natal, embora tenham grande precisão na estimativa da idade gestacional, nem sempre estão disponíveis, quer por incerteza ou desconhecimento da data da última menstruação, ou por ausência de seguimento pré-natal, com perda de avaliação ecográfica fetal em período oportuno (WARIYAR, TIN e HEY, 1997; ALEXANDER et al., 1992; FERESU et al., 2002).

Para os métodos disponíveis no período pós-natal, os sistemas que incluem avaliações neurológicas finas têm baixo poder de reprodutibilidade, dificultando a aplicação dos escores. Os critérios neurológicos também podem ser afetados por tocotraumatismos, apresentações córmicas e situações que afetem o sistema nervoso central, como asfixia perinatal e infecções de sistema nervoso central, entre outras. Por outro lado, fatores intra-uterinos, tais como estresse crônico ou hipertensão materna, podem acelerar a maturação neurológica fetal.

Os critérios físicos introduzidos por FARR et al. (1966) e FINNSTROM^h (1972) (apud CONSTANTINE et al., 1987) facilitaram sua realização, permitindo maior reprodutibilidade e maior precisão que os critérios neurológicos. Entretanto, existe ainda a dificuldade ou impossibilidade de realização de algumas manobras em recém-nascidos enfermos e dentro de incubadoras, que prejudicam a avaliação da

^h FINNSTROM, O. Studies on maturity in newborn infants. II. External characteristics. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 1972; 61: 24.

idade gestacional (ANAND et al., 1976; CONSTANTINE et al., 1987; SCHER, et al., 1995).

O Método de Capurro (CAPURRO, 1978), embora largamente utilizado, não foi testado prospectivamente na ocasião de sua elaboração e não foi aplicado para recém-nascidos menores que 34 semanas, sendo provavelmente mais preciso para estimativa em recém-nascidos com idade gestacional superior a 34 semanas.

Embora de fácil execução, o Método de Parkin (PARKIN, 1976) foi elaborado e testado em população de recém-nascidos predominantemente a termo, apresentando um bom poder de estimativa da idade gestacional para esta população.

SPINATTO et al., 1984; SHUKLA et al., 1987 e VIK, 1997 observaram superestimação da idade gestacional em cerca de 52% das avaliações pelo Método de Dubowitz (DUBOWITZ, DUBOWITZ e GOLDBERG, 1970) em mais de 2 semanas, especialmente em recém-nascidos com idade gestacional inferior a 34 semanas. Isto ocorre, provavelmente, devido ao fato de ser um método aplicável praticamente a recém-nascidos a termo e pós-termo (somente 7 dos recém-nascidos estudados por DUBOWITZ et al. em 1970 tinham menos que 29 semanas de idade gestacional) (WARIYAR, TIN e HEY, 1997).

Trata-se de um método complexo, de difícil execução, exigindo experiência em neonatologia e habilidade para execução de suas manobras, além de expor os recém-nascidos a grande manuseio. Está sujeito, ainda, a um grau de subjetividade, requerendo maior disponibilidade de tempo para sua realização e com reprodutibilidade discutível.

Embora apresente uma simplificação evidente em relação ao método anterior, acredita-se que exista um erro sistemático no escore de Ballard (BALLARD, NOVAK e DRIVER, 1979; BALLARD et al., 1991) com superestimação da idade gestacional em recém-nascidos prematuros, resultando em falsos índices de frequência de prematuridade. Cerca de 30% dos recém-nascidos prematuros (com idade gestacional determinada por padrão-ouroⁱ) não são identificados pelo escore e existe ainda subestimação da idade

ⁱ Padrão ouro de determinação da idade gestacional = considerada como idade cronológica (DUM) + idade ecográfica fetal (biometria fetal) realizada no 1º trimestre de gestação.

gestacional em recém-nascidos pós-termo, isto é, cerca de 75% dos recém-nascidos pós-termo não são identificados pelo Método de Ballard (SANDERS et al., 1991; ALEXANDER et al., 1992).

Observa-se assim, uma concentração de estimativas de idade gestacional em torno de 40 semanas pela avaliação realizada através deste sistema de escore. Além disto, tem-se observado que o sistema de escore de Ballard (BALLARD, NOVAK e DRIVER, 1979; BALLARD et al., 1991) determina falsas estimativas de recém-nascidos pequenos e grandes para a idade gestacional. Estes dados indicam que uma classificação inadequada de proporções razoáveis de recém-nascidos prematuros, pós-termo e pequenos para a idade gestacional pode ocorrer com o uso deste sistema de escore (ALEXANDER et al., 1992; GAGLIARDI et al., 1992; SOLA e CHOW, 1999; MORAES e HEICHENHEIN, 2002).

Data da última menstruação incerta ou perda de oportunidade de realização de exame ultrassonográfico precocemente ocorrem com maior frequência em classes sócio-econômicas mais baixas, mães jovens, condições sócio-culturais desfavoráveis, estado civil ou tipo de assistência de saúde (ALEXANDER et al., 1992; WARIYAR, TIN e HEY, 1997; FERESU et al., 2002). Nestas populações, onde a prematuridade é mais frequentemente observada, em função das mesmas condições citadas, a utilização do sistema de escore de Ballard (BALLARD et al., 1991), método mais largamente utilizado na prática neonatal atualmente, pode produzir uma tendenciosidade, com falso aumento da idade gestacional em grupos de recém-nascidos de risco, interferindo nas medidas terapêuticas, prognósticos, resultados e pesquisas.

Esta observação, juntamente com a de outros autores, faz retomar o questionamento sobre a habilidade deste escore em identificar com precisão a idade gestacional de recém-nascidos pré-termo e pós-termo (ALEXANDER et al., 1992; SOLA e CHOW, 1999; MORAES e HEICHENHEIN, 2002).

O escore de Ballard modificado (BALLARD et al., 1991) é utilizado sistematicamente na Unidade de Neonatologia do Hospital de Clínicas – UFPR, para recém-nascidos prematuros internados nas Unidades de Terapia Intensiva, Alto Risco e Risco Intermediário, nas primeiras 12 horas, e repetido semanalmente, assim como também é utilizado em Unidades Neonatais no mundo inteiro, associados às informações da data da última menstruação e biometria fetal realizada no primeiro trimestre, quando disponíveis; sendo considerados hoje, os melhores parâmetros para estimativa da idade gestacional

(MORAES e HEICHENHEIN, 2002).

Assim, todos os métodos de avaliação pós-natal da idade gestacional dependem de certa subjetividade ou experiência em neonatologia, especialmente para os critérios neurológicos, mas também para os critérios físicos (GAGLIARDI et al., 1992; CONSTANTINE et al., 1987; AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; DODD, 1996). Da mesma forma, todos os métodos são “invasivos”, considerando que os recém-nascidos prematuros exigem, na sua abordagem, manuseio mínimo, já que todo manuseio realizado nesta etapa inicial da vida pode representar estresse com conseqüências variáveis.

Os problemas incluem, portanto, dificuldade de realização (limitações de espaço determinadas pelas incubadoras, recém-nascidos doentes, recém-nascidos extremamente prematuros), subjetividade, imprecisão, habilidade, experiência pessoal em neonatologia, estresse determinado pelo manuseio, estresse determinado pela exposição ambiental (variação de temperatura corporal), contra-indicação para realização dos métodos de avaliação em situações de doença e reprodutibilidade dos métodos de avaliação.

Existe uma clara e nítida necessidade de elaboração de um método rápido e efetivo de estimativa da idade gestacional que possa ser feito em recém-nascidos doentes e recém-nascidos extremamente prematuros, população onde existe a maior dificuldade prática de avaliação da idade gestacional (AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991).

Estatísticas adequadas e precisas de morbidade e mortalidade neonatal, e a comparação dos dados com outras populações de recém-nascidos, dependem da identificação precisa da idade gestacional. Este aspecto é particularmente importante quando se trata de população de recém-nascidos prematuros (MORAES e REICHENHEIN, 2002).

Alguns estudos foram realizados desde 1991, buscando outras características que possam auxiliar a estimativa da idade gestacional. Entre eles citamos aqueles que identificaram correlação da idade gestacional com as dimensões do vermix cerebelar (CO, RAJU e ALDANA, 1991; RINGERTZ, 1992; ANDERSON et al., 1996; CUDDIHY, et al., 1999); medidas de refletância da pele (LYNN, 1993); padrões de eletroencefalografia (SCHER et al., 1994) e medidas de dimensões intracranianas examinadas por ultra-som

(MURPHY, REMMIE e COOKE, 1998).

Outros antecederam a publicação de BALLARD et al. (1991), como os estudos de padrões de sono (PAMERLLE, 1970); os de maturação fetal, estabelecidos através de exames do líquido amniótico (DROEGEMULLER, 1969; MOORE, 1972); os das diferenças na velocidade de condução nervosa entre recém-nascidos a termo e recém-nascidos prematuros (MOOSA e DUBOWITZ, 1972); o estudo de ODITA e OMENE, em 1980, mostrando a correlação da idade gestacional com a ossificação dos dentes; o desaparecimento da cápsula vascular anterior do cristalino (HITNNER, GORMAN e RUDOLPH, 1977 e 1981; NARAYANAN et al., 1981; MIMOUNI et al., 1983; ZIMMER et al., 1983; SASIVIMOLKUL, SIRIPOONYA e TEJAVEJ, 1986); os de medidas das dimensões torácicas, verificadas através da radiografia de tórax (ODITA e OMEDE, 1982), outras avaliações radiológicas (FARR, 1968; RUSSEL, 1969) e os estudos de medidas de hemoglobina fetal (WARNER e JANG, 1989).

Outros buscaram desenvolver novos sistemas de escore, como os estudos de PRIMHAK e MACGREGOR, 1989; EREGIE e MUOGBO, 1991; EREGIE, 1991 e 1993; AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; KLIMEK e KLIMEK, 1992; KLIMEK et al., 1995; KLIMEK, KLIMEK e RZEPECKA-WEGLARZ, 2000; e EGEWARTH, PIRES e GUARDIOLA, 2002; com resultados semelhantes aos escores pré-existent.

A literatura atual aponta para o fato de que a idade gestacional é o principal fator preditivo de sobrevivência, e indica que é fundamental a busca de um método preciso de identificação da idade gestacional (SOLA e CHOW, 1999).

Reconhecendo esta importância, deu-se início às pesquisas que constituem o que denominamos de *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* (Anexo 1), através de uma cooperação entre os Departamentos de Pediatria e de Informática da Universidade Federal do Paraná, com o objetivo de desenvolver um método que possa ser útil na determinação da idade gestacional, através da extração de características morfológicas e pregueamento cutâneo da imagem digital da superfície plantar do recém-nascido - o *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

3.3 PROJETO FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL

3.3.1 Histórico e Hipótese Inicial

A partir de março de 2000, contando com o apoio e incentivo do Prof. Dr. ROBERTO ROCHA^j, então Assessor de Informática do Hospital de Clínicas - UFPR e Prof^a Dra BEATRIZ ROCHA, responsável na ocasião pela Assessoria Médica da Assessoria de Informática do Hospital de Clínicas (ASSINF), iniciamos os estudos sobre a hipótese formulada, de que através de visão computacional, é possível visualizar as saliências e sulcos cutâneos da superfície plantar do recém-nascido, para contribuir na estimativa da idade gestacional. Estes estudos incluíram a revisão bibliográfica inicial, focalizada nos principais fundamentos norteadores da pesquisa, quais sejam, sobre os métodos de determinação da idade gestacional, os relacionados ao desenvolvimento dos dermatóglifos de uma forma geral e, em especial, na superfície plantar do recém-nascido; e os aspectos relacionados à informática médica, principalmente nas áreas de banco de dados e processamento de imagens. Ao mesmo tempo, alguns testes iniciais foram realizados, com a aquisição digital da superfície palmar de voluntários adultos através do escaner de mão, verificando a viabilidade de sua posterior aplicação na superfície plantar do recém-nascido em relação ao grau de atrito, desconforto, aquecimento proporcionado com a sua aplicação e qualidade da imagem digital obtida. Nesta ocasião, a colaboração do Prof. JOSÉ SIMÃO DE PAULA PINTO^k foi fundamental para os ajustes de *hardwares*^l e *softwares*^m necessários e avaliação preliminar das imagens nos testes realizados, que passamos

^j Prof. Dr. Roberto Rocha – Assistant Professor, Department of Medical Informatics, University of Utah.

^k Prof. José Simão de Paula Pinto – Professor do Departamento de Informática da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Aluno do Curso de Pós-Graduação – Doutorado em Informática Médica – UFPR.

^l Hardwares – partes físicas do computador.

^m Softwares – programas de computador, i.e., uma série de instruções para realização de uma determinada tarefa.

a denominar de “Foot Scan”.

Em junho de 2000, o primeiro projeto de tese foi apresentado na disciplina de Informática Médica do Curso de Pós-Graduação da Clínica Cirúrgica - UFPR, sob coordenação do Prof. Dr. ROBERTO ROCHA e em julho, na disciplina de Neonatologia do Departamento de Pediatria, sob coordenação do então Chefe do Serviço de Neonatologia, Prof. MITSURU MIYAKI^ª.

Em agosto do mesmo ano, o projeto foi apresentado na disciplina de Processamento de Imagens no Departamento de Informática – UFPR, para os alunos do Curso de Pós-Graduação na área, sob coordenação da Prof^ª Dra OLGA REGINA PEREIRA BELLON^º.

Nesta ocasião, foram firmados os interesses de cooperação entre os Departamentos de Pediatria, representado pela Prof^ª MÔNICA NUNES LIMA CAT, e de Informática, representado pela Prof^ª OLGA REGINA PEREIRA BELLON, dando início ao *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* (Anexo 1). Dois, então alunos do Curso de Pós-Graduação em Informática, foram envolvidos diretamente na pesquisa, a partir da expressão de interesse na área de informática médica e no tema exposto, e assim foram desenvolvidos os módulos de banco de dados pelo analista de sistemas CRISTÓVÃO NUNES GORGA^ª; e de processamento de imagens, pelo hoje professor MAURÍCIO SEVERICH^ª da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, constituindo-se em dissertações de Mestrado em Informática do Setor de Ciências Exatas da UFPR apresentadas em dezembro de 2001 (GORGA, 2001) e outubro de 2002 (SEVERICH, 2002), respectivamente. Outro trabalho foi desenvolvido pela Prof^ª JERONIZA

^ª Prof. Mitsuru Miyaki – Chefe do Departamento de Pediatria – Hospital de Clínicas – UFPR.

^º Prof^ª Dra Olga Regina Pereira Bellon – Professor adjunto – Departamento de Informática – UFPR. Fundadora e coordenadora do Grupo IMAGO.

^ª Analista de sistemas Cristóvão Nunes Gorga.

^ª Professor Maurício Severich – Professor colaborador do Departamento de Informática - Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MARCHAUKOSKI^f com o objetivo de avaliar os princípios de construção da base de dados para imagens médicas, constituindo-se de igual forma em outra dissertação de mestrado apresentada ao mesmo curso em 2001 (MARCHAUKOSKI, 2001).

O desenvolvimento de todo o trabalho envolvido no *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, de agosto de 2000 até hoje, foi marcado por reuniões periódicas dos pesquisadores, no mínimo mensalmente e freqüentemente quinzenal ou semanalmente, no Departamento de Informática – Grupo IMAGO⁵ da Universidade Federal do Paraná e Departamento de Pediatria, com a participação e interação efetiva de todos, possibilitando o intercâmbio de informações médicas e de informática pertinentes à pesquisa, com a formação de um conhecimento comum cada vez mais homogêneo, construindo os alicerces científicos da pesquisa. Esta interação sempre foi essencial e fundamental, pois permitiu o entendimento mútuo dos problemas e desafios encontrados a cada passo do processo da pesquisa, marcados por momentos de meditação, análise observacional cuidadosa e detalhada das novas descobertas, busca exaustiva de conhecimentos científicos prévios e troca de experiências dos profissionais das duas áreas, beneficiando-nos com o enriquecimento gerado por esta atividade multidisciplinar, tanto nos aspectos científicos quanto nos aspectos humanos.

^f Professora Jeroniza Marchaukoski – Aluna do Curso de Pós-Graduação – Doutorado em Informática Médica – UFPR.

⁵ Grupo IMAGO de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens – Departamento de Informática – UFPR.

3.3.2 Referenciais Teóricos

3.3.2.1 A Superfície Plantar do Recém-Nascido

Estudos sobre a medida do pé do recém-nascido

Vários estudos têm demonstrado algumas aplicações práticas relacionadas à medida do pé do recém-nascido (JAMES, DRYBURG e CHISWICK, 1979; MATHUR, TAK e KOTHARI, 1984; DAGA et al., 1988; AMATO, HÜPPI e CLAUS, 1991; GOHIL et al., 1991; BALLARD et al., 1991; KULKARNI e RAJENDRAN, 1992; EMBLETON et al., 2001).

De acordo com a recomendação de DAGA et al. (1988), a medida do comprimento do pé deve ser realizada tomando-se a distância máxima entre a linha de flexão do 1º artelho e a extremidade do calcanhar na impressão plantar realizada em papel.

Alguns estudos correlacionam a medida do comprimento plantar com a idade gestacional. AMATO, HÜPPI e CLAUS, em 1991, obtiveram coeficientes de correlação de 0,62 entre as medidas intermamilar e do pé do recém-nascido, e idade gestacional nas curvas de regressão linear com a idade gestacional.

JAMES, DRYBURGH e CHISWICK, em 1979, observaram correlação da medida do comprimento da superfície plantar com o peso de nascimento.

EMBLETON et al., em 2001, demonstraram a utilidade da medida do comprimento do pé do recém-nascido para estimar a posição adequada do tubo endotraqueal em recém-nascidos, nos quais não se dispunha de informação sobre o peso de nascimento.

Estudos sobre a importância da superfície plantar na identificação do recém-nascido

Toda a superfície da pele é composta por sulcos e saliências, mas em uma área relativamente pequena do corpo humano, representado pela palma das mãos, planta dos pés e superfície palmar e plantar dos dedos, a pele tem uma estrutura diferenciada, denominada de dermatóglifos. Acredita-se que sua

função esteja relacionada ao tato e capacidade de maior aderência. Nesta região não há folículos pilosos ou glândulas sebáceas, enquanto as terminações nervosas são numerosas (CUMMINS e MIDLO, 1995).

A utilização das impressões digitais baseadas nos dermatóglifos para identificação hoje é bem conhecida, mas não era até o século XVII, quando se iniciou o interesse pelos sulcos e saliências cutâneas. O Dr. NEHEMIAH GREW citado por CUMMINS e MIDLO (1995), foi o primeiro a descrever os poros, saliências cutâneas e sua conformação nas palmas e superfície palmar dos dedos. HAROLD CUMMINS (1995), professor de anatomia na Universidade de Tulane, foi o primeiro a reconhecer a utilidade clínica das impressões digitais dos dedos e palma das mãos e em 1936, relatou que os pacientes com Síndrome de Down apresentavam características específicas dos seus dermatóglifos.

O estudo sobre o desenvolvimento dos dermatóglifos no feto é difícil e ainda insuficiente. Sabe-se que a sua formação se dá no 3º e 4º mês de vida fetal e que distúrbios do crescimento nesta etapa de desenvolvimento podem distorcer o alinhamento das saliências cutâneas, quando as mãos e os pés forem envolvidos. Todas as variações que ocorram no contorno das mãos e dos pés vão, invariavelmente e independente da causa, determinar algum grau de distorção. Com 16 semanas as saliências cutâneas estão formadas, e após este período, parece não haver alteração na sua estrutura ou conformação, permanecendo desta forma, inclusive, por algum tempo após a morte (CUMMINS e MIDLO, 1995).

A epiderme fetal é inicialmente uma camada fina e macia, tanto na sua porção mais profunda quanto na porção mais superficial. Através da contínua proliferação celular a epiderme torna-se gradualmente mais espessa e o modelo papilar da derme e epiderme é alcançado. Sendo assim, as saliências cutâneas não aparecem na superfície da pele até a 18ª semana de gestação. O seu aparecimento inicia-se na superfície palmar das falanges distais, depois na palma das mãos e finalmente na planta dos pés.

A percepção ou visualização dos dermatóglifos e pregas cutâneas no recém-nascido ocorre da região distal para a proximal na região plantar, sendo a região do calcanhar a última a evidenciar os sulcos cutâneos (CUMMIN e MIDLO, 1995).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Em março de 2000 deu-se início ao projeto *FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* através da cooperação entre os Departamentos de Pediatria e de Informática da UFPR, pelo grupo IMAGO de visão computacional, processamento de imagens e computação gráfica.

Trata-se de um estudo prospectivo, realizado na Unidade de Neonatologia e Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, centro de referência para gestações de alto risco da cidade de Curitiba e região metropolitana, com um atendimento médio de cerca de 1500 a 2000 recém-nascidos vivos ao ano.

A Unidade Neonatal é subdividida em Unidade de Alojamento Conjunto, Unidade de Risco Intermediário, Alto Risco e UTI Neonatal, onde os recém-nascidos são atendidos ou internados, conforme a indicação e gravidade.

O trabalho foi desenvolvido cumprindo algumas etapas iniciais, quais sejam:

- a) A escolha do equipamento de aquisição de imagem;
- b) A revisão da técnica de impressão plantar na sala de parto;
- c) O desenvolvimento do banco de dados do Sistema FootScanAge;
- d) O desenvolvimento do módulo de processamento de imagens do Sistema FootScanAge;
- e) A entrada de dados e análise dos resultados.

4.1 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1.1 Escolha do Equipamento de Aquisição de Imagem

Para obter a imagem digitalizada da superfície plantar do recém-nascido algumas técnicas foram testadas: digitalização da superfície plantar com escaner de mão, fotografia digital e digitalização da impressão plantar em papel através de escaner de mesa.

Os exames de aquisição de imagens foram realizados somente em recém-nascidos em boas condições clínicas, com saturação de oxigênio no sangue acima de 93% medida pela oximetria de pulso, selecionados pela equipe médica e de enfermagem e estando o pesquisador, também neonatologista, de acordo com a avaliação clínica do recém-nascido. Todos os exames foram feitos somente pelo pesquisador, utilizando luvas cirúrgicas estéreis após lavagem adequada das mãos.

4.1.1.1 Digitalização da superfície plantar com escaner de mão

Para a aquisição da imagem da superfície plantar, os equipamentos constituídos por um microcomputador (processador Intel® Pentium®4; 2,80 GHz; HD 60 GB; memória SDRAM de 512 MB) e escaner de mão Hewlett-Packard®, foram levados à Unidade Neonatal e colocados à beira do leito do recém-nascido. A superfície plantar do recém-nascido era exposta através da portinhola da incubadora e o pé segurado gentilmente pela mão do pesquisador. Após assepsia do equipamento, o escaner de mão era passado lentamente e com leve compressão pela superfície plantar do recém-nascido até a obtenção da imagem completa.

O exame foi imediatamente interrompido em recém-nascidos que apresentaram diminuição de dois pontos da saturação de oxigênio no sangue, medida pela oximetria de pulso, nos que evidenciaram desconforto excessivo pela ocasião do exame, expressado por choro; ou ainda, pela observação de aquecimento do equipamento. Em nenhum recém-nascido houve diminuição de saturação significativa (menor que 91%), retornando aos níveis anteriores rapidamente após a interrupção do exame.

4.1.1.2 Fotografia digital

Para a fotografia digital foi utilizada uma câmera digital Canon® Power Shot S230. A superfície plantar do recém-nascido foi exposta da mesma forma, por um profissional médico ou de enfermagem da equipe, após lavagem adequada das mãos e colocação de luvas cirúrgicas estéreis. O pesquisador médico realizava então a tomada de algumas fotografias, estando sempre de frente para a

superfície plantar e buscando as mesmas condições de inclinação, distância e iluminação.

4.1.1.3 Digitalização da impressão plantar obtida em papel couchet através de escaner de mesa

A imagem da superfície plantar realizada rotineiramente na sala de parto era digitalizada através de escaner de mesa Hewlett-Packard® PSC 1210, com resolução de 200 dpi e em formato bmp, armazenando assim a imagem sem nenhum tipo de compressão ou perda.

A avaliação das imagens obtidas foi realizada pelo Grupo de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens (IMAGO).

4.2 A Revisão da Técnica de Impressão Plantar na Sala de Parto

A partir de fevereiro de 2002 até junho de 2003, a equipe de enfermagem do Centro Obstétrico foi orientada sobre os aspectos técnicos corretos e utilização de material adequado para a tomada de impressão plantar dos recém-nascidos na ocasião de seus nascimentos (KAKUDA, 1977).

Além de orientação verbal, foi entregue a orientação por escrito e conferido todo o material necessário para a realização da técnica sugerida por KAKUDA, em 1974. Alguns itens referentes ao material já estavam disponíveis no Centro Obstétrico, tais como tinta apropriada para impressão digital, rolo tipográfico e prancheta, sendo fornecido o papel *couchet* para a tomada de uma impressão plantar inicial a mais, além das realizadas rotineiramente em prontuário médico e carteira do recém-nascido. Em relação à técnica recomendada, todos os passos foram sugeridos, com exceção apenas da orientação sobre a limpeza da superfície plantar, sobre a qual foi recomendada sua realização apenas com algodão embebido em água estéril.

Os critérios de legibilidade foram considerados baseados nos critérios de KAKUDA (1977) com o objetivo de identificação dos recém-nascidos (Quadro 9) e nos critérios do *Método FootScanAge*, baseado nos critérios de KAKUDA (1977), quando o objetivo foi o de identificação da idade gestacional (Quadro 10). Este segundo critério leva em consideração os aspectos mais relevantes para a identificação

da idade gestacional do recém-nascido, quais sejam, o contorno da superfície plantar e a nitidez das saliências e sulcos cutâneos, requisitos indispensáveis para o processamento da imagem digital da superfície plantar pelo *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Os critérios de baixa legibilidade são divididos em maiores ou menores na dependência do comprometimento da imagem para o processamento digital e extração de características morfológicas. Os critérios menores incluem: a) ausência da imagem de um ou mais dedos; b) presença de duplo contorno discreto em região de calcanhar e; c) presença de duplo contorno discreto em região lateral da superfície plantar. Os critérios maiores incluem: a) presença de duplo contorno moderado em calcanhar ou região lateral da superfície plantar e; b) quantidade de tinta inadequada com imagem pouco clara ou pouco impregnada. Os critérios considerados como inaceitáveis com total ilegibilidade incluem: a) perda do contorno da superfície plantar; b) perda significativa da imagem da superfície plantar por tinta inadequada ou tomada incompleta da impressão plantar.

Quadro 9 – Critérios de legibilidade de acordo com KAKUDA (1977)

Critérios de Legibilidade de Kakuda	
Ótimo	É possível identificar a linha de flexão dos quatro últimos artelhos, o desenho do sistema central do primeiro artelho e trirrádios formados pelas linhas papilares da região halucal
Bom	É possível identificar o desenho do sistema central do primeiro artelho, o desenho e os trirrádios das linhas papilares da região halucal
Regular	É possível identificar o desenho ou trirrádios formados pelas linhas papilares da região halucal
Borrão	Não é possível identificar nenhum elemento

Quadro 10 – Critérios de legibilidade de acordo com o *Método FootScanAge*

	Critérios de Legibilidade do <i>Método FootScanAge</i>
Otimo	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, ausência de dupla imagem em calcanhar ou região lateral do pé, quantidade de tinta adequada, sem impregnação excessiva ou perda de imagem
Bom	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de apenas 1 dos critérios menores de baixa legibilidade
Regular	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença dos dois critérios menores de baixa legibilidade
Ruim	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de critérios maiores de baixa legibilidade
Ilegível	Não é possível identificar todo o contorno da superfície plantar, presença de critérios inaceitáveis para o processamento da imagem digital

Após este período, as impressões plantares tomadas em papel *couchet* foram recolhidas para análise de legibilidade. Os recém-nascidos com malformações, inclusive os com mal formações envolvendo os pés foram excluídos do estudo.

4.1.3 O Desenvolvimento do Sistema Footscanage para Determinação da Idade Gestacional

A partir de agosto de 2000 foi iniciado o *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, sendo a equipe constituída pelos autores, que passaram a realizar reuniões sistemáticas para o desenvolvimento do sistema informatizado de apoio a Neonatologia. Este trabalho sistemático serviu para a formação do alicerce e da sedimentação dos conhecimentos médicos e de informática, intercambiados pelos integrantes da equipe, para possibilitar o desenvolvimento do sistema.

Inicialmente o *Método FootScanAge* foi apresentado e discutido até o perfeito entendimento dos profissionais de informática, assim como os conhecimentos da área foram intensivamente abordados e estudados para o entendimento do profissional médico. O desenvolvimento do módulo de banco de dados (GORGA, 2001) e módulo de processamento de imagens (SEVERICH, 2002) foi acompanhado em todas as etapas pelo profissional médico, com os devidos ajustes dos pontos necessários.

4.1.3.1 Desenvolvimento do módulo de banco de dados

Para o desenvolvimento do módulo de banco de dados (GORGA, 2001), a primeira etapa foi constituída pela caracterização do problema e seleção dos dados integrantes do banco, passando pela interação e discussão detalhada com inúmeras visitas do analista de sistemas CRISTÓVÃO NUNES GORGA ao Hospital de Clínicas e à Unidade Neonatal, até perfeito entendimento do fluxograma de atendimento dos recém-nascidos e preenchimento dos dados selecionados, assim como entendimento de cada campo inserido no programa, possibilitando a elaboração de um sistema adaptado à realidade do usuário. Esta etapa foi marcada pela sempre pronta colaboração da Prof^a REGINA VIEIRA CAVALCANTI e SILVA¹ da Disciplina de Neonatologia – Departamento de Pediatria, UFPR.

Os protótipos inicialmente elaborados em plataforma Access (*Microsoft® Access 1997*) foram sendo progressivamente testados pelos dois profissionais, através da entrada simulada de 100 casos, com as correções pertinentes de semântica, aplicabilidade, praticidade, funcionabilidade, facilidade de entrada dos dados, avaliação de consistência^u, campos obrigatórios^v, máscaras de entrada^w, inserção de caixas de seleção e de combinação^x e qualidade de recuperação de informações e dos relatórios gerados.

Os campos que constituíram a primeira versão foram distribuídos em telas de acesso para o usuário, tendo início pela tela de apresentação do sistema (Figura 4).

¹ Prof^a Regina Vieira Cavalcanti e Silva – Chefe do Serviço de Neonatologia – Departamento de Pediatria – UFPR.

^u Consistência dos dados – redundância de dados controlada.

^v Campos obrigatórios – aqueles campos de inserção cuja entrada de dados é obrigatória.

^w Máscaras de entrada – propriedade de um campo de inserção de dados onde se define caracteres que podem ficar fixos no campo para facilitar a digitação do usuário.

^x Caixas de seleção e de combinação – apresentam listagem de informações ou dados que podem ser selecionadas pelo usuário.

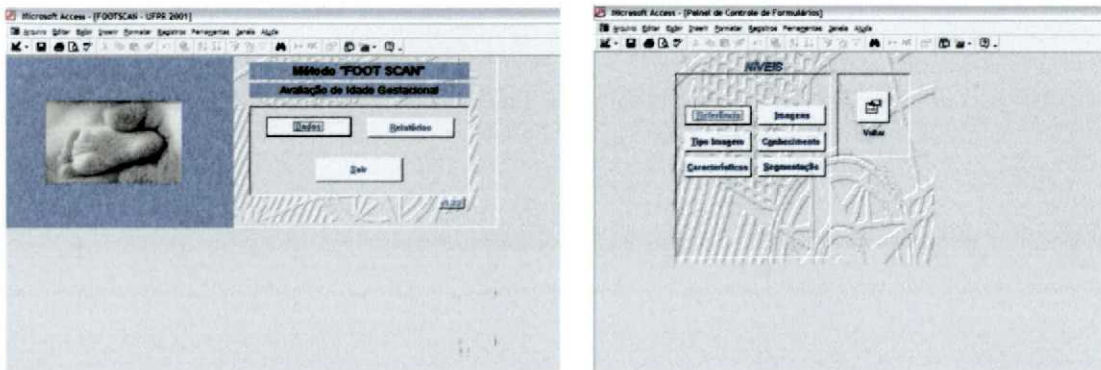


Figura 4 – Ilustração da tela inicial de apresentação do módulo de banco de dados (a) e tela secundária de acesso aos diferentes tipos de informações

Desta tela inicial o usuário pode ter acesso a duas funções principais: de entrada ou consulta de dados e de relatórios. Acionando o botão de “dados” obtém-se acesso a uma tela secundária onde é possível acessar os seguintes níveis: referência, conhecimento, imagens, tipos de imagens, características e segmentação.

Nível de Referência

O acesso a este nível permite a possibilidade de visualização ou entrada de dados do binômio mãe-filho, distribuídos em dados de identificação, dados maternos e dados do recém-nascido. Os dados de identificação incluem as informações referentes aos nomes da mãe e do recém-nascido e seus respectivos registros no Hospital de Clínicas, data de entrada e número da ficha, e tempo de internação, automaticamente calculado ao final do preenchimento da ficha do paciente. Os dados maternos incluem todas as informações relevantes referentes aos dados de pré-natal: idade, realização de pré-natal, número de consultas, informações sobre o número de gestações, partos normais, partos cesárea, abortos anteriores, data da última menstruação, data provável do parto (automaticamente calculada), gestação única ou gemelar, uso de anticoncepcionais e certeza da data da última menstruação. É possível também registrar os dados de ultra-sonografias realizadas, com especificação de algumas medidas de biometria fetal e idade gestacional ecográfica correspondente.

As principais doenças maternas podem ser registradas através de botões de opção^y e um campo texto é destinado a anotações sobre outras doenças existentes. Algumas informações adicionais sobre o uso de corticoesteróides e a época de realização da última dose, assim como a presença e tempo de ruptura da bolsa amniótica também podem ser incluídos. Esta parte do formulário termina com as informações referentes ao parto, no que se referem a sua indicação, tipo de parto, existência de trabalho de parto e sua duração, e apresentação fetal.

Os dados do recém-nascido incluem a data e horário de nascimento, peso, notas ao boletim de Apgar (APGAR, 1953), estado nutricional e necessidade de ressuscitação cardiopulmonar na sala de parto. Esta versão inicial possibilita o registro das avaliações de idade gestacional realizadas pelos métodos de Capurro (CAPURRO, 1978), de Parkin (PARKIN, 1976), Dubowitz (DUBOWITZ, 1970), Ballard (BALLARD, 1979) e Ballard modificado (BALLARD, 1991), todos contemplados com os cálculos feitos automaticamente após o preenchimento dos campos com as respectivas notas de cada item dos escores. É possível também anotar algumas medidas, como a medida intermamilar e a medida do comprimento do pé do recém-nascido. Esta parte do formulário se encerra com informações sobre os principais diagnósticos do recém-nascido durante a internação, onde os campos de diagnósticos referentes à idade gestacional, peso de nascimento e estado nutricional são automaticamente preenchidos de acordo com as informações previamente digitadas no sistema, com a sua apresentação em níveis de classificação. Para a idade gestacional, são classificados automaticamente em recém-nascidos prematuros, extremamente prematuros, a termo ou pós-termo; em relação ao peso de nascimento em menores que 1000g, entre 1001 e 1500g, entre 1501 e 2000g; e maiores que 2000g; e finalmente, quanto ao estado nutricional, em recém-nascidos pequenos (PIG), adequados (AIG) ou grandes (GIG) para a idade gestacional. As informações finais referem-se a condição de saída do recém-nascido com alta hospitalar ou óbito (Figura 5a).

^y Botões de opção – ícones de navegação que ao serem acionados remetem o usuário para a seleção desejada.

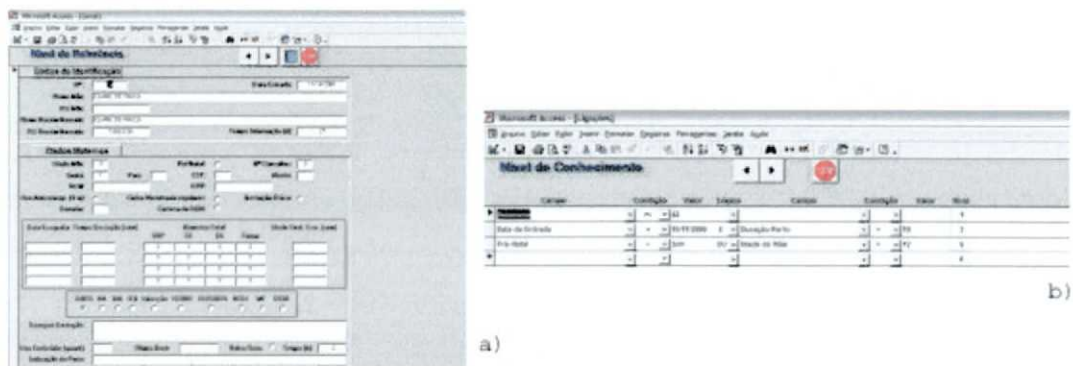


Figura 5 – Ilustração da tela no nível de referência (a) e de conhecimento (b)

Nível de Conhecimento

O acesso ao nível de conhecimento permite registrar o que caracteriza um dos aspectos peculiares da43 ferramenta desenvolvida, que consiste no que denominamos de “níveis de conhecimento”, capaz de propiciar o registro dos relacionamentos observados entre os diversos níveis relevantes de informações, organizadas de forma hierárquica, de acordo com o grau de importância estabelecido pelo especialista, sofrendo as alterações necessárias à medida que as hipóteses vão sendo comprovadas ou rejeitadas. Os conhecimentos estabelecidos passam a ser instrumentos úteis no processo de recuperação de imagens, possibilitando ao especialista a identificação de tendências e verificação das hipóteses formuladas no processo da pesquisa (Figura 5b).

Nível de Imagens, Tipo de Imagens, Características e Segmentação

O nível de imagens prevê a possibilidade do registro das informações referentes à imagem digital, meio de sua aquisição, momento e duração de sua realização, características clínicas da superfície plantar identificadas pelo especialista e sua interpretação, através da observação das características morfológicas e de preguçamento cutâneo. Na tela disponível, através do acionamento do botão “tipo de imagem”, é possível registrar o meio de aquisição da imagem digital, e nas telas de característica e segmentação são registradas as características da imagem extraídas pela ferramenta de processamento de imagens (Figura 6).

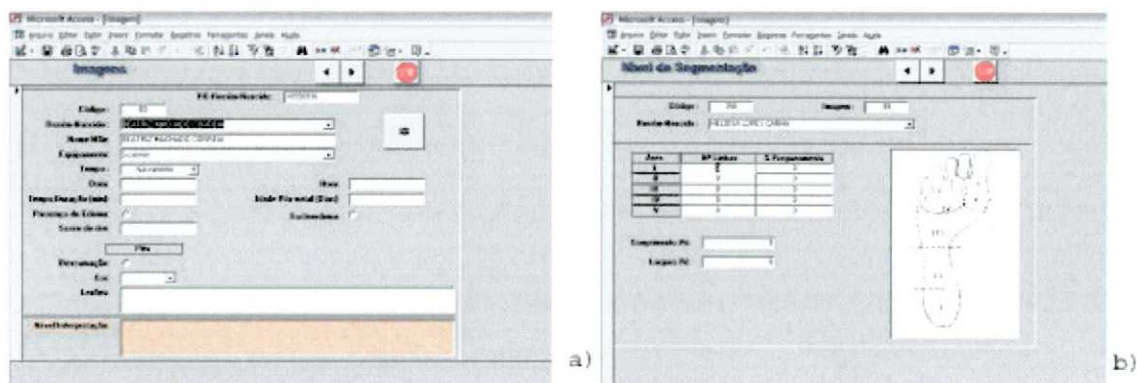


Figura 6 – Ilustração da tela no nível de imagens e segmentação

4.1.3.2 Desenvolvimento do módulo de processamento de imagens

O módulo de processamento de imagens, desenvolvido pelo Prof. MAURÍCIO SEVERICH (2001), com a importante colaboração do Prof. LUCIANO SILVA^z, foi marcado, da mesma forma, pela interação contínua com o especialista, por tratar-se do processamento de uma imagem médica de complexidade em termos de detalhes observados na superfície plantar do recém-nascido através de visão computacional, e

^z Prof. Luciano Silva – Professor colaborador do Departamento de Informática – UFPR.

sobre a qual era preciso um intercâmbio freqüente diante das inúmeras possibilidades de análise que foram se apresentando no decorrer da pesquisa. À premissa inicial sobre a contribuição das informações do pregueamento cutâneo da superfície plantar para a identificação da idade gestacional, somou-se as características morfológicas, obtidas no processamento das primeiras imagens testadas no aplicativo^{aa}.

Da mesma forma que no módulo de banco de dados, o protótipo inicialmente desenvolvido foi sendo testado e aperfeiçoado progressivamente, de acordo com os conhecimentos científicos e observações preliminares identificadas pelos profissionais médico e de informática envolvidos.

Com o objetivo de extrair as características da imagem digital da superfície plantar, o sistema foi desenvolvido em linguagem C++^{bb}, viabilizando a análise supervisionada da imagem em suas etapas de extração da região de interesse, redução de ruídos com preservação de bordas, detecção de sulcos cutâneos e medidas da imagem, com uma ampliação inicial, permitindo a melhor visualização das características da superfície plantar.

Etapa de Extração da Região de Interesse

A etapa de segmentação da imagem caracteriza-se pela identificação dos objetos de interesse em um sistema de análise de imagens. Pode-se considerar a segmentação como um processo que possibilita a extração de características relativas às formas contidas em uma imagem. As principais áreas de interesse dentro desta categoria são a detecção de pontos isolados, detecção de linhas e detecção de bordas de uma imagem.

As bordas são as principais referências utilizadas pela visão humana no reconhecimento de objetos e por isso, os sistemas de visão computacional sempre tentam analisar a imagem a fim de extrair esta característica.

^{aa} Aplicativo – programa que desempenha uma tarefa ou um conjunto delas.

^{bb} Linguagem C++ - linguagem de programação usada para escrever instruções para o computador.

Na fase inicial, o fundo da imagem é identificado através de binarização global^{cc} utilizando um limiar global automático^{dd} que pode ser modificado pelo usuário (Figura 7a).

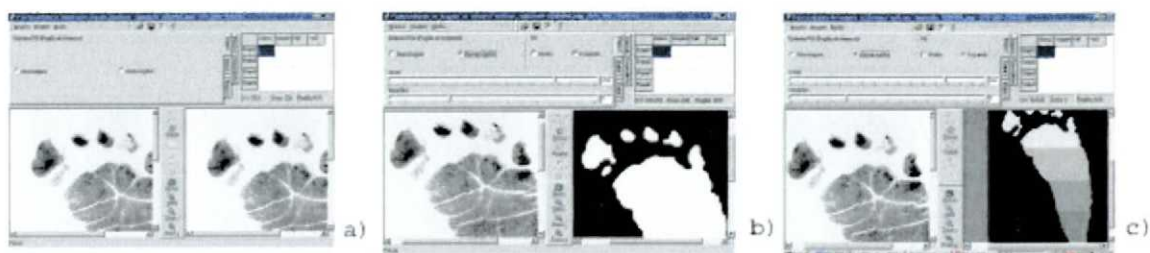


Figura 7 – Ilustração da etapa de extração da região de interesse: a) binarização global, b) fechamento morfológico, c) subdivisão nas regiões de interesse

Na imagem binária é aplicado então um processo de fechamento morfológico^{ee} (Figura 7b), conectando as regiões e delimitando a superfície plantar. Posteriormente o sistema realiza automaticamente a subdivisão da superfície plantar nas regiões de interesse (Figura 7c), conforme os critérios estabelecidos baseado na divisão morfológica de Cummins (CUMMINS, 1995) (Figura 8a) e no conhecimento prévio da progressão do pregueamento cutâneo, no sentido halucal em direção ao calcâneo (CAPURRO, 1978) (Figura 8b).

^{cc} Binarização global - tornar uma imagem qualquer binária, ou seja, somente dois valores de intensidade são permitidos: 0 e 1, ou preto e branco.

^{dd} Limiar global automático – uso de um único valor de limiar para processar toda a imagem.

^{ee} Fechamento morfológico – operação morfológica utilizada para preencher os pequenos buracos e conectar regiões próximas, permitindo identificar o contorno da região plantar.

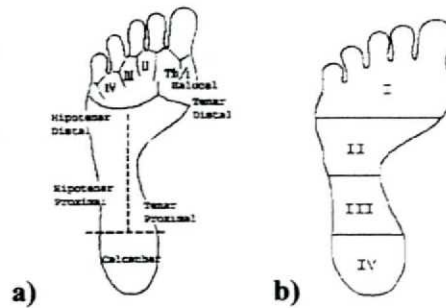


Figura 8 – Divisão morfológica da superfície plantar sugerida por Cummins (a) e a sugerida pelo *Método FootScanAge* (b)

Etapa de Redução de Ruídos com Preservação de Bordas

A etapa de pré-processamento tem por finalidade otimizar a qualidade da imagem digitalizada sem, entretanto querer substituir a prioridade sobre o processo de aquisição da imagem, sobre o qual nenhum pré-processamento é superior.

Uma das principais tarefas nesta etapa foi a redução de ruídos^{ff} da imagem e assim, foi disponibilizado no sistema 3 tipos de filtros^{gg}: o NGIW (*New Gradient Inverse Weighted*) (WANG, VANUGCCI e LI, 1981), o filtro *Sensi-Edge* (*Edge-Sensitive Noise Reduction*) (ADELMANN, 1999) e o filtro com preservação de bordas, baseado na abordagem de Adelman (SEVERICH, 2002) (Figura 9).

^{ff} Ruído – toda energia elétrica ou eletromagnética que degrada a qualidade de sinais ou dados, podendo ocorrer em sistemas analógicos ou digitais. O ruído é uma informação indesejável que contamina, por exemplo, uma imagem.

^{gg} Filtros – Refere-se a filtragem espacial, também denominada processamento por máscara. Tipo de operação que pode ser utilizada para remoção de ruídos em imagens digitais.



Figura 9 – Ilustração da tela de seleção da imagem digital da superfície plantar e etapas de pré-processamento

Etapa de Segmentação da Imagem

Para a detecção de bordas da imagem da superfície plantar foi desenvolvido um método de crescimento de regiões, baseado no algoritmo de NIBLACK (1986). Este método utiliza limiares locais e informações estatísticas da imagem para rotular os pixels^{hh} de pregueamento da região plantar (Figura 10a). Os sulcos cutâneos são assim selecionados e após validação pelo usuário, a imagem passa por um processo de afinamento automático com a obtenção de uma imagem com o isolamento somente dos sulcos plantares (Figura 10b). Para obtenção deste afinamento foi aplicado o algoritmo de BELLON e SILVA (2002), baseado na definição do eixo médio dos segmentos de pregueamento e em um conjunto de elementos estruturantes de morfologia matemáticaⁱⁱ.

A ferramenta de processamento de imagem superou as expectativas no que se refere ao detalhamento dos sulcos plantares neonatais, e neste momento houve necessidade de reflexão sobre qual direção tomar em relação à pesquisa. É possível lembrar algumas reuniões em que nos perguntamos

^{hh} Pixels – Abreviação de elemento da imagem. Denominação técnica para o menor elemento constituinte de um imagem digital.

ⁱⁱ Morfologia matemática – área do processamento de imagens que leva em consideração a análise do formato dos objetos contidos em uma imagem.

quais os sulcos cutâneos mereciam as primeiras análises e que aspectos deveriam ser avaliados: comprimento, ramificações, direção, profundidade, localização? Neste momento a partir da observação médica detalhada de todas as imagens originais, identificamos e formulamos a segunda hipótese que passamos a estudar, qual seja, de que não somente o pregueamento cutâneo, mas a conformação da superfície plantar tem correlação com a idade gestacional e que as curvaturas lateral e medial são marcadores de maturação com o delineamento da região do calcanhar.

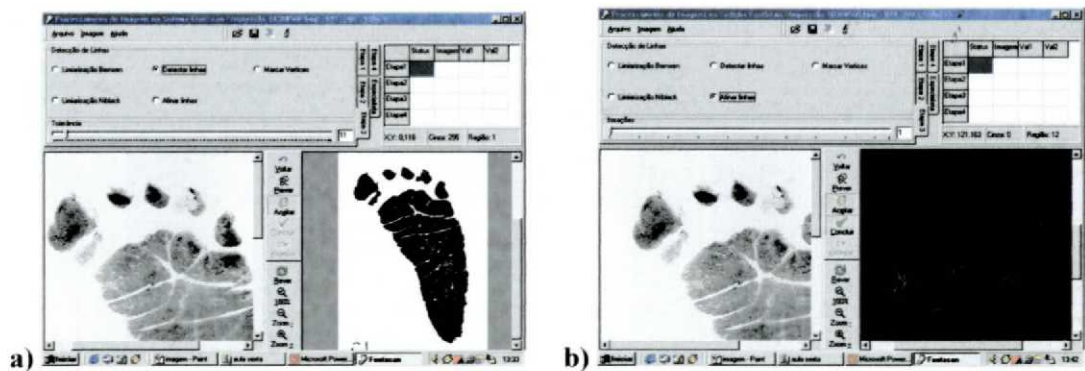


Figura 10 – Ilustração do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* na etapa de detecção dos sulcos cutâneos (a) e afinamento, isolando somente a imagem das linhas (b)

Etapa de Medidas da Imagem

A partir desta hipótese, as medidas da imagem passaram a ser foco de maior atenção, especialmente no que se refere à percepção deste aspecto morfológico de delineamento do calcanhar. Matematicamente, o Prof. MAURÍCIO SEVERICH estabeleceu na ferramenta a medida denominada como “área de ocupação”, calculada através da área ocupada pela superfície plantar em seu menor retângulo envolvente, possibilitando assim a avaliação e verificação da hipótese formulada. Outras medidas de igual importância permitem a avaliação da hipótese inicial, possibilitando o cálculo da percentagem de pregueamento da superfície plantar como um todo e de cada região de interesse, a fim de verificar de uma forma mais objetiva se a impressão que temos clinicamente e que compartilhamos com a hipótese inicial de CAPURRO, desde 1970, realmente se faz e como acontece (Figura 11).



Figura 11 – Ilustração do Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional na etapa de realização de medidas da imagem (a) e seleção de uma das linhas (b).

4.1.3.3 Expansão e remodelagem do banco de dados – Um prontuário eletrônico neonatal

A continuidade da pesquisa revelou a necessidade da incorporação de um maior número de informações, com maior nível de detalhamento, especialmente das condições clínicas do recém-nascido nos momentos de avaliação da idade gestacional, necessitando para isto de uma ampliação da base de dados. Esta ampliação direcionou os estudos para a remodelagem do banco de dados, com acréscimo de inúmeras variáveis de caracterização materno-neonatal, migração para uma plataforma não-proprietária e mais robusta e criação de uma interface Web, atingindo assim, mais um dos objetivos estabelecidos no projeto. Este trabalho constitui-se no motivo de monografia de especialização do aluno do Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Paraná, RODRIGO ÁVILLA ZANDEVALLI, intitulada *Desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados Orientado a Web para o Sistema FootScanAge*, sob orientação da Prof^a JERONIZA MARCHAUKOSKI, a ser apresentada no Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná, em novembro de 2003.

4.1.4 A Entrada de Dados e Análise de Resultados

Foram incluídos no *Sistema FootScan Age* dados de 187 recém-nascidos, atendidos na Sala de Parto da Maternidade do Hospital de Clínicas da UFPR no período de maio a julho de 2002, que apresentaram legibilidade de impressão plantar, constituindo-se em uma amostra “piloto”, com o objetivo de testar a Teoria FootScan Age para Determinação da Idade Gestacional, para permitir assim a continuidade da pesquisa.

Para fins de análise, os recém-nascidos foram classificados de acordo com sua idade gestacional em 3 grupos:

- Grupo I = recém-nascidos com idades gestacional ≤ 30 semanas;
- Grupo II = recém-nascidos com idade gestacional com idade gestacional > 30 semanas e < 40 semanas;
- Grupo III = recém-nascidos com idade gestacional ≥ 40 semanas.

A idade gestacional considerada neste momento foi a obtida através do Método de Parkin (PARKIM, 1976) por ser a medida disponível em todos os casos e por se tratar de uma amostra predominantemente de recém-nascidos à termo, atendendo ao objetivo de testar a hipótese inicial de viabilidade do Método FootScan Age.

Os recém-nascidos com malformações, inclusive os com malformações envolvendo os pés, aqueles sem nenhuma informação sobre a idade gestacional e com impressão plantar ilegível foram excluídos do estudo.

4.2 APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

O Projeto FootScanAge foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, com registro de nº 2003012825 no Sistema de Banco de Pesquisas (BANPESQ) (Anexo 2).

As técnicas de aquisição de imagem da superfície plantar foram detalhadamente explicadas para o responsável pelo recém-nascido (pai e/ou mãe e/ou avó) e realizadas na presença do médico e equipe de enfermagem responsável pelo atendimento do recém-nascido após o consentimento livre e informado.

As imagens de superfície plantar utilizadas para testar o sistema foram coletadas dentro dos procedimentos de rotina do atendimento neonatal sendo apenas tomada uma impressão plantar extra em papel *couchet*, sendo dispensada assim, a aplicação do termo de consentimento.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

De acordo com as características da pesquisa, objetivos estabelecidos, referências da literatura e prévios conhecimentos científicos, estimamos o tamanho da amostra considerando um erro de tipo I máximo de 5% (alfa) e erro do tipo II máximo de 10%, com um poder de teste estimado mínimo de 80%.

Todos os dados selecionados para análise foram extraídos do Sistema FootScan Age e importados para o programa Statistica®. Os modelos de ANOVA e ANOVA Fatorial (ALTMANN, 1991) foram aplicados considerando a distribuição das variáveis e seu caráter independente, nas análises realizadas com o objetivo de comparar os três grupos de recém-nascidos classificados conforme sua idade gestacional e as medidas obtidas nas diferentes regiões da superfície plantar. Para avaliar o grau de associação entre duas variáveis contínuas foi aplicado o teste de correlação de Pearson, considerando os coeficientes de correlação acima de 0,60 como indicadores de correlação entre as variáveis. Para avaliar a significância estatística mínima estabelecida de 5% entre as frequências observadas foi aplicado o teste qui-quadrado de Pearson com correção de Yates (ALTMANN, 1991).

Em relação às técnicas de aquisição de imagem, por se tratar de uma avaliação descritiva, nesta etapa o estudo não permitiu nenhum tipo de análise estatística, mas a observação detalhada das experiências obtidas na realização dos exames.

Em relação a apresentação do sistema informatizado, de uma forma geral, os dados não

permitiram análise estatística, mas apenas análise observacional realizada pelos integrantes do projeto, com a finalidade de avaliar a funcionalidade do sistema, capacidade e velocidade de recuperação de dados e de processamento e extração de características da imagem. Para a análise específica da performance dos 3 filtros^{jj} de redução de ruídos^{kk} foi aplicada a ANOVA (ALTMANN, 1991), com nível mínimo de significância de 5% e poder de teste de 85%.

^{jj} Filtros – Refere-se a filtragem espacial, também denominada processamento por máscara. Tipo de operação que pode ser utilizada para remoção de ruídos em imagens digitais²⁰.

^{kk} Ruído – toda energia elétrica ou eletromagnética que degrada a qualidade de sinais ou dados, podendo ocorrer em sistemas analógicos ou digitais. O ruído é uma informação indesejável que contamina, por exemplo, uma imagem²⁰.

5 RESULTADOS

5.1 A ESCOLHA DO EQUIPAMENTO DE AQUISIÇÃO DA IMAGEM

5.1.1 A Imagem Digital da Superfície Plantar

A superfície plantar é um tipo de imagem médica especial e atípica, constituída por muitos detalhes que devem ser preservados na fase de processamento da imagem digital. Os principais problemas relacionados na análise destas imagens são: a grande variação de forma e tamanho dos pés e qualidade da imagem obtida, no que se refere as suas características próprias e aquelas geradas pelo processo de aquisição da imagem (artefatos).

Com a finalidade de minimizar estes problemas, vários equipamentos de aquisição digital da imagem foram testados: a) escaneamento da superfície plantar através de escaner de mão aplicado diretamente sobre a superfície plantar; b) fotografia digital da superfície plantar e; c) escaneamento da impressão plantar obtida na sala de parto em papel, através de escaner de mesa.

5.1.1.1 Digitalização da superfície plantar do recém-nascido com o escaner de mão

A experiência com a digitalização da superfície plantar com o escaner de mão evidenciou algumas dificuldades técnicas de aquisição da imagem como: a) velocidade de aplicação do escaner sobre a região plantar; b) compressão aplicada à região plantar; c) aquecimento do equipamento e conseqüente transferência de calor e; d) resposta do recém-nascido ao estímulo tátil da aplicação do escaner, que variou de mínima movimentação dos pés a episódio de insaturação leve, determinando interrupção do exame; e alterações na qualidade da imagem adquirida.

a) Velocidade de aplicação do escaner

A velocidade de aplicação do escaner de mão é um dos aspectos técnicos fundamentais na utilização deste equipamento. Na dependência da velocidade aplicada, a aquisição da imagem é, às vezes, até automaticamente interrompida, em razão da baixa qualidade de imagem adquirida. No caso especialmente utilizado, região plantar do recém-nascido, a este fato somou-se a movimentação dos pés determinada pelo estímulo tátil, levando à outras alterações na imagem obtida (Figura 1c, 1f).

b) Compressão aplicada

Algumas alterações na qualidade da imagem foram relacionadas ao grau de compressão aplicado durante o exame. Na dependência desta variável observamos desaparecimento de alguns sulcos cutâneos (Figura 1b, 1d).

c) Aquecimento do equipamento

O escaner de mão apresenta um grau de aquecimento proporcional ao tempo em que está em funcionamento. O aquecimento observado durante sua utilização foi considerado leve, em situações de exames mais demorados, determinando, mesmo assim, interrupção do exame diante de aquecimentos mínimos.

d) Estímulo tátil

A aplicação do escaner de mão sobre a região plantar do recém-nascido representou um estímulo tátil adicional, determinando reações variáveis nos recém-nascidos. Estas reações incluíram movimentação mínima dos pés; movimentação ativa de membros inferiores; movimentação ativa do recém-nascido (membros inferiores, superiores e de cabeça); movimentação ativa do recém-nascido e choro; e em algumas situações, variações de saturação de oxigênio no sangue observadas através de

oxímetria de pulso. A observação de variação da saturação de oxigênio no sangue, definida como diminuição de pelo menos 2 pontos, determinou interrupção imediata do exame, com observação de recuperação imediata após interrupção do manuseio.

e) Qualidade da imagem

As variáveis citadas determinaram baixa qualidade da imagem adquirida através desta técnica. Verificamos através destas observações que a digitalização da imagem da superfície plantar com o escaner de mão não deve ser utilizado para a aquisição de imagem digital da região plantar do recém-nascido por ser uma técnica que, para este fim, representa um estímulo tátil para o recém-nascido, que pode causar alterações que variam desde interferência no seu estado de repouso até insaturação, além da obtenção de imagens de baixa qualidade.

Na Figura 12a observamos um exemplo da melhor imagem obtida com o escaner de mão. Na Figura 12b, 12c, 12d, 12e e 12f observamos a alterações nas imagens obtidas, decorrentes das dificuldades técnicas citadas.

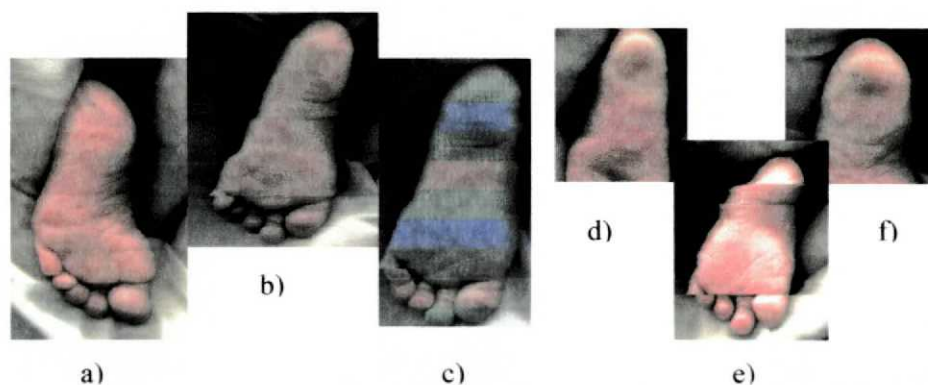


Figura 12 – a) Melhor imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de escaner de mão; b) alteração da imagem decorrente de compressão e interrupção da aquisição da imagem; c) alteração de coloração decorrente do tempo de aplicação do escaner; d) compressão excessiva evidenciada na área de calcanhar; e, f) perda de parte da imagem por variação na velocidade de aplicação do escaner

5.1.1.2 Fotografia digital

A utilização de máquina fotográfica digital para aquisição de imagem, da mesma forma, evidenciou outras dificuldades técnicas tais como: a) padronização de posição da região plantar; b) incidência, luminosidade e distância da câmera em relação à região plantar do recém-nascido; c) interferência na qualidade da imagem gerada por movimentação espontânea do recém-nascido.

a) Padronização de posição da região plantar

Para procurar manter a mesma posição da região plantar para a fotografia, com o uso de luvas cirúrgicas estéreis, o pé do recém-nascido era segurado entre os dedos indicador e médio, de forma que a região plantar ficava sobre a palma da mão de um auxiliar para a tomada da fotografia.

O manuseio, apesar de cuidadoso, representou algumas vezes um estímulo tátil suficiente para determinar movimentação dos pés, interferindo na qualidade da imagem obtida.

b) Incidência, luminosidade e distância da câmera e; c) Interferência na Qualidade da Imagem

Observamos, nas fotografias obtidas, diferenças nas imagens determinadas por variações de incidência, luminosidade e distância da câmera em relação à região plantar. Foi realizada a consulta e solicitada a presença de um fotógrafo profissional para a realização de alguns testes, que confirmou a dificuldade na padronização destas variáveis. A Figura 13 traz um exemplo de fotografia digital da região plantar.



Figura 13 – Imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de máquina fotográfica digital

5.1.1.3 Digitalização da impressão plantar realizada em papel couchet na sala de parto através de escaner de mesa

Outra forma testada foi a aquisição da imagem através de escaneamento da impressão plantar em papel, realizada rotineiramente na sala de parto, através de escaner de mesa. Para isto, foram utilizadas inicialmente, as impressões plantares tomadas na sala de parto na ficha clínica do recém-nascido. Nesta ocasião observamos a má qualidade de imagem obtida, com dificuldades na identificação das saliências e sulcos plantares, linhas de flexão e, às vezes, até no tamanho e forma dos pés (Figura 14).



Figura 14 – Imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de escaner de mesa utilizando a impressão plantar em papel obtida na sala de parto

A técnica de impressão plantar foi avaliada, resultando em uma revisão do assunto para identificação de problemas técnicos na sua realização. A partir de então, a realização da técnica de Kakuda (KAKUDA, 1977) passou a ser enfatizada e o material adequado disponibilizado, resultando na obtenção de melhores impressões plantares.

A imagem digital adquirida através de escaneamento da impressão plantar realizada na sala de parto foi considerada como a mais satisfatória para o processamento computacional e selecionada como a imagem de escolha para utilização no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

5.2 A REVISÃO DA TÉCNICA DE IMPRESSÃO PLANTAR NA SALA DE PARTO

No período de fevereiro de 2002 a junho de 2003 foram registrados na Maternidade do Hospital de Clínicas 1690 nascimentos vivos. Foram recolhidas 1145 impressões plantares em papel couchet, representando 67,75% do total de nascimentos (Gráfico 2).

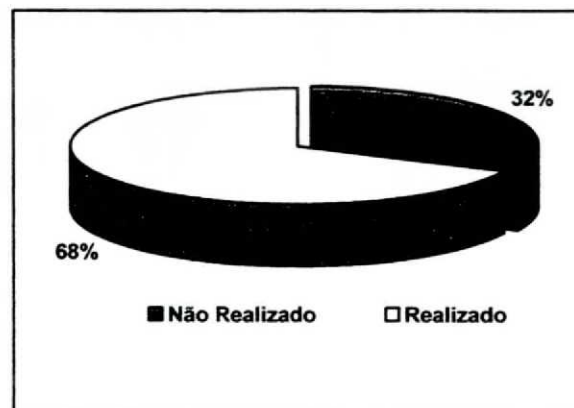


Gráfico 2 – Percentagem de nascimentos vivos na Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná com e sem realização da impressão plantar segundo a Técnica de Kakuda em papel *couchet*

Todos os recém-nascidos atendidos tiveram sua impressão plantar tomada em prontuário médico e em sua carteira de identificação, assim como todas as mães tiveram a tomada de sua impressão digital também registrada na ficha de atendimento do recém-nascido na sala de parto.

Embora a recomendação técnica seja de que a impressão plantar seja tomada do pé direito do recém-nascido, em 154 (13,45%) casos, foi utilizado o pé esquerdo.

Em relação à legibilidade das impressões plantares com finalidade de identificação digital, considerando somente as impressões plantares tomadas do pé direito, 395 (39,86%) foram consideradas como ótimas, 157 (15,84%) como boas, 187 (18,87%) como ruins e 252 (25,43%) como borrões (Figura 15).



Figura 15 – Impressão plantar do recém-nascido: a) ótima; b) boa; c) regular; d) borrão

Apesar da disponibilidade de material adequado no que se refere ao tipo de tinta utilizada, rolo tipográfico e papel especial, em 16 das 991 impressões plantares (1,61%) observamos que ainda foi utilizada a tinta azul de carimbo de escritório tomada em almofadas (Figura 16a).



Figura 16 – Impressão plantar do recém-nascido erroneamente tomada com tinta azul e almofada de carimbo de escritório (a), impressão plantar de recém-nascido tomada com tinta pastosa de impressão digital em papel comum (b) e em papel couchet (c).

Nas visitas feitas ao Centro Obstétrico para a verificação da realização do procedimento recomendado, em várias oportunidades observamos depoimentos da equipe de enfermagem externando

preferência pela utilização de tinta azul de carimbo de escritório, justificada pela maior facilidade de realização, menores problemas relacionados a contato das mãos com a tinta pastosa de identificação digital, e maior facilidade de limpeza do pé do recém-nascido após a tomada da impressão plantar.

Na avaliação da importância do tipo de papel utilizado para a tomada de impressões plantares, observamos uma diferença expressiva de nitidez e riqueza de detalhes na comparação das impressões plantares realizadas em papel comum e em papel *couchet* (Figura 16b e 16c).

Da mesma forma evidenciamos, através da observação de impressões plantares em prontuários médicos na seção de arquivo do Hospital de Clínicas realizadas há mais de 6 meses, a perda progressiva de nitidez da imagem da superfície plantar obtida, destacando a importância do uso de papel *couchet* para o melhor registro da impressão plantar.

Quando a legibilidade para identificação da idade gestacional de acordo com o *Método FootScanAge*⁸⁻¹⁴ foi considerada, obtivemos 51 casos com legibilidade ótima (5,14%), 288 boa (29,06%), 221 regular (22,30%), 173 ruim (17,45%) e 258 foram considerados ilegíveis (26,03%). Desta forma, apenas 560 impressões plantares (48,91%) apresentaram condições mínimas de processamento digital pelo sistema (Figura 17).



Figura 17 – Legibilidade das impressões plantares de acordo com o *Método FootScanAge*

Na Tabela 1 apresentamos a relação entre a legibilidade considerada para os dois propósitos, quais sejam, identificação e determinação da idade gestacional.

Critérios de Legibilidade		Método de Kakuda				Total
		Ótima	Boa	Regular	Borrão	
Método FootScanAge	Ótima	31	14	06	0	51
	Boa	173	48	52	15	288
	Regular	95	46	51	29	221
	Ruim	51	21	40	61	173
	Ilegível	45	28	38	147	258
	Total	395	157	187	252	991

$p < 0,0001$ - Teste qui-quadrado de Pearson para tendências lineares

Tabela 1 – Distribuição das impressões plantares de acordo com os critérios de legibilidade de Kakuda e do Método FootScanAge

Dados às diferenças de critérios e objetivos, observa-se que uma imagem que pode ser legível para identificação do recém-nascido pode ser ilegível para avaliação da idade gestacional (Figura 17d e 17e).

Dentre os aspectos observados, relacionados a erros técnicos na tomada de impressões plantares, destacamos o duplo contorno da imagem em região de calcanhar ou lateral do pé que ocorreu em 305 vezes (30,77%), a perda de parte da imagem em 94 vezes (9,49%), o borramento em 200 vezes (20,18%), ausência de tinta suficiente gerando uma impressão fraca em 184 vezes (18,57%), excesso de tinta em 80 vezes (8,07%) e falhas nas imagens em 147 vezes (14,83%) (Figura 18).



Figura 18 – Erros na técnica de tomada da impressão plantar: a) duplo contorno; b) perda de parte da imagem; c) excesso de tinta; b) falta de tinta suficiente; c) dupla imagem; d) ausência da imagem completa da superfície plantar

Foi surpreendente observar algumas tomadas de impressão plantar completamente ilegíveis (14,83%) denotando provavelmente a execução de um procedimento por simples rotina, de qualidade inaceitável, com tão pouca ou quase nenhuma tinta que não permitem nem reprodução. A Figura 19 ilustra algumas das impressões em que pelo menos se pode visualizar a má qualidade do procedimento.



Figura 19 – Ilustração de impressão plantar ilegível categorizada como borrão

5.3 O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA FOOTSCANAGE PARA DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL

Dos 187 casos seleccionados para análise, 17 pertenciam ao Grupo I com uma média de idade gestacional de $32,38 \pm 2,60$ semanas (min. = 27; max. = 34,5); 27 pertenciam ao Grupo II com uma média

de idade gestacional de $36,74 \pm 0,44$ semanas (min. = 36, max. = 37); e 142 pertenciam ao Grupo III, com média de idade gestacional de $39,78 \pm 0,90$ semanas (min. = 38,5; max. = 41,5).

As médias de peso de nascimento foram respectivamente $1519,31 \pm 644,30$ g (min. = 515g, max. = 3440g); $2272,96 \pm 479,77$ g (min. = 1245g, max. = 3390g) e $3196,54 \pm 408,24$ g (min. = 2015g, max. = 4420g).

O *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* permitiu a extração de características da superfície plantar dos recém-nascidos. O processo de binarização global se mostrou satisfatório para a seleção da região de interesse e o fechamento morfológico permitiu o delineamento correto da superfície plantar, possibilitando a realização das medidas estabelecidas de comprimento, largura, área e percentagem de pregueamento da superfície plantar como um todo, além das medidas específicas de cada região.

A subdivisão estabelecida pelo *Método FootScanAge* ocorreu de forma adequada e proporcionalmente aos diversos tamanhos e formas de superfície plantar incluídas no sistema, se ajustando perfeitamente a estas variações.

Os filtros aplicados permitiram maior qualidade da imagem sem haver, entretanto, perda de características. O padrão de formato de aquisição de imagem digital em bmp com resolução de 200 dpi possibilitou o detalhamento da imagem necessário para o processamento, com tamanho variando entre 300 e 500 Kb^{II}, bem suportados pelo sistema.

A detecção de pregueamento plantar superou as expectativas da hipótese inicial do estudo acerca da capacidade da visão computacional em identificar os sulcos e saliências cutâneas imperceptíveis ao olho humano, possibilitando inclusive a obtenção de uma imagem isolada somente do pregueamento plantar.

^{II} Kb – Kilobyte = 1000 bytes. Byte = 8 bits²⁰.

A disponibilização de interação do especialista nas etapas do processamento da imagem mostrou-se bastante útil e indispensável, possibilitando ajustes, variações e seleções fundamentais para a extração de suas características e seu armazenamento na base de dados.

5.4 A ENTRADA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Correlacionando a idade gestacional com as medidas de comprimento dos pés extraídos pelo sistema, obtivemos um coeficiente de correlação de 0,65 (Gráfico 3), indicando uma tendência de relação linear entre estas duas variáveis.

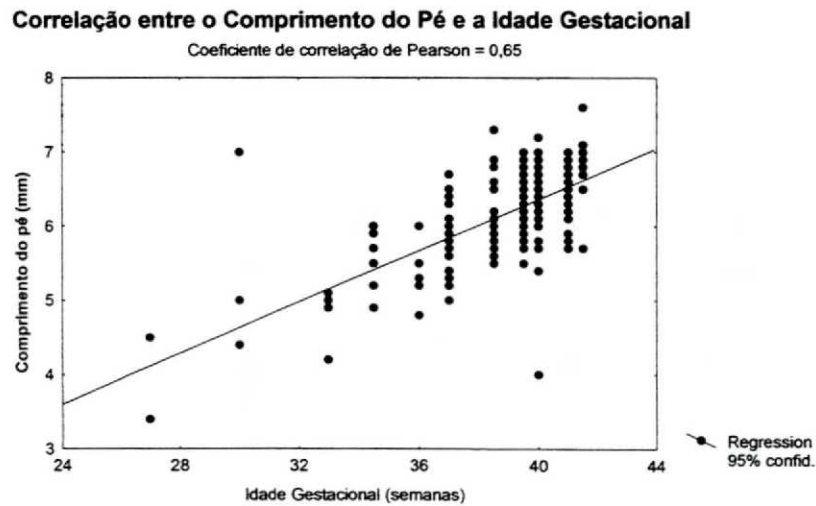


Gráfico 3 – Correlação entre as medidas de comprimento do pé e idade gestacional

Analisando as medidas de comprimento, largura e perímetro do pé observamos um aumento proporcional à idade gestacional, especialmente observado em relação à medida de comprimento do pé (Gráfico 4).

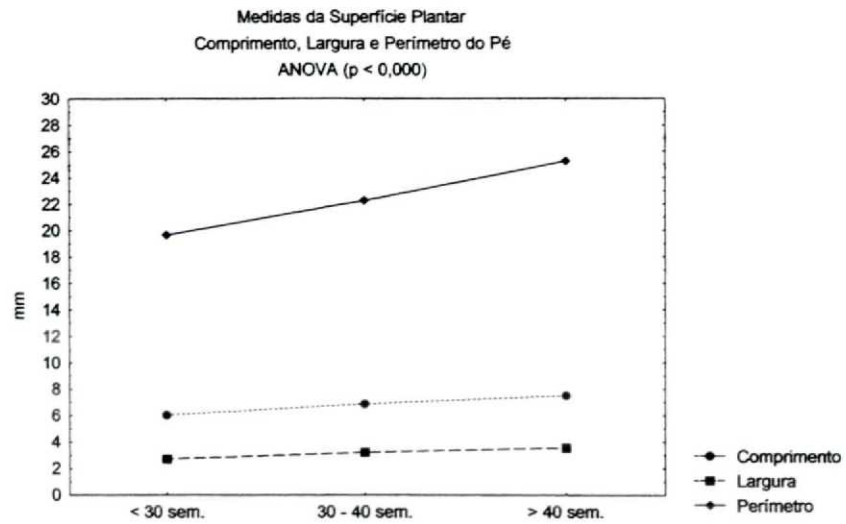


Gráfico 4 – Medidas da superfície plantar: comprimento, largura e área do pé

Analisando as 4 regiões da superfície plantar, definidas para o Método FootScan (I à IV) (Figura 20), observamos aumento da largura nas regiões I e II enquanto as regiões III e IV experimentaram variações de menores proporções (Gráfico 5).

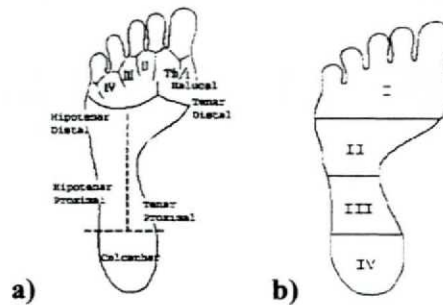


Figura 20 – Divisão morfológica da superfície plantar sugerida por Cummins (a) e a sugerida pelo Método FootScan Age (b)

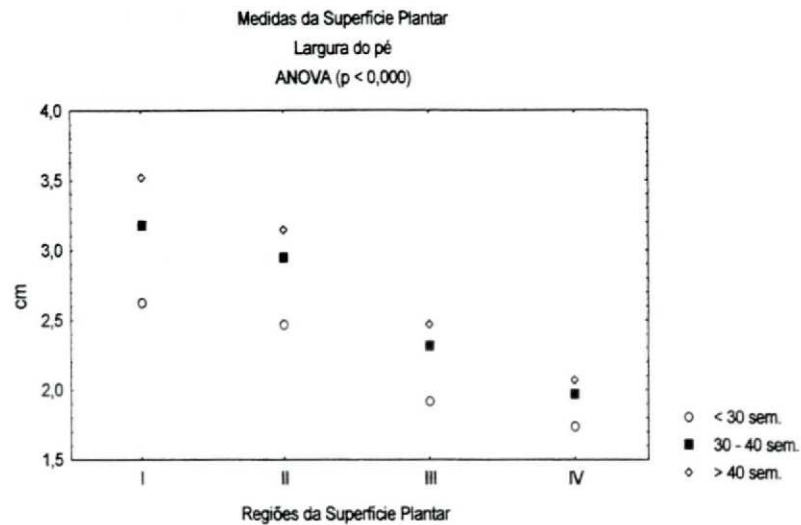


Gráfico 5 – Medidas da superfície plantar: largura nas regiões I à IV de acordo com as faixas de idade gestacional

Tomando-se como base o menor retângulo envolvente para o cálculo do que denominamos área de ocupação, observamos que nas regiões III e IV existe diminuição destes valores percentuais com o aumento da idade gestacional, evidenciando o delineamento da região do calcanhar (Gráfico 6). Embora não se observe diferença estatisticamente significativa na análise dos dois fatores simultaneamente, o valor de p entre as faixas de idade gestacional é próxima de significativa ($p = 0,11$) enquanto para as regiões é de 0,000. Este resultado indica que existe uma tendência para a ocorrência de menor percentagem de área de ocupação entre recém-nascidos à termo, especialmente das regiões III e IV e a análise da variância provavelmente não atinge significância estatística devido ao baixo número de recém-nascidos prematuros na amostra.

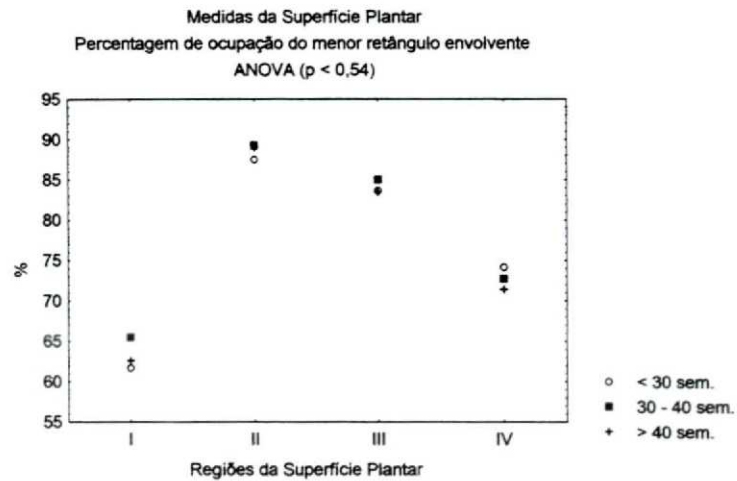


Gráfico 6 – Medidas da superfície plantar: percentagem de ocupação do menor retângulo envolvente nas regiões I à IV

A percentagem de pregueamento plantar aumentou progressivamente especialmente nas regiões II, III e IV (Gráfico 7).

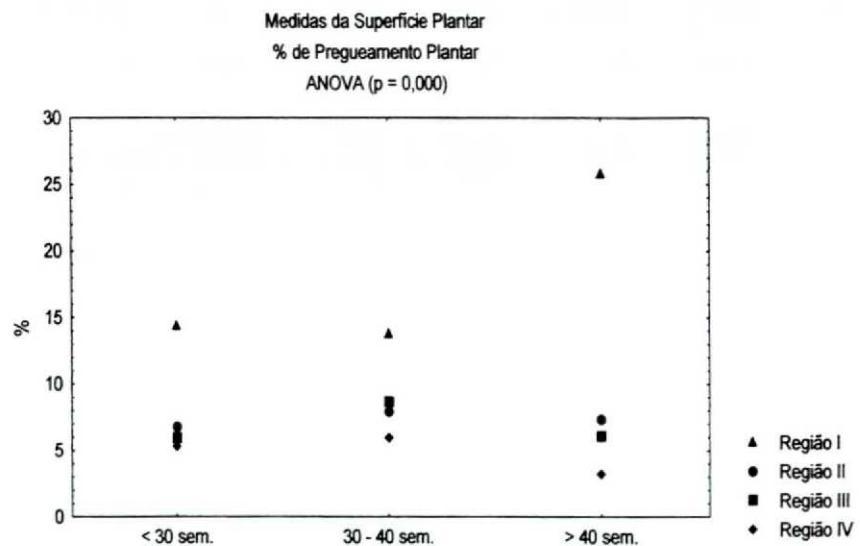


Gráfico 7 – Medidas da superfície plantar: percentagem de pregueamento.

Através das características extraídas pelo sistema e pela análise observacional das imagens digitais da superfície plantar obtidas, algumas considerações foram elaboradas com relação ao tamanho,

características dos sulcos plantares e percentagem de pregueamento nas diferentes faixas de idade gestacional.

Tamanho da Superfície Plantar

O tamanho dos pés do recém-nascido varia proporcionalmente com a idade gestacional, de forma que, observa-se que os pés dos recém-nascidos à termo são maiores que os de recém-nascidos pré-termos. Esta observação, descrita também por outros autores³⁴, é uma das características que devem ser correlacionadas com a idade gestacional (Figura 21a e 21b).



Figura 21 – Imagens de superfície plantar de um recém-nascido de 26 semanas (a) e 38 semanas (b) início do aparecimento da curvatura medial em um recém-nascido 30 semanas (c) e ausência de curvaturas lateral e medial em um recém-nascido de 27 semanas (d)

Área e Forma dos Pés

O formato da superfície plantar varia entre as diferentes idades gestacionais dos recém-nascidos permitindo a observação de diferentes padrões de conformação. Parece que as curvaturas medial e lateral se formam com o aumento da idade gestacional, delimitando finalmente a região do calcanhar. O recém-nascido prematuro não apresenta as curvaturas medial e lateral, que se formam na área III, e nem tampouco a caracterização da região do calcâneo (Figura 21c e 21c).

Observa-se, desta forma que, tomando como base o menor retângulo ocupado pela superfície plantar, o pé de um recém-nascido prematuro ocupa maior área deste retângulo do que um recém-nascido

à termo. O aparecimento das curvaturas medial e lateral vão progressivamente diminuindo a área III e delineando assim a região do calcanhar ou área IV. Observa-se, portanto, uma diminuição progressiva da área III que parece estar relacionada a maturação do recém-nascido (Figura 22a).



Figura 22 – Imagens de superfície plantar de um recém-nascido de 38,5 semanas ilustrando o aparecimento das curvaturas medial e lateral, com delineamento da região do calcanhar e diminuição da percentagem de ocupação do menor retângulo envolvente (a), superfície plantar de um recém-nascido de 27 semanas ilustrando o aparecimento da linha delimitadora das áreas I e II (b); superfície plantar de um recém-nascido de 32 semanas ilustrando o aparecimento da linha halucal (c)

Características dos Sulcos Plantares

Na observação do pregueamento plantar podemos identificar diferentes tipos de sulcos plantares:

1. Sulcos mais profundos e mais marcantes localizados entre as áreas da superfície plantar, os quais denominamos sulcos ou linhas delimitadoras de áreas da superfície plantar. Destacam-se as linhas delimitadoras entre as áreas I e II, entre as áreas II e III, entre as áreas III e IV e a linha que divide a área I em duas, identificando a área halucal, denominada assim de linha halucal.
2. Sulcos pouco menos profundos localizados nas áreas da superfície plantar;
3. Sulcos mais tênues que formam um pregueamento fino difuso.

Através da observação da superfície plantar de recém-nascidos de diferentes idades gestacionais, pode-se identificar inicialmente o aparecimento da linha delimitadora das áreas I e II que se

inicia a partir das porções laterais em direção ao centro da superfície plantar (Figura 22b). A linha halucal também é um dos primeiros sulcos identificados que parece se formar a partir da progressão da porção lateral da linha delimitadora das áreas I e II em direção à região apical (Figura 22c). Estas características podem ser observadas em imagens de superfícies plantares de recém-nascidos extremamente prematuros.

A linha delimitadora das áreas II e III aparece em seguida e está presente na superfície plantar de recém-nascidos prematuros, numa faixa de idade gestacional intermediária (Figura 23a) e finalmente observa-se a linha delimitadora das áreas III e IV em recém nascidos à termo (Figura 23b).



Figura 23 – Imagem da superfície plantar de um recém-nascido de 36 semanas ilustrando o aparecimento da linha delimitadora das áreas III e IV (a); Imagem da superfície plantar de um recém-nascido de 39,5 semanas ilustrando a presença de todos os tipos de sulcos plantares (b); Imagem da superfície plantar de um recém-nascido de 35 semanas ilustrando a presença de pregueamento difuso (c).

Os sulcos menos profundos parecem se formar nas áreas da superfície plantar após a sua delimitação pelas linhas anteriormente citadas. Os sulcos mais tênues ou o denominado pregueamento difuso (Figura 23c) pode ser observado em diferentes idades gestacionais.

Percentagem de Pregueamento

Uma das características observadas nas superfícies plantares de recém-nascidos de diferentes idades gestacionais é a percentagem de pregueamento plantar. Neste tipo de análise objetiva-se verificar, considerando todos os tipos de sulcos, a área total de pregueamento em toda a superfície assim como em

cada uma de suas áreas. Observa-se aumento do pregueamento plantar conforme o aumento da idade gestacional e uma tendência de sua progressão a partir da área I em direção à área IV ou calcanhar (Figura 24).



Figura 24— Imagens da superfície plantar de um recém-nascido de 37 semanas (a) e 39,5 semanas (b) ilustrando a progressão do pregueamento plantar da área I em direção à área IV

6 DISCUSSÃO

Com o advento dos computadores digitais de grande porte e início do programa espacial norte-americano houve um grande desenvolvimento na área de processamento de imagens. O uso de técnicas computacionais de aprimoramento de imagens teve início em 1964, quando as imagens da Lua transmitidas por uma sonda Ranger, eram processadas por computador, para corrigir vários tipos de distorção inerentes à câmera de TV acoplada à sonda (FILHO e NETO, 1999).

De 1964 aos dias atuais, a área de processamento de imagens vem apresentando crescimento expressivo e suas aplicações permeiam quase todos os ramos da atividade humana. Em Medicina, o uso das imagens no diagnóstico médico tornou-se rotineiro e os avanços no processamento de imagens vêm permitindo tanto o desenvolvimento de novos equipamentos quanto maior facilidade de interpretação de imagens. A capacidade de processar, por exemplo, imagens obtidas de microscópios, permitindo a contagem automática de células, facilita a execução, além de aumentar o grau de precisão e reprodutibilidade do exame (BOOKSTEIN, 1996; FILHO e NETO, 1999; DEGOULET e FIESCHI, 1999; BELLON e SILVA, 2002; DUNCAN, 2000).

Estes avanços sugerem que é possível se aproximar cada vez mais de dotar o computador de uma capacidade visual semelhante à dos seres humanos.

As imagens só podem ser processadas por computadores na forma de tabelas numéricas. Uma imagem bidimensional, por exemplo, é representada por uma tabela (x,y) e cada elemento da tabela corresponde a um pixel^{mm}. O tamanho do pixel define a resolução espacial da imagem. Para manter a qualidade de uma imagem de uma radiografia padrão, por exemplo, pixels menores que 0,2 x 0,2 mm são necessários (FILHO e NETO, 1999; DEGOULET e FIESCHI, 1999).

^{mm} Pixel - Abreviação de elemento da imagem. Denominação técnica para o menor elemento constituinte de um imagem digital.

O processamento digital de imagens pode ser utilizado assim, para aumentar a qualidade da imagem, corrigindo imperfeições, identificando parâmetros quantitativos de interesse clínico (medidas de superfícies, distâncias, etc.) e facilitando a interpretação de imagens (FILHO e NETO, 1999).

A análise de imagens envolve uma série de procedimentos, denominado processamento digital de imagens. Cada passo no processo depende do sucesso do passo anterior, do conhecimento e experiência do operador. Os passos incluem a) aquisição da imagem (imagem original); b) digitalização (transformação em imagem digital); c) pré-processamento da imagem (imagem restaurada); d) segmentação (isolamento de áreas da imagem); f) extração de parâmetros (representação e descrição) e; g) interpretação (análise e interpretação) (FILHO e NETO, 1999; DEGOULET e FIESCHI, 1999).

O *Sistema FootScanAge* apresenta um módulo de processamento de imagens com o objetivo de extrair as características da imagem da superfície plantar do recém-nascido, para contribuir desta forma para a determinação mais precisa da idade gestacional, proposta do *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Assim, um dos aspectos fundamentais é a disponibilização de uma imagem de qualidade adequada para que o processamento seja possível.

O primeiro equipamento utilizado para aquisição digital da imagem da superfície plantar foi o escaner de mão, que originou inclusive o nome do método e do sistema desenvolvidos (“*FootScan*”). Entretanto, os testes com a utilização deste equipamento permitiram identificar facilmente dois aspectos que inviabilizaram a sua utilização, de acordo com os propósitos estabelecidos pelo *Método FootScanAge*: manuseio adicional do recém-nascido e grande variação na qualidade das imagens obtidas, sendo a grande maioria, de péssima qualidade.

A fotografia digital foi o segundo equipamento testado, gerando imagens de qualidade muito superior e com menor manuseio do recém-nascido, mas sua utilização evidenciou a impossibilidade de controlar variáveis como incidência da fotografia, distância da câmera fotográfica, inclinação, iluminação e movimentação do recém-nascido.

As imagens digitais obtidas inicialmente da superfície plantar através de escaneamento da impressão plantar, mesmo tendo sido obtidas sem observação da técnica correta, se mostraram

extremamente superiores àquelas obtidas pelas técnicas anteriormente citadas, sendo muito mais ricas no detalhamento das características da superfície plantar e com uma vantagem fundamental dentro dos princípios básicos do *Método FootScanAge* – a ausência de qualquer manuseio adicional do recém-nascido.

A revisão da técnica de tomada da impressão plantar de Kakuda (KAKUDA, 1977) permitiu a obtenção de imagens ainda melhores, passando a ser este o método de escolha para aquisição de imagem digital da superfície plantar utilizada para o *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Entretanto, apesar da readequação da técnica correta de tomada de impressão plantar, cerca de 50% das imagens obtidas em 17 meses não foram passíveis de processamento digital, em decorrência de má qualidade da imagem. Desta forma, a busca por um método adequado de digitalização da imagem da superfície plantar continua, com o desenvolvimento de um equipamento de aquisição digital específico para o recém-nascido, permitindo assim a aquisição de uma imagem digital de alta resolução, de fácil aquisição, passível de armazenamento e processamento computacional para estas e outras finalidades, como a própria identificação do recém-nascido.

Descrita em 1977, a Técnica de Kakuda (KAKUDA, 1977) para tomada de impressões plantares em recém-nascidos inclui, além dos passos que devem ser seguidos para realização desta tarefa rotineira pelas equipes de enfermagem que atuam nas salas de parto, a especificação de materiais adequados para sua execução (PELÁ, MAMEDE e TAVARES, 1976; MAMEDE, PELÁ e SILVEIRA, 1978).

A técnica prevê que a superfície plantar do pé direito do recém-nascido deve ser inicialmente submetida à limpeza gentil com algodão embebido em substâncias lipossolúveis (benzina ou toluol). Posteriormente deve ser aplicada a toda superfície plantar, desde o calcanhar até a extremidade dos artelhos, tinta pastosa apropriada para impressões digitais através de rolo tipográfico para obter distribuição uniforme da tinta. Papel específico (papel *couchet* ou papel acetinado) deve ser colocado em prancheta ou placa de acrílico para a tomada da impressão plantar do recém-nascido, colocado em decúbito dorsal sobre a mesa de recepção, segurando-se firmemente a perna do recém-nascido com os dedos polegar, médio, anular e mínimo, ao nível da região tibio-társica, e o dedo indicador exercendo

pressão sobre o dorso do pé, para que fique em extensão (PELÁ, MAMEDE e TAVARES, 1976; MAMEDE, PELÁ e SILVEIRA, 1978; KAKUDA, 1977).

Embora a importância da observação técnica venha sendo enfatizada há mais de 40 anos, esta experiência e a de outros autores têm encontrado os mesmos resultados, com uma incidência excessivamente elevada de ilegibilidade das impressões plantares dos recém-nascidos tomadas na sala de parto (PELÁ, MAMEDE e TAVARES, 1976; MAMEDE, PELÁ e SILVEIRA, 1978; KAKUDA, 1977).

Todo o tipo de inobservância da técnica preconizada foi encontrado, como papel inapropriado, utilização de tinta e almofada de carimbo de escritório, ausência de limpeza da superfície plantar, aplicação inadequada de tinta e aplicação inadequada da superfície plantar sobre o papel; gerando imagens com borramento e duplicidade de contornos.

O erro da tomada de impressões plantares é sistemático e crônico e fica evidente a falta de importância dada a este procedimento por todos os profissionais de saúde envolvidos no atendimento de recém-nascidos. As imagens obtidas da superfície plantar na sala de parto, e registradas em prontuários médicos e carteiras de identificação de recém-nascidos, são vistas por todos os níveis de profissionais que atuam em hospitais, desde os funcionários responsáveis pelos registros e documentação dos pacientes, auxiliares de enfermagem, enfermeiras, médicos e professores.

Embora pareça tecnicamente fácil, a tomada correta da impressão plantar não é um procedimento assim tão simples. Existem algumas circunstâncias e situações, que de fato, dificultam a sua realização, como a movimentação da região plantar em flexão sob o estímulo tátil, tanto de aplicação da tinta quanto da compressão da superfície plantar sobre o papel, além das características da tinta pastosa para impressão digital, extremamente pegajosa e de difícil manuseio. O próprio papel *couchet*, por ser acetinado, exige um período maior de secagem deste tipo de tinta, propiciando borramento da imagem mediante qualquer manuseio do papel. Se a isto forem somadas as situações de estresse vividas nas salas de parto nos atendimentos de emergência, fica claro como estas dificuldades se ampliam.

Os depoimentos de profissionais de enfermagem de experiência e que atuam há muitos anos na sala de parto do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, nos faz refletir sobre a

praticidade e efetividade deste procedimento rotineiro, que tem uma importância grande, pelo fato de estar relacionado à identificação do recém-nascido. A necessidade de identificação do recém-nascido é sem dúvida indiscutível, mas qual é de fato a aplicabilidade da tomada de impressão plantar na sala de parto?

A experiência que vivenciamos nestes quase dois anos de tomadas de impressão plantar com a finalidade de processamento digital pelo *Sistema FootScanAge* evidenciou que, embora tenhamos obtido melhores resultados de legibilidade para identificação do recém-nascido, a incidência de imagens de baixa legibilidade ainda foram extremamente elevadas, especialmente se considerarmos que este período foi marcado pela revisão e discussão periódicas da importância da observação do método de Kakuda (KAKUDA, 1977). As taxas de baixa legibilidade com finalidade de identificação da idade gestacional também foram bastante elevadas.

As diferenças nos critérios de legibilidade variaram de acordo com os objetivos pretendidos para cada um, quais sejam, identificação digital e identificação da idade gestacional. Estas diferenças nos levaram à reflexão sobre a tomada de impressões plantares nos recém-nascidos, que deve ser mais bem orientada, para que possa ser de fato um procedimento útil, que justifique o trabalho e o tempo destes profissionais que o realizam diariamente nas salas de parto.

É preciso, então, que o profissional responsável por este procedimento saiba o quê de fato ele precisa obter na tomada da impressão plantar. As cisuras de flexão, localizadas na região halucal e superfície plantar do grande artelho são as marcas cutâneas plantares que realmente importam para a identificação do recém-nascido (LOHNES, 1986). Portanto, a tomada de impressão plantar, destinada a este fim, deve ser feita direcionada para estes aspectos. Desta forma, a preocupação deve ser de entintamento e compressão adequada desta região do pé sobre o papel apropriado. Ou seja, não é preciso, obrigatoriamente, que se obtenha a imagem completa da superfície plantar, procedimento de mais difícil realização. Acreditamos até que, para que sejam obtidas melhores imagens de impressão plantar com esta finalidade, que inicialmente deva ser tomada a impressão plantar localizada de hálux e região halucal, e uma segunda tomada da imagem da superfície plantar como um todo, que permitirá a formação de uma idéia do tamanho do recém-nascido.

A imagem da superfície plantar do recém-nascido com a finalidade de identificação da idade gestacional, ao contrário, deve conter obrigatoriamente todo o contorno da superfície plantar, característica considerada fortemente relacionada a idade gestacional (DAGA et al., 1988; BALLARD et al, 1991).

A grande incidência de imagens ilegíveis e sem possibilidade de processamento digital no *Sistema FootScanAge* reenfatiza a necessidade de desenvolvimento de um equipamento de aquisição digital da imagem da superfície plantar do recém-nascido, projeto em andamento na mesma Universidade.

A imagem da superfície plantar do recém-nascido obtida na sala de parto através de impressão plantar em papel é, em geral, uma imagem de baixa qualidade, que não atinge, na maioria das vezes, o propósito estabelecido para a sua realização. Mesmo tendo sido obtidas em um período caracterizado pelo andamento de uma pesquisa voltada também para a sua avaliação, a incidência de baixa legibilidade para identificação do recém-nascido foi bastante elevada, enquanto para identificação da idade gestacional foi ainda mais freqüente.

Fica evidente a necessidade do desenvolvimento de técnicas e equipamentos de aquisição digital da imagem da superfície plantar do recém-nascido, otimizando a qualidade e armazenamento das valiosas informações impressas nesta região cutânea, possibilitando a melhor identificação do recém-nascido, seja do ponto de vista médico-legal quanto da importância clínica que representa o melhor conhecimento da idade gestacional.

O módulo de banco de dados enquadra-se como um sistema de recuperação de imagens baseado em conteúdo que utiliza a indexação multidimensional por vetor de características e inclui informações sobre os pacientes (mãe e recém-nascido), imagens da região plantar e características extraídas por uma ferramenta de processamento de imagens. O sistema possui uma série de interfaces gráficas, que permitem grande interatividade com o usuário. Além disso, são calculados valores estatísticos para algumas variáveis de interesse do especialista, disponíveis para o usuário na forma de gráficos comparativos. O armazenamento de tendências ou níveis de conhecimento é possível, assim como sua verificação através da análise da imagem. Para atender as necessidades do usuário, a recuperação das

imagens pode ser realizada por 3 abordagens diferentes: informação textual, seleção de níveis de conhecimento e características da imagem (BELLON et al., 2002).

A adição destes níveis de conhecimento, baseado no estudo correlacionado de MARCHAUOKOSKI (2001), permite a relação entre os diversos níveis relevantes de observação: semântico, segmentação, características, referência e interpretação. As relações estabelecidas podem ser organizadas em uma hierarquia de prioridades, na visão do especialista, recebendo as modificações necessárias, à medida que as teorias são comprovadas ou rejeitadas.

A interação com o especialista foi priorizada no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* e para isso foram criadas várias interfaces gráficas com objetivos diferentes. Através da interface do processo de aquisição, o especialista armazena as imagens e as informações clínicas do binômio mãe-filho na base de dados. Na interface do processo de segmentação, as imagens adquiridas são processadas e segmentadas, de acordo com a semântica definida. Neste caso, o especialista participa na escolha dos filtros e parâmetros para o processamento da imagem, bem como na avaliação dos resultados obtidos.

A interface do processo de extração de características também privilegia a interação com o especialista, que pode avaliar os resultados obtidos e ajustar os valores de limiar dos algoritmos aplicados. Finalmente, a interface do processo de representação tem duas funções: oferecer campos para os dados de entrada textuais, bem como permitir a consulta e recuperação para textos e imagens (GORGA et al., 2002).

Observamos uma boa performance do sistema, com facilidade de inclusão de dados através da disponibilização de caixas de combinação e caixas de listagem, e facilidade e rapidez na recuperação das informações. A ferramenta “nível de conhecimento” (Figura 8a) permitiu armazenar as informações relevantes no processo de análise dos dados, sendo bastante útil na organização e no processo de observação e construção do conhecimento. A possibilidade de gerar relatórios (Figura 8b) permitiu a obtenção de resumos das fichas individuais, enquanto os relatórios de estatística forneceram uma visão do conjunto (GORGA et al., 2002).

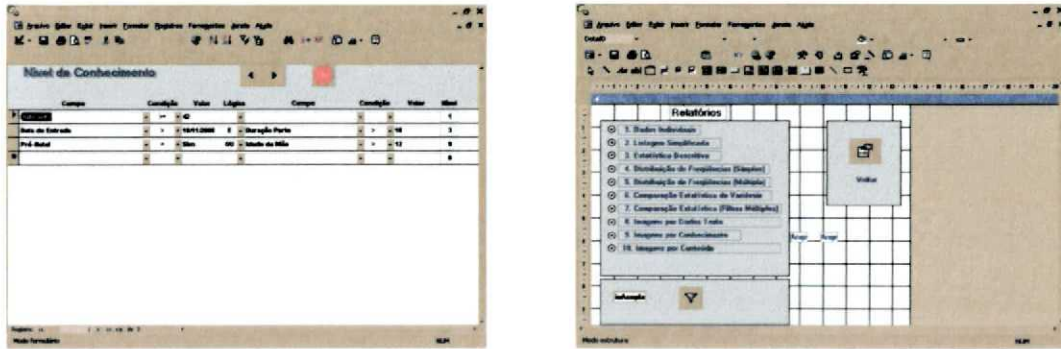


Figura 8 – Ilustração do módulo de banco de dados, (a) nível de conhecimento, (b) relatórios

A utilização da primeira versão do sistema evidenciou suas falhas em relação a outras informações que foram sendo consideradas como necessárias para melhor caracterização do binômio mãe-filho, que estão hoje sendo incorporadas em uma nova versão (ZANDAVALLI, 2003). A incorporação de novas informações e ampliação do banco de dados levaram à necessidade de remodelagem do banco e migração para uma plataforma mais robusta, estando a equipe atualmente trabalhando na finalização desta nova versão com interface Web (Figura 9).

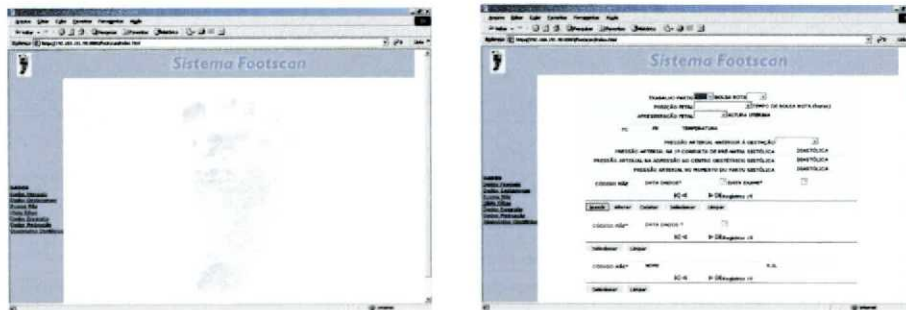


Figura 9 – Versão Web do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*

O módulo de processamento de imagens possibilita a extração de inúmeras características e melhor percepção da morfologia da superfície plantar dos recém-nascidos. Oferece, da mesma forma, meios para que o usuário possa supervisionar todo o processo, bem como alterar, caso julgue necessário, os parâmetros de ajuste em cada etapa, a fim de melhorar os resultados obtidos pelo processamento

automático. Estes parâmetros são armazenados no banco de dados, juntamente com as informações relacionadas à imagem da região plantar e os valores de ajuste mais utilizados são automaticamente selecionados pelo sistema a cada novo ciclo do processamento (BELLON et al., 2002). O processamento da imagem foi possível em todas as imagens que apresentaram legibilidade suficiente para permitir a identificação do contorno da superfície plantar. Não observamos diferenças estatisticamente significativas em relação às características da superfície plantar mediante aplicação dos 3 diferentes tipos de filtros para redução de ruídos ($p > 0,05$).

Através do processamento da imagem digital da superfície plantar algumas características puderam ser extraídas, tais como:

1. Tamanho da superfície plantar;
2. Área e forma da superfície plantar;
3. Percentagem de pregueamento;
4. Características dos sulcos plantares.

Os resultados baseados na análise destas informações (SEVERICH et al., 2002; BELLON et al., 2002) sugerem que existe correlação destas medidas com a idade gestacional. Desta forma, o *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* poderá trazer grande contribuição no desafio de estabelecer com maior precisão a idade gestacional de recém-nascidos, especialmente de recém-nascidos prematuros, que serão beneficiados pelo maior conhecimento da etapa fisiológica de desenvolvimento em que se encontram, permitindo o atendimento mais específico de suas necessidades.

Os métodos utilizados no período pré-natal, embora tenham grande precisão na estimativa da idade gestacional, nem sempre estão disponíveis, quer por incerteza ou desconhecimento da data da última menstruação ou por ausência de seguimento pré-natal com perda de avaliação ecográfica fetal em período oportuno. Mas, principalmente, os métodos disponíveis para utilização no período pós-natal, não foram desenvolvidos e baseados em populações de recém-nascidos prematuros, comprometendo sua reprodutibilidade e precisão neste grupo de recém-nascidos. São observadas dificuldades para sua

aplicação, especialmente em recém-nascidos doentes e/ou prematuros além de serem considerados como métodos “invasivos”, já que todo manuseio realizado nesta etapa inicial da vida pode representar estresse com conseqüências variáveis (DAGA et al., 1988; GAGLIARDI, 1992; KRAMER et al., 1998; SOLA e CHOW, 1999; RIKJEN et al., 2003).

O Método Footscan Age foi desenvolvido buscando extrair características da superfície plantar através de técnicas de visão computacional. Composto por dois módulos – banco de dados (GORGA, 2001) e módulo de processamento de imagens (SEVERICH, 2003), o sistema é capaz de extrair e armazenar características da imagem da superfície plantar do recém-nascido e dados clínicos do binômio recém-nascido/mãe, com o objetivo de contribuir para a determinação da idade gestacional. A imagem da superfície plantar do recém-nascido utilizada pelo sistema é a impressão plantar realizada rotineiramente na Sala de Parto, na ocasião do nascimento, evitando assim qualquer tipo de manuseio adicional.

Através da visão computacional é possível visualizar os sulcos e saliências cutâneas e extrair características da imagem da superfície plantar do recém-nascido imperceptíveis ao olho humano. Esta hipótese inicial que norteou o desenvolvimento do Sistema FootScan Age para Determinação da Idade Gestacional (GORGA et al., 2002; BELLON et al., 2003), foi fundamentada pelos resultados obtidos através da análise observacional e dos resultados da análise das características extraídas pelo processamento da imagem digital da superfície plantar dos 187 recém-nascidos estudados.

7 CONCLUSÃO

As pesquisas desenvolvidas no estudo do *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* trouxeram algumas contribuições importantes:

1. *Reavaliação e readequação da técnica de impressão plantar do recém-nascido na sala de parto;*
2. *Possibilidade de armazenamento digital das imagens de impressão digital materna e impressão plantar do recém-nascido preservando informações de importância médico-legal;*
3. *Desenvolvimento de um sistema de armazenamento e recuperação de dados neonatais, constituindo-se em um prontuário eletrônico neonatal com benefícios indiscutíveis na assistência, ensino e pesquisa (em conclusão);*
4. *Desenvolvimento de pesquisas relacionadas à identificação digital do recém-nascido voltada para o estudo de algoritmos de identificação a exemplo da identificação digital de adultos (em andamento);*
5. *Desenvolvimento de um equipamento de aquisição digital da imagem da impressão plantar do recém-nascido, contribuindo para a resolução da documentação médico-legal do recém-nascido na sala de parto e para o processamento da imagem e extração de características para a determinação da idade gestacional (em andamento);*
6. *Exemplo da ação multidisciplinar na riqueza de conhecimentos e de relações humanas em que se constitui;*
7. *Desenvolvimento de uma ferramenta eficiente de processamento de imagens na área médica com extração automática das medidas e características da superfície plantar;*
8. *Desenvolvimento de um filtro de redução de ruídos com preservação de bordas;*

9. *Comprovação das hipóteses de estudo de que:*

Através da visão computacional é possível visualizar os sulcos e saliências cutâneas e extrair características da imagem da superfície plantar do recém-nascido imperceptíveis ao olho humano.

A maturação do recém-nascido é acompanhada de modificações na conformação e características dos sulcos plantares, quais sejam:

Os recém-nascidos extremamente prematuros apresentam tamanho reduzido da superfície plantar e conformação característica, assemelhando-se mais a um retângulo, com pouca ou nenhuma curvatura lateral e medial, sem delineamento nítido da região do calcanhar. Não se observa presença de sulcos plantares além da linha delimitadora das áreas I e II;

Os recém-nascidos prematuros apresentam superfície plantar um pouco maior, com presença de curvaturas inicialmente medial e posteriormente lateral com início da identificação mais nítida da região do calcanhar. As linhas delimitadoras das áreas I e II, halucal e delimitadoras das áreas II e III se tornam presentes progressivamente. Observa-se a presença de sulcos plantares e pregueamento difuso variável, mais acentuado nas áreas I e II.

Os recém-nascidos a termo apresentam superfície plantar maior, com curvaturas medial e lateral bem definidas assim como a região do calcanhar. Observa-se a presença de todas as linhas delimitadoras de áreas, sulcos e pregueamento difuso de superfície.

Se na superfície plantar está impressa esta informação, o Método FootScanAge pode ser mais um passo na direção da determinação mais precisa da idade gestacional.

A versão Web do *Sistema FootScan para Determinação da Idade Gestacional* está em fase de conclusão e deverá ser disponibilizada na Maternidade e Unidade Neonatal do Hospital de Clínicas, a partir de março de 2004, possibilitando o início de uma nova etapa do *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, onde os dados do binômio mãe-filho, as imagens da superfície plantar e suas características serão prospectivamente e sistematicamente coletadas em ambiente intranet, e armazenados em servidor próprio. Este ambiente permitirá o acesso ao prontuário eletrônico de qualquer computador conectado à rede do Hospital de Clínicas, mediante código de acesso e senha (assinatura eletrônica), devidamente cadastradas. Os aspectos de segurança estão contemplados no sistema, com bloqueio ao acesso a qualquer tipo de modificação no prontuário médico após a finalização de entrada de dados, disponibilização somente para equipe médica autorizada e registro de todos os procedimentos realizados (usuário médico e horários). Este banco de dados tem por objetivo atender a pesquisas de:

1. Validação e desenvolvimento do *Método FootScanAge*;
2. Avaliação dos métodos de estimativa da idade gestacional obtida através da data da última menstruação, biometria fetal, método de Parkin e Método de Ballard modificado;
3. Avaliação dos fatores que podem estar relacionados à variação dos métodos de estimativa da idade gestacional: sexo, condição clínica do recém-nascido no momento da avaliação, etnia, etc.;
4. Avaliação da correlação entre as doenças genéticas e doenças crônicas intra-uterinas e características da superfície plantar;
5. Avaliação da medida da superfície plantar e suas possíveis aplicações;
6. Validação e avaliação de um novo método de tomada da impressão plantar com finalidade de identificação digital e identificação médico-legal;
7. Validação de desenvolvimento de algoritmos de identificação digital neonatal;

8. Validação e desenvolvimento do equipamento de aquisição digital da imagem da superfície plantar;
9. Validação e avaliação do prontuário eletrônico neonatal do *Sistema FootScanAge*.

Nestas próximas etapas, o *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* contará com a valiosa participação e colaboração do Prof. KIM BOYER^{III} do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Ohio – EUA, co-autor no trabalho intitulado *Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination*, a ser apresentado na 6th International Conference on Medical image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá; e aceito para publicação na revista *Lectures Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2003*.

^{III} Prof. Kim L. Boyer – The Ohio State University – Department Electrical Engineering, Columbus – OH – USA.

8 REFERÊNCIAS

A busca nas bases de dados PubMed© e Cochrane© com a palavra chave “gestational age assessment” resultou em uma lista de 2840 referências, sendo a que possibilitou a recuperação de maior concentração de referências relacionadas de fato ao assunto. Destas, foram selecionadas as referências pertinentes aos assuntos abordados, quais sejam, condição de nascimento do recém-nascido (07); idade gestacional cronológica (02); biometria fetal (24); peso do recém-nascido (10), prematuridade (32) e idade gestacional (142). Outras referências selecionadas incluíram publicações sobre impressão plantar (07), dermatóglifos (09), medidas e problemas relacionados à formação do pé do recém-nascido (40), estatística médica (1), informática médica e geral (11) e *Sistema FootscanAge* (6).

Analisando as referências relacionadas com a idade gestacional observamos alguns aspectos interessantes. As primeiras publicações recuperadas relacionadas a idade gestacional foram as de USHER, MCLEAN e SCOTT, as de FARR, KERRIDGE e MITCHELL e FARR et al. com a participação de PARKIN em 1966. FARR aparece em 5 publicações de 1966 à 1968 sobre os aspectos físicos e neurológicos de recém-nascido e a idade gestacional. Em 1969, 1970 e 1971 observamos as publicações de DUBOWITZ. PARKIN aparece em duas publicações como primeiro autor, em 1971 e 1976. 1970 foi um ano também marcado pela importante apresentação do trabalho de LUBCHENCO.

Observamos que enquanto foram recuperadas 89 referências relacionadas a idade gestacional antes de 1990, após este ano contamos com quase metade (53). As publicações anteriores a 1990 concentram-se especialmente de 1970 a 1980 (45). Outras 29 ocorreram entre 1980 e 1990.

Após 1990, 42 referências foram publicadas entre 1990 e 2000 e 11 delas, após este ano.

O período anterior a 1980 foi marcado pela apresentação das características físicas e neurológicas dos recém-nascidos para constituir os métodos de avaliação pós-natal; de 1980 a 1990 observa-se publicações referentes à validação dos métodos propostos e algumas críticas em relação aos resultados encontrados; enquanto que após 1990, observa-se uma maior preocupação com a situação da prematuridade e a utilização de métodos baseados em populações predominantemente a termo em uma

população atual de muito mais prematuros sobreviventes.

Apresentamos aqui a lista de referências bibliográficas citadas na elaboração da tese e a lista de referências consultadas com acesso ao texto completo ou, em alguns casos, somente ao *abstract*.

A pesquisa bibliográfica foi iniciada em 2000 e desde então, repetida algumas vezes com as seguintes palavras-chave: *gestational age, gestational age assessment, fetal maturity, preterm birth, neonatal maturation, prematurity, fetal age, footprint, foot length, dermatoglyphics, plantar surface, foot growth and development, neonatal foot e newborn identification*.

ADELMANN, H. G. An edge-sensitive noise reduction algorithm for image processing. **Computer in Biology and Medicine**, v. , n., p. 137-145, 1999.

ALEXANDER, G. R.; CAUNES, F.; HULSEY, T. C.; TOMPKINS, M. E.; MARILEE, A. Validity of postnatal assessment of gestational age: A comparison of the method of Ballard et al. and early ultrasonography. **American Journal of Obstetric and Gynecology**, v. 166, p. 891-895, 1992.

ALTMAN, D. G. **Practical Statistics for Medical Research**. Ed. London: Chapman & Hall / CRC, 1991.

AMATO, M.; HÜPPI, P.; CLAUS, R. Rapid biometric assessment of gestational age in very low birth weight infants. **Journal of Perinatal Medicine**, v. 19, p. 367-371, 1991.

AMIEL-TISON, C. Possible acceleration of neurologic maturation following high-risk pregnancy. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 138, p. 303-306, 1980.

ANAND, N. K.; GODBALE, A.; HEERA, P.; GUPTA, S. Assessment of fetal maturity by Farr's criteria. **Indian Pediatrics**, v. 13, n. 4, p. 273-276, 1976.

ANDERSEN, H. F.; JOHNSON, T. R.; BARCLAY, M. L.; FLORA, J. D. Gestational age assessment. Analysis of individual clinical observations. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 15, n. 139, p. 173-177, 1981.

- ANDERSON, N.; WELLS, E.; HAY, R.; DARLOW, B. Cerebellar vermix measurement at cranial sonography for assessing gestational age on newborn weighing less than 2000 grams. **Early Human Development**, v. 44, n. 5, p. 59-70.
- APGAR, VIRGINIA. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. **Current Research in Anesthesie and Analgesy**, v. 32, n. 4, p. 260-267.
- AVERY, G. B. **Neonatologia, Fisiologia e Tratamento do Recém-Nascido**. Ed. 2, Rio de Janeiro, Medsi, 1984.
- BABSON, S. G.; G. I. BENDA. Growth graphs for the clinical assessment of infants of varying gestational age. **Journal of Pediatrics**, 1976, v. 89, n. 5, p. 814-820, 1976.
- BALLARD, J. L.; KHOURI, J. C.; WEDIG, K.; WANG, L.; EILERS-WALSMAN, B. ML.; LIPP, R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. **The Journal of Pediatrics**, v. 199, p. 417-423, 1991.
- BALLARD, J. L.; NOVAK, K. K.; DRIVER, M. A simplified score for assessment of fetal maturation of newly born infants. **Journal of Pediatrics**, v. 95, n. 1, p. 769-774, 1979.
- BATTISTI, O., SWARTEBROECKX, Y.; ARMENGOL, A. R.; LAMBORAY, A. M.; DUBOIS, P.; LEGRAND, B.; LANGHENDRIES, J. P. Comparative study of various methods of gestational age assessment at birth. **Reviu Medique Liege**, v. 42, n. 19, p. 780-785, 1987.
- BEIGI, A.; ZARRINKOUB, F. Ultrasound assessment of fetal biparietal diameter and femur length during normal pregnancy in Iranian women. **International Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 69, n. 3, p. 237-242, 2000.
- BELLON, O.; SILVA, L. New improvement on range image segmentation by edge detection. **IEEE Signal Processing Letters**, v. 9, p. 43-45, 2002.

BHAGWAT, V. A.; DAHAT, H. B.; BAPAT, N. G. Determination of gestational age of newborns – a comparative study. **Indian Pediatrics**, v. 27, n. 11, p. 1229-1230, 1990.

BHAKOO, O. N. Assessment of gestational age in the high-risk newborns. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 47, n. 384, p. 65-67, 1980.

CAPURRO, H.; KONICHEZKI, S.; FONSECA, D.; CALDEYRO-BARCIA, R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. **Journal of Pediatrics**, v. 93, p. 93-120, 1978.

CASEY, B. M.; MCINTIRE, D. D.; LEVENO, K. J. The continuing value of the Apgar score for the assessment of newborn infants. **New England Journal of Medicine**, v. 15, n. 344, p. 467-471, 2001.

CAT, M. N. L. **Correlação clínica (Escores de Apgar), ácido-básica e enzimática (ATPase, Na⁺, K⁺) ao nascimento: Determinação do ácido láctico, ATP e eletrólitos intra e extra eritrocitários no sangue do cordão umbilical**, Curitiba, 1992. Dissertação [Mestrado em Pediatria], Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

CECATTI, J. C.; MACHADO, M. R. M.; SANTOS, F. F. A.; MARUSSI, E. F. Curva dos valores normais de peso fetal estimado por ultra-soografia segundo a idade gestacional. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 1083-1090, 2000.

CEVIT, O.; BAYRAM, B.; TOKSOY, H. B.; GULTEKIN, A.; GOKALP, A. Gestational age assessment in preterm neonates weighing less than 2500 grams. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 44, n. 1, p. 57-58, 1998.

CO, E.; RAJU, T. N.; ALDANA, O. Cerebellar dimensions in assessment of gestational age in neonates. **Radiology**, v. 181, n. 2, p. 581-585, 1991.

CONSTANTINE, N. A.; KRAEMER, H. C.; KATHLEEN, A.; KENDALL-TACKETT, M. A.; FORREST, C. B.; TISON, J. E.; GROSS, R. T. Use of physical and neurologic observations in assessment of gestational age in low birth weight infants. **The Journal of Pediatrics**, v. 110, n. 6, p. 921-928, 1987.

CUDDIHY, S. L.; ANDERSON, N. G.; WELLS, J. E.; DARLOW, B. A. Cerebellar vermis diameter at cranial sonography for assessing gestational age weight infants. **Pediatric Radiology**, v. 29, n. 8, p. 589-594, 1999.

CUMMINS, H.; MIDLO, C. **Finger prints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics**. 1ª ed. Dover Publications: New York, 1995.

DAGA, S. R.; DAGA, A. S.; PATOLE, S.; KADAM, S.; MUKADAM, Y. Foot length measurement from foot print for identifying a newborn at risk. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 34, 16-19, 1988.

DATASUS. **Informações básicas de saúde**. Disponível em <http://www.datasus.org> Acesso em 12 de novembro de 2003.

DEGANI, S. Fetal biometry: Clinical, pathological and technical considerations. **Obstetrical and Gynecological Survey**, v. 56, n. 3, p. 159-167, 2001.

DESMOND, M. M.. A review of newborn medicine in America: European past and guiding ideology. **American Journal of Perinatology**, v. 8, p. 308-322, 1991.

DODD, V. Gestational age assessment. **Neonatal Network**, v. 15, n. 1, p. 27-36, 1996.

DROEGEMULLER, W.; JACKSON, C.; MAKOWSKI, E. L.; BATAGLIA, F. C. Amniotic fluid examination as an aid in the assessment of gestational age. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 1, n. 104, p. 424-428, 1969.

DUBOWITZ, L. M.; DUBOWITZ, V.; GOLDBERG, C. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. **Journal of Pediatrics**, v. 77, n. , p. 1-10, 1970.

EGEWARTH, C.; PIRES, F. D. A.; GUARDIOLA, A. Avaliação da idade gestacional de recém-nascidos pré-termo através do exame neurológico e das escalas neonatais e obstétrica. **Arquivos de Neuropsiquiatria**,

v. 60, n. 3-B, p. 7555-759, 2002.

EMBLETON, N. D.; DESHOANDE, S. A.; SCOTT, D.; WRIGHT, C.; MILLIGAN, D. W. Foot length, an accurate predictor of nasotracheal tube length in neonates. **Archives of Disease in Childhood (Fetal and Neonatal Edition)**, v. 85, p. F60-F64, 2001.

EREGIE, C. O. Clinical determination of maturity of newborn infants: comparison of some simplified methods. **West African Journal of Medicine**, v. 13, n. 2, p. 121-123, 1994.

EREGIE, C. O. Determination of maturity at birth: further observations on a maturity scoring system for head circumference and mid-arm circumference. **East African Medical Journal**, v. 70, n. 1, p. 48-50, 1993.

EREGIE, C. O.; MUOGBO, C. O. A simplified method of estimating gestational age in African population. **Developmental Medical Child Neurology**, v. 33, n. 2, p. 146-152, 1991.

EVTOUCHENKO, L.; STUDER, L.; SPENGER, C.; DREHER, L.; SEILER, R. W. A mathematical model for estimation of human embryonic and fetal age. **Cell Transplantation**, v. 5, n. 4, p. 453-464, 1996.

FARR, V.; MITCHELL, R. G.; NELIGAN, G. A. The definition of some external characteristics used in the assessment of gestational age in the newborn infant. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 8, n. 5, p. 507-511, 1966.

FERESU, S. A.; GILLESPIE, B. W.; SOWERS, M. F.; JOHNSON, T. R. B.; WELCH, K.; HARLOW, S. D. Improving the assessment of gestational age in a Zimbabwean population. **International Journal of Gynecology and Obstetrics**, v. 78, p. 7-18, 2002.

GAGLIARDI, L.; SCIMONE, F.; DELPRETE, A.; PETECCA, C.; STIVAL, G.; PASINETTI, G.; TEANI, M.; BIANCHI, J.; MARANI, M.; DUCA, P. Precision of gestational age assessment in the neonate. **Acta Paediatrica Scandinavica**, v. 81, n. 2, p. 95-99, 1992.

- GILBERT, W. M.; NESBITT, T. S.; DANIELSEN, B. The cost of prematurity: quantification by gestational age and birth weight. **Obstetrics and Gynecology**, v. 102, n. 3, p. 488-492, 2003.
- GOHIL, J. R.; SOSI, M.; VANI, S. N.; DESAI, A. B. Footlength measurement in the neonate. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 58, n. 5, p. 675-677, 1991.
- GORGA, C. N. **Um sistema computacional para apoio à neonatologia utilizando o método FootScanAge** [Dissertação de Mestrado], Curitiba, 2001. Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.
- GOYAL, S. C.; TASK, S. K.; BHANDARI, B. Determination of gestational age: comparative accuracy of different method. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 56, n. 1, p. 115-119, 1989.
- HADLOCK, F. P.; DETER, R. L.; HARRIST, R. B. Sonographic detection of fetal intrauterine growth retardation. **Applied Radiology**, v. 12, p. 28, 1983.
- HERN, W. M. Correlation of fetal age and measurements between 10 and 26 weeks of gestation. **Obstetrics and Gynecology**, v. 63, p. 26-32, 1984.
- HITNER, H. M.; GORMAN, W. A.; RUDOLPH, A. J. Examination of the anterior vascular capsule of the lens. II. Assessment of infants small for gestational age. **Journal of Pediatric Ophthalmologic Strabismus**, v. 18, n. 2, p. 52-54, 1981.
- HONARVAR, M.; ALLAHYARI, M.; DEHBASHI, S. Assessment of gestational age based on ultrasonic femur length after the first trimester: a mathematical correlation between gestational age (GA) and femur length (FL). **International Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 70, n. , p. 335-340, 2000.
- JAMES, D. K.; DRYBURGH, E. H.; CHISWICK, M. L. Foot length – a new and potentially useful measurement in the neonate. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 54, n. 3, p. 226-230, 1979.

- JURETSCHKE L. J. Apgar scoring: its use and meaning for today's newborn. **Neonatal Network**, v. 19, n. 1, p. 17-19, 2000.
- KAKUDA, M. L. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. Estudo da tinta, papel e modo de aplicação. **Revista de Enfermagem em Novas Dimensões**, v. 3, p. 362-368, 1977.
- KARUNASERKA, K. A.; SIRISENA, J.; JAYASINGHE, J. A.; PERERA, U. How accurate is the postnatal estimation of gestational age? **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 48, n. 5, p. 270-272, 2002.
- KEITH, R.; FRISCH, L. Fetal biometry: a comparison of family physicians and radiologists. **Family Medicine**, v. 33, n. 2, p. 111-114, 2001.
- KENNER, C. Measuring neonatal assessment. **Neonatal Network**, v. 9, n. 4., p. 17-22, 1990.
- KILPATRICK SJ, SCHLUETER MA, PIECUCH R. Outcome of infants born at 24-26 week's gestation. I. Survival and cost. **Obstetrics and Gynecology**, 1997: 803.
- KILSZTAJN, S. Assistência pré-natal, baixo peso e prematuridade no Estado de São Paulo, 2000. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 3, p. 303-310, 2003.
- KLIMEK, R.; KLIMEK, M. Biological assessment age and its calendar assessment with ultrasound. **Gynakol Geburtshilfliche Rundsch**, v. 32, n. 3, p. 159-163, 1992.
- KLIMEK, M.; TOMASZCZYK, B.; RZEPECKA-WEGLARZ, B.; KLIMEK, M.; LAUTERBACH, R.; FRACZEK, A. Evaluation of newborn maturation and gestational age using the Ballard-Klimka scale. **Ginekol Pol**, v. 66, n. 7, p. 402-408, 1995.1995
- KLIMEK, R.; KLIMEK, B.; RZEPECKA-WEGLARZ. A new score for postnatal clinical assessment of fetal maturity in newborn infants. **International Journal of Gynecology and Obstetrics**, v. 71, p. 101-105,

2000.

KRAMER, M.; PLATT, R.; YANG, H. C.; JOSEPH, K. S.; WEN, S. W. M.; MORIN, L.; USHER, R. Secular trends in preterm birth: A hospital-based cohort study. **JAMA**, v. 280, n. 21, p. 1849-1854, 1998.

KULKARNI, M. L.; RAJENDRAN, N. K. Values for foot length in newborns. **Indian Pediatrics**, v. 29, n. 4, p. 507-509, 1992.

LEMONS, J. A.; BAUER, C. R.; KORONES, S. B.; PAPILE, L. A.; STOLL, B. J.; VERTER, J.; TEMPROSA, M.; FANAROFF, A.A.; STARK, A.; CARLO, W.; TUSON, J. E.; DONOVAN, E. F.; STEVENSON, D. K. Very low birth weight outcomes of National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, January 1995 through December 1996. **Pediatrics**, v. 107, n. 1, 2001.

LUBCHENCO, L. O. Assessment of gestational age and development of birth. **Pediatric Clinics of North America**, v. 17, n. 1, p. 125-145, 1970.

LYNN, C. J.; SAIDI, I. S.; OELBERG, D. G.; JACQUES, S. L. Gestational age correlates with skin reflectance in newborn infants of 24-42 weeks. **Biologia Neonatorum**, v. 64, n. 2, p. 69-75, 1993.

MANGANARO, R.; MAMI, C.; GEMELLI, M. The validity of the Apgar scores in the assessment of asphyxia at birth. **European Journal of Obstetric and Gynecology Reproduction Biology**, v. 54, n. 2, p. 99-102, 1994.

MARCHAUKOSKI, J. **Princípios para a construção de banco de dados de imagens médicas** [Dissertação de Mestrado], Curitiba, 2001. Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, 2001.

MATHUR, A.; TASK, S. K.; KOTHARI, P. Foot length – a newer approach in neonatal anthropometry. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 30, n. 6, p. 33-336, 1984.

MIMOUNI, F.; NISSENKORN, I.; WILUNSKI, E.; BEN-SIRA, I.; REISNER, S. H. Assessment of gestational age by

examination of the anterior vascular capsule in multiple pregnancies. **Journal of Pediatric Ophthalmologic Strabismus**, v. 20, n. 1, p. 27-30, 1983.

MOOSA, A.; DUBOWITZ, V. Assessment of gestational age in newborn infants: nerve conduction velocity score. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 14, n. 3, p. 290-295, 1972.

MORAES, L. C.; REICHENHEIN, M. E. Validade do exame clínico do recém-nascido para a estimativa da idade gestacional: uma comparação do escore New Ballard com a data da última menstruação e ultrassonografia. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 83-94, 2000.

MURPHY, N.P.; RENNIE, J.; COOKE, R.W. Cranial ultrasound assessment of gestational age in low birthweight infants. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 64, n. 4, p. 569-572, 1989.

NARAYANAN, I.; DUA, K.; GUJRAL, V. V.; MEHTA, D. K.; MATHEW, M.; PRABHAKAR, A. K. A simple method of assessment of gestational age in newborn infants. **Pediatrics**, v. 69, n. 1, p. 27-32, 1982.

NIBLACK, W. **An introduction to digital image processing**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1986.

NOMURA, R. M. Y.; MIYADAHIRA, S.; FRANCISCO, R. P. V.; OKATANI, D.; ZUGAIB, M. Avaliação da maturidade fetal em gestações de alto risco: Análise dos resultados de acordo com a idade gestacional. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 346-351, 2001.

ODITA, J. C.; OMENE, J. A. Estimation of gestational age of Nigerian newborn infants by measurement of length on chest radiographs. **African Journal of Medical Science**, v. 11, n. 4, p. 191-194, 1982.

PAMERLLE, A. H. Sleep studies for the neurological assessment of the newborn. **Neuropediatric**, v. 1, n. 3, p. 351-353, 1970.

PARKIN, J. M.; HEY, E. N.; CLOWES, J. S. Rapid assessment of gestational age at birth. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 51, n. 4, p. 259-263, 1976.

- PRIMHAK, R. A.; MACGREGOR, D. F. Simple maturity classification of the newborn infant. **Annals of Tropical Pediatrics**, v. 9, n. 2., p. 65-69, 1989.
- RIKJEN, M.; STOELHORST, G. M.; MARTENS, S. E.; ZWIETEN, P. H.; BRAND, R.; WIT, J. M.; VEEN, S. Mortality and neurologic, mental, and psychomotor development at 2 years in infants born less than 27 weeks' gestation: the Leiden follow-up project on prematurity. **Pediatrics**, v. 112, n. 2, p. 351-358, 2003.
- RINGERTZ, H. Cerebellar dimensions in assessment of gestational age in neonates. **Radiology**, v. 184, n. 2, p. 580-581, 1992.
- RUSSEL, J.G. Radiological assessment of fetal maturity. **Journal of Obstetrical and Gynaecology British Common**, v. 76, n. 3, p. 208-219, 1969.
- SANDERS, M.; ALLEN, M.; ALEXANDER, G. R.; YANKOWITZ, J.; GRAEBER, J.; REPKA, M. X. Gestational age assessment in preterm neonates weighing less than 1500 grams. **Pediatrics**, v. 88, n. 3, p. 542-546, 1991.
- SASIVIMOLKUL, W.; SIRIPOONYA, P.; TEJAVEJ, A. Gestational age assessment by the examination of the anterior vascular capsule. **Journal of Medical Association Thai**, v. 69, n. 2, p. 38-45, 1986. Supplement.
- SCHER, M. S.; MATRIN, J. G.; STEPPE, D. A.; BANKS, D. L. Estimation of gestational maturity of preterm infants by five fetal sonographic measurements compared with neonatal EEG and the last menstrual period. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 95, p. 408-413, 1995.
- SEVERICH, M. **Desenvolvimento de uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScanAge**, [Dissertação de Mestrado], Curitiba, 2002. Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.
- SHUKLA, H.; ATAKENT, Y. S.; FERRARA, A.; TPOSIES, J.; ANTOINE, C. Postnatal overstimulation of gestational age in preterm infants. **American Journal of Disease of Children**, v. 141, p. 1106-1107, 1987.

- SOLA, A.; CHOW, L. C. The coming of (gestational) age for preterm infants. **The Journal of Pediatrics**, v. 135, n. 2, 1999.
- SPINATTO, J.A.; SIBAI, B. M.; SHAVER, D. C.; ANDERSON, G. D. Inaccuracy of Dubowitz gestational age in low birth weight infants. **Obstetrics and Gynecology**, v. 63, n. 4, p. 491-495, 1984.
- THORSEN, P.; SCHENDEL, D. E.; DESHPANDE, A. D.; VOGEL, I.; DUDLEY, D. J. Identification of biological/biochemical marker (s) for preterm delivery. **Pediatric Perinatal Epidemiology**, v. 15, n. 2, p. 90-103, 2001.
- USHER R.; MCLEAN, F.; SCOTT, K. E. Judgment of fetal age. II. Clinical significance of gestational age and an objective method for its assessment. **Pediatric Clinics of North America**, v. 13, n. 3, p. 835-862, 1966.
- VAN BOGAERT, L. J. Clinical assessment of early gestational age. **South African Medical Journal**, v. 93, n. 4, p. 280-281, 2003.
- VIK, T.; VATTEM, L.; MARKESTAD, T.; JACOBSEN, G.; BAKKETEIG, L. S. Dubowitz assessment of gestational age and agreement with prenatal method. **American Journal of Perinatology**, v. 14, n. 6, p. 369-373, 1997.
- VOGT, H.; HANEBERG, B.; FINNE, P. H.; STENSBERG, A. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. An evaluation. **Acta Paediatrica Scandinavica**, v. 70, n. 5, p. 669-672, 1981.
- WANG, D. C. C.; VAGNUCCI, A. H.; LI, C. C. Gradient inverse weighted scheme and the evaluation of its performance. **Computer Graphics Image Processing**, v. 15, p. 167-181, 1981.
- WARD, R. M.; BEACHY, J. C. Neonatal complications following preterm birth. **British Journal of Obstetric and Gynecology**, v. 110, n. 20, p. 8-16, 2003. Supplement.

WARIYAR, U.; TIN, W.; HEY, E. Gestational assessment assessed. **Archives of Disease in Childhood (Fetal and Neonatal Edition)**, v. 77, p. F216-F220, 1997.

WARNER, A.; JANG, R. Hemoglobin F: relationship to maturity measures in the neonate. **Annals of Clinical and Laboratorial Science**, v. 19, n. 2, p. 122-127, 1989.

YANG, H.; KRAMER, M. S.; PLATT, R. W.; BLONDEL, B.; BRÉART, G.; MORIN, I.; WILKINS, R.; USHER, R. How does early ultrasound scan estimation of gestational age lead to higher rates of preterm birth? **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 186, n. 3, p. 433-437, 2002.

ZANDEVALLI, R. A. **Desenvolvimento de um sistema de banco de dados orientado a Web para o Sistema FootScanAge**, Curitiba, 2003 [Monografia de Especialização], Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná (em conclusão).

ZIMMER, E. Z.; SUJOV, P.; TCHERNIN, I.; PERETZ, B. A. Gestational age assessment by the lens examination method in normal pregnancies. **European Journal of Pediatrics**, v. 141, n. 1, p. 43-45, 1983.

9 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

____ Assessment of gestacional age in twins. **Archives Diseases of Childhood**, v. 53, n. 3, p. 267-268, 1978.

____ Delivery room nurses learn how to footprint the newborn. **Hospitals**, v. 39, n. 22, p. 65, 1965.

____ Gestational assessment. **Lancet**, v. 28, n. 1, p. 1474-1476, 1986.

____ Physical assessment of the neonate. **NAACOG Technologic Bulletin**, n 1, p. 1-3, 1978.

ADALIAN, P.; PIERCECCHI-MARTI, BOURIERE-NAJEAN, B.; PANUEL, M.; FREDOUILLE, C.; LEONETTI, G. New formula for the determination od fetal age. **Comptes Rendus Biologie**, v. 325, n. 3, p. 261-269, 2002.

AMINI, S. B.; CATALANO, P. M.; HIRSCH, V.; MANN, L. I. An Analysus of birth weight by gestational age using a computerized perinatal data base. **Obstetrics and Gynecology**, v. 83, n3, p. 342-352, 1994.

ARGEMI, J.; BADIA, J. A new computerised method for the assessment of skeletal maturity in the newborn infant. **Pediatric Radiology**, v. 27, n. 4, p. 309-314, 1997

BANIK, N. D.; KRISHAM, R.; MANE, S. I.; RAJ, L. Assessment of prematurity of North Indian babies. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 35, n. 242, p. 135-139, 1968.

BARTL, W.; HAUSER, G. Plantar creasing and assessment of gestational age of the newborn (author's). **Wien Klin Wochenschr**, v. 93, n. 21, p. 673-676, 1981.

BASKETT, T. F. Gestational age and fetal biophysical assessment. **American Journal of Obstetric and Gynecology**, v. 158, n. 2, p. 332-334, 1988.

- BATTIN, M. Has the outcome for extremely low gestational age (ELGA) infants improve recent advances in neonatal intensive care? **American Journal of Perinatology**, v. 15, n. 8, p. 469-477, 1998.
- BAUMANN, C.; HUPPI, P.; AMATO, M. Prenatal and postnatal determination of gestational age of small newborn infants. **Z Geburtshilfe Perinatol.** v. 197, n. 3, p. 135-140, 1993.
- BEKSAC, M. S.; ODCIKIN, Z.; EGEMEN, A.; KARAKAS, U. An intelligent diagnostic system for the assessment of gestational age based on ultrasonic fetal head measurements. **Technological Health Care**, v. 4, n. 2, p. 223-231, 1996.
- BERGER, A.; DAR, H.; BOROCHOWITZ, Z.; WINTER, S. T. Changes in the Sidney line during the first year of life. **Developmental Medicine of Child Neurology**, v. 25, p. 490-492, 1983.
- BERNSTEIN, I.M. The assessment of newborn size. **Pediatrics**, v. 111, n. 6, p. 1430-1431, 2003.
- BLACK, M. Assessment of weight and gestational age. **Nursing Clinics of North America**, v. 13, n. 1, p. 13-22, 1978.
- BLECHSHMIDT, E. The structure of the calcaneal padding. **Foot Ankle**, v. 5, n. 2, p. 260-283, 1982.
- BRATLID, D. Ultrasound assessment of gestational age. **Tidsskr Nor Laegeforen**, v. 120, n. 9, p. 1079, 2000.
- BRUETON, M. J. The use of clinical gestational age assessment in the construction of standard in a rural Nigerian community. **Acta Paediatrica Scandinavica**, v. 64, n. 3, p. 537-540, 1975.
- BRUETON, M. J.; PALIT, A.; PROSSER, R. Gestational age assessment in Nigerian newborn infants. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 48, n. 4, p. 318-320, 1973.

- CAMPBELL, S.; WILKIN, D. Ultrasonic measurement of fetal abdomen circumference in the estimation o. **British Journal of Obstetrics and Gynaecology**, v. 82, n. 9, p. 689-697, 1975.
- CASELLI, M. A. The orthopedic evaluation of the neonate. **Clinics in Pediatric Medical Surgery**, v. 5, n. 3, p. 531-545, 1988.
- CASTELLANA, C.; KÓSA, F. Estimation of fetal age from dimensions of atlas and axis ossification centers. **Forensic Science International**, v. 117, p. 31-43, 2001.
- CATANZARITE, V. A.; ROSE, B. I. Ultrasound in obstetric decision making. How accurate are la ultrasound scans in gestational age and fetal weight assessment? **American Journal of Perinatology**, v. 4, n. 2, p. 147-151, 1987.
- CATER, J. I. Confirmation of gestational age by external physical characteristics (total maturity score). **Archives of Disease in Childhood**, v. 54 n. 10, p. 794-795, 1979.
- CHANG, A.; ESLER, E. J.; MORRISON, J. A comparison of the accuracies of clinical radiological assessment of gestational age. **Ned J Aust**, v. 19, n. 21, p. 696-700, 1977.
- CHIKERMANE, A. S.; MAJUMDAR, G. R.; SHAH, A. P. The use of maturity score in the assessment of gestational age of newborn babies with special reference to prematurity. **Indian Pediatrics**, v. 6, n. 11, p. 720-728, 1969.
- CONCKLIN, C. L.; GLEASON, D. Footprinting for identification of infants. **Pediatrics**, v. 44, n. 2, p. 301-303, 1969.
- COOKE, R. W. Improved outcome for infants at the limits of viability. **European Journal of Pediatrics**, v. 155, n. 8, p. 665-667, 1996.

- COUTTS, N. A. Neurological assessment of gestational age in low birth weight infants. **Scott Medical Journal**, v. 16, n. 9, p. 398-403, 1971.
- DAMOULAKI-SFAKIANSKI, E.; ROBERTSON, A.; GORDERO, L. Skin creases on the sole of the foot as a physical index of maturity. **Pediatrics**, v. 50, n. 3, p. 483-485, 1972.
- DARE, F. O.; SMITH, N. C.; SMITH, P. The value of ultrasonic abdominal circumference in the prediction of gestational age. **West African Journal of Medicine**, v. 15 n. 1, p- 45-49, 1996.
- DE PALMA, L.; SERRA, F.; COLEETI, V. Neurogenic deformities of the foot due to congenital malformations of the spine. **Arch Putti Chir Organi Mov.** V. 38, n. 2, p. 297-310, 1990.
- DOLHAY, B.; BATAR, I.; PAPP, Z. Correlation of the distance between the heel and big toe with the weeks of biparietal diameter and body weight. **American Journal of Obstetric and Gynecology**, v. 117, n. 8, p. 1142-1144, 1973.
- DRAPER, E. S.; MANKETLOW, B.; FIELD, D. J.; JAMES, D. Prediction of survival for preterm births by weight and gestational age: retrospective population based study, **British Medical Journal**, v. 319, p. 1093-1097, 2003.
- DUBOWITZ, L. M. Assessment of gestational age in White and non-white infants. **Archives of Disease in Childhood**, v. 46, n. 247, p. 398, 1971.
- DUBOWITZ, L. Neurological assessment of gestational age in newborn. **Archives of Disease in Childhood**, v. 44, n. 233, p. 135, 1969.
- EDBERG, S.; MANDELLA, A.; HOCHMAN, C. H. The use of footprints for identification in infanticide: report of a case. **Journal of Forensic Science**, v. 10, p. 225-231, 1965.

- EL SHIBLY, E. T.; OMER, M. I.; DOWNHAM, D. Y. Assessment of gestational age in Sudanese newborns. **Annals of Tropical Pediatrics**, v. 5, n. 2, p. 67-68, 1985.
- ELSER A. S.; VESSEY, J. A. A comparison of methods for estimating the weight of preterm infants. **Journal of Perinatal and Neonatal Nursing**, v. 9, n. 2, p. 53-60, 1995.
- FAIR, M.; CYR, M.; ALLEN, A. C.; WEN, S. W.; GUYON, G.; MACDONALD, R. C. An assessment of the validity of a computer system for probabilistic record and infant death records in Canada. The fetal and infant health study grow. **Chronic Diseases Can**, v. 21, n. 1, p. 8-13, 2000.
- FARR, V. Estimation of gestational age by neurological assessment in first week of life. **Archives of Disease in Childhood**, v. 43, n. 229, p. 353-357, 1968.
- FARR, V. Estimation of gestational age. Comparison between radiological assessment and maturity scoring. **Biologie Neonatorum**, v. 12, n. 1, p. 35-40, 1968.
- FERNBACH, S. A. Common orthopedic problems of the newborn. **Nursing Clinical of North America**, v. 33, n. 4, p. 583-594, 1998.
- FITZGERALD, M.; SHAW, A.; MACINTOSH, N. Postnatal developmental of the cutaneous flexor reflex. **Developmental Medicine of Child Neurologie.**, v. 30, n. 4, p. 520-526, 1988.
- GAGLIARDI, L.; BRAMBILLA, C.; BRUNO, R.; MARTINELLI, S.; CONSOLE, V. Biased assessment of gestational age at birth when obstetric gestation is known. **Biologie Neonatorum**, v. 64, n. 2, p. 69-75, 1993.
- GEBALA, A.; GRZERSZYK, C.; DOBRZANSKA, A.; WALKIEWICZ, T. Proposed identification of newborn infants on the basis of foot dermatoglyphics. **Pediatric Pol**, vol. 44, n. 5, p. 619-624, 1969.

- GEERDINK, J. J.; HOPKINS, B. Effects of birthweight status and gestational age on the quality of general movements in preterm newborns. **Biologie Neonatorum**, v. 63, p. 215-224, 1993.
- GLEASON, D. Footprinting for identification of infants. **Pediatrics**, v. 42, n. 6, p. 1012-1013, 1968.
- GLINIANAIA, S. V.; SKJAERVEN, R.; MAGNUS, P. Birthweight percentiles by gestational age in multiple births. A population-Norwegian twins and triplets. **Acta Obstetrica Gynecologica Scandinavica**, v. 79, n. 6, p. 450-458, 2000.
- GOLDSTEIN, S. R.; WOLFSON, R. Endovaginal ultrasonographic measurement of early embryonic size as a means of assessing gestational age. **Journal of Ultrasound Medicine**, v. 14, n. 2, p. 97-100, 1995.
- GOULD, N.; MORELAND, M.; TREVINO, S.; ALVAREZ, R.; FENWICK, J.; BACH, N. Foot growth in children age one to five years. **Foot Ankle**, v. 10, n. 4, p. 211-213, 1990..
- GRISOLIA, G.; MILANO, K.; PILU, G.; BANZI, C.; DAVID, C.; GABRIELLI, S.; RIZZO, N.; MORANDI, R.; BOVICELLI, L. Biometry of early pregnancy with transvaginal sonography. **Ultrasound Obstetric and Gynecologie**, v. 3, n. 6, p. 403-411, 1993.
- GRZESZYK, C. Proposition of newborn identification in obstetric wards a footprint certificate. **Pol Tyg Lek**, v. 49, n. 8-9, p. 219-222, 1994.
- HACK, M.; FANAROFF, A. A. Outcomes of children of extremely low birthweight and gestational age. **Seminars in Neonatology**, v. 5, n. 2, p. 89-106, 2000.
- HALLIDAY, N. P. Assessment of gestational ages of neonates. **Nursing Mirror Midwives Journal**, v. 131, n. 19, p. 26-30, 1970.

- HANCOCK, B. W. Clinical assessment of gestational age in the neonate. **Archives of Disease in Childhood**, v. 48, n. 2, p. 152-154, 1973.
- HARAM, K.; MORTENSEN, J.H.; WOLLEN, A.L. Preterm delivery: abd overview. **Acta Obstetrica Gynecologica Scandinavica**, v. 82, n. 8, p. 687-704, 2003.
- HAUSER, G.; BARTL, W.; WYTEK, R. On the variability of flexion creases in the distal plantar areas of newborns. **American Physiology Anthropology**, v. 60, n. 1, p. 29-37, 1983.
- HENNEDY, A. Fetal ultrasound. **Current Problems in Diagnosis Radiology**, v. 29, n. 4, p. 109-140, 2000.
- HENRIKSEN, T. B.; WILCOX, A. J.; HEDEGAARD, M.; SECHER, N. J. Bias in studies of preterm and postterm delivery due to ultrasound assesment age. **Epidemiology**, v. 6, n. 5, p. 533-537, 1995.
- HERNIAN, A. A.; YU, K. F.; HOFFMAN, H. J.; KRULEWITCH, C. J.; BAKKETEIG, L. S. Birth weight, gestational age and perinatal mortality: biological heterogeneity measurement error. **Early Human Development**, v. 33, n. 1, p. 29-44, 1993.
- HIRD, M.F.; GREENOUGH, A. Gestational age: an important influence on the success of patient. **Clinical Physics and Physiological Measurement**, v. 11 n. 4, p. 307-312, 1990.
- HITTNER, H. M.; GORMAN, W. A.; RUDOLPH, A. J. Assessment of gestational age by examination of the anterior vascular capsule. **Journal of Pediatrics**, v. 91, n. 3, p. 455-458, 1977.
- HOHENAUER, L. Assessment of gestational age (author's transl). **Z. Geburtshilfe Perinatol**, v. 180, n. 4, p. 239-45, 1976.
- HOLMGREN, P. A.; HOGBERG, U. The very preterm infant – a population based study. **Acta Obstetrica Gynecologica Scandinavica**, v. 80, n. 6, p. 525-531, 2001.

HOOVER, J. E. The newborn's footprints. **Hospitals**, v. 16, n. 33, p. 38-41, 1959.

HUMPHREY, M.; HOLZHEIMER, D. A prospective study of gestation and birthweight in Aboriginal pregnancies Queensland. **Aust N Z J Obstet Gynaecol**, v. 40, n. 3, p. 326-330, 2000.

IRANI, S. F.; KUMTA, N. B.; BHIDE, A. R.; MEHTA, P. Assessment of gestational age in newborn with birth-weight less than 2 kg. **Journal of Postgrad Medicine**, v. 23, n. 3, p. 130-134, 1977.

JAROSZEWICZ, A. M.; BOYD, I. H. Clinical assessment of gestational age in the newborn. **South African Medical Journal**, v. 47, n. 44, p. 2123-2124, 1973.

JAYNES, M.E.; GINGOLD, M. K.; HUPP, A.; MULLET, M. D.; BODENSTEINER, J. B. The plantar response in normal newborn infants. **Clinical Pediatrics**, v. 36, n. 11, p. 649-651, 1997.

KABIR, Z. Low birth weight and maturity: a future marriage of convenience? **Indian Pediatrics**, v. 39, n. 11, p. 1063-1064, 2002.

KALBER, A. The very small premature infant: trust in the will to survive. **Pflege S**, v. 55, n. 1, p. 33-36, 2002.

KARAN, S.; SURAINDER, Y.; HYMAVATHI, V.; REDDY, K. S. Assessment of gestational age by neurological examination of the newborn. **Indian Pediatrics**, v. 9, n. 11, p. 658-672, 1972.

KEEN, D. V. PEARSE, R. G. Birthweight between 14 and 42 weeks gestation. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 60, n. 5, p. 440-446, 1985.

KEET, M. P.; JAROSZEWICZ, A. M.; LIEBENBERG, A. R. Assessment of gestational age in twins. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 49, n. 9, p. 741-742, 1974.

KLIMEK R.; WOLSKI, H. Apgar score-history and reality. **Ginekol Pol**, v. 74, n. 1, p. 73-78, 2003.

- KOGA, Y.; FUJIEDA, K.; MATSUMOTO, Y.; FUJIMOTO, S.; HATTORI, T.; HAGISAWA, M.; TAHARA, Y. Gestational age assessment in Japanese low birthweight infant. **Acta Paediatrica Jpn**, v. 36, n. 1, p. 71-74, 1994.
- KOK, J.H.; OUDEN, A. L.; BRAND, R. Outcome of very preterm small for gestational age infants: the first nine year. **British Journal of Obstetrics and Gynaecology**, v. 105, n. 2, p. 162-168, 1998.
- KORF, B. R.; SCHUH, B. E. Dermatoglyphic patterns in newborns. **Lancet**, v. 29 n. 2, p. 740, 1973.
- KUTI, O.; OWA, J. A. Gestational age-specific neonatal mortality among preterm singleton births in a Nigerian tertiary institution. **International Journal of Gynaecology and Obstetrics**, v. 80, n. 3, p. 319-320, 2003.
- LATTIS, G. O.; SIMIONATO, L.; FERRARIS, G. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. Comparison. **Early Human Development**, v. 5, n. 1 p. 29-37, 1981.
- LAURETTE, N. Prior Knowledge of Obstetric Gestational Age and Possible Bias of Ballard Score. **Obstetrics and Gynecology**, v. 93, n. 5, p. 1, 1999.
- LEBLANC M.H.; GRAVES, G. R.; RAWSON, T. W.; MOFFITT, J. Long-term outcome of infants at the margin of viability. **J Miss State Med Assoc**. v. 40, n. 4, p. 111-114, 1999.
- LENDREM, D. Statistical testing in dermatoglyphic studies. **Hum Hered**, v. 35, n. 4, p. 271-272, 1985.
- LESLIE, J.C.; GALVIN, S. L.; DIEHL, S. J.; BENNET, T. A.; BUESCHER, P. A. Infant mortality, low birth weight, and prematurity among Hispanic, white, and African American women in North Carolina. **American Journal of Obstetrics and Gynecologie**, v. 188, n. 5, p. 1238-1240, 2003.

- LEVI, S.; KEUWEZ, J. Fetal biometry: review and application of sex determination. **Ultrasound Medical Biologie**, v. 10, n. 1, p. 51-59, 1984.
- LIVINGSTON, R.; CRANE, V.; MIMS, L. C. Clinical assessment of gestational age. **JOGN Nurs**, v. 6, n. 6, p. 7-10, 1977.
- LOESCH, D. Z.; PRZYBYLA, B. Dermatoglyphic variation and weight and length at birth. **American Journal of Physiology and Anthropologie**, v. 75, n. 1, p. 101-106, 1988.
- LOESCH, D.; SWIATKOWSKA, Z. Dermatoglyphic total patterns on palms, finger-tips and soles in twins. **Annals of Human Biologie**, v. 5, n. 5, p. 409-419, 1978.
- LOWRY, M. F.; HOWELL, V.; BIRD, S. Paramedical assessment of gestational age in the newborn. **West Indian Medical Journal**, v. 25, n. 1, p. 17-22, 1976.
- LUGINAAH, I.N.; LEE, K. S.; ALBERNATHY, T. J.; SHEEDAN, D.; WEBSTER, G. Trends and variations in perinatal mortality and low birthweight: the contrib. economic factors. **Canadian Journal of Public Health**, v. 90, n. 6, p. 377-381, 1999.
- MACKANJEE, H. R.; ILIESCU, B. M.; DAWSON, W. B. Assessment of postnatal gestational age using sonographic measurements of femur length. **Journal of Ultrasound Medicine**, v. 15, n. 2, p. 115-120, 1996.
- MAIZA, D.; THEMAR-NOEL, C.; LEHRAND, I.; BENSANEL, H.; HASSAN, M. Ultrasonographic approach to the neonatal foot: preliminary study. **Journal of Pediatric Orthopedie**, v. 4, n. 2, p. 123-128, 1995.
- MALAN, A. F.; HIGGS, S. C. Gestational age assessment in infants of very low birthweight. **Archives of Disease in Childhood**, v. 50, n. 4, p. 322-344, 1975.

- MALHOTRA, K. C. Resolution of genetic and uterine environmental effects in a family study of new dermatoglyphic measure: sole pattern ridge counts. **American Journal of Physiology and Anthropologie**, v. 74, n. 1, p. 103-108, 1987.
- MANZAR, S. Survival pattern among extreme preterm infants. **Saud Medical Journal**, v. 21, n. 2, p. 168-170, 2000.
- MARTIN, R. H.; HIGGINBOTTOM, J. A clinical and radiological assessment of fetal age. **Journal of Obstetrics and Gynaecologie BC**, v. 78, n. 2, p. 155-162, 1971.
- MEIER, R. J.; GOODSON, C. S.; ROCHE, E. M. Dermatoglyphic development and timing of maturation. **Human Biologie**, v. 59, n. 2, p. 357-373, 1987.
- MEIROWITZ, N. B.; ANANTH, C. V.; SMULIAN, J. C.; MCLEAN, D. A.; GUZMAN, E. R.; VINTZILEOS, A. M. Foot length in fetuses with abnormal growth. **Journal of Ultrasound Medicine**, v. 19, n. 3, p. 201-205, 2000.
- MICELI, P. J. Brief report: birth status, medical complications, and social environment in differences in development of preterm, very low birth weight infants, **Journal of Pediatric Psychologie**, v. 25, n. 5, p. 353-358, 2000.
- MITCHELL, D. Accuracy of pre – and postnatal assessment of gestational age. **Archives of Diseases in Childhood**, v. 54, n. 11, p. 896-897, 1979.
- MONGELI, M.; BISWAS, A. Menstrual ade-dependent systematic error in sonographic fetal weight estimation: a mathematical model. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 30, n. 3, p. 139-144, 2002.
- MOORE, W. M. Assessment of gestacional age from amniotic fluid. **Lancet**, v. 26, n. 1, p. 493, 1972.

- MOURADIAN, L. E., ALS, H.; COSTER, W.J. Neurobehavioral functioning of healthy preterm infants of varying gestational ages. **Journal of Development and Behavior Pediatric**, v. 21, n. 6, p. 408-416, 2000.
- MURPHY, N.P.; RENNIE, J.; COOKE, R.W. Cranial ultrasound assessment of gestational age in low birthweight infants. **Archives of Disease in Childhood**, v. 64, n. 4, p. 569-572, 1989.
- NEILSON, J. P. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. **Cochrane Database Systematic Review**, v. 2 CD000182, 2000.
- NESSMANN, C. J. Assessment of fetal maturation. **Journal of Genetic Human**, v. 33, n. 3-4, p. 213-220, 1985.
- NICOLOPOLUOS, D. Estimation of gestational age in the neonate: a comparison of clinical methods. **American Journal Diseases of Childhood**, v. 130, n. 5, p. 477-480, 1976.
- OHDE, A.; UHLEMANN, M.; BOLTZ, M.; BRIESE, V.; PLATH, C.; WESTPHAL, B. C. Perinatal and neonatal mortality and morbidity in newborn infants up to 1,0. **Zentralbl Gynakol**, v. 117, n. 7, p. 358-363, 1995.
- OKAJIMA, M. A methodological approach to the development of epidermal ridges viewed on the dermal surface of fetuses. **Prog Clin Biol Res**, v. 84, p. 175-188, 1982.
- OKAJIMA, M. Development of dermal ridges in the fetus. **Journal of Medicine Genetic**, v. 12, n. 3, p. 243-250, 1975.
- OUNSTED, M. K.; CHALMERS, C. A.; YUDKIN, P. L. Clinical assessment of gestational age at birth: the effects of sex, birthweight, and weight for length of gestation. **Early Human Development**, v. 2. n. 1, p. 73-80, 1978.

- PAREKH, P.; BELAPURKAR, K. M.; KAUL, K. K. An evaluation of neurological and clinical criteria in the assessment of gestant birth. **Indian Pediatric**, v. 9, n. 12, p. 737-745, 1972.
- PARKIN, J. M.; HEY, E. N.; CLOWES, J. S. The assessment of gestational age in Ugandan an British newborn babies. **Development in Medicine of Child Neurologie**, v. 13, n. 6, p. 784-788, 1971.
- PEONIDES, A.; KATSOUGIANNOPOULOS, B. Rapid assessment of gestational age at birth. **Archives of Disease in Childhood**, v. 52, n. 6, p. 520, 1977.
- PIANTELLI, G.; SACCHINI, C.; COLTRI, A.; LUDOVICI, G.; PAITA, Y.; GRAMELLINI, D. Ultrasound dating-curve analysis in the assessment of gestational age. **Clin Exp Obstet Gynecol**, v. 21 n. 2, p. 108-118, 1994.
- PICKER, R.H.; KOSSOF, G.; BARRACLOUGH, B. M.; ROBERTSON, R. D.; PORTER, R.; FERRIER, A. New morphological ultrasonic assessment of fetal maturity and well-being allowing for the production of a scoring system. **Australas Radiologie**, v. 28, n. 3, p. 267-271, 1984.
- PLATT, L. D.; MEDEARIS, A. L.; DEVORE, G. R.; HORENSTEIN, J. M.; CARLSON, D. E.; BRAR, H. S. Fetal foot length: relationship to menstrual age and fetal measurements in the second trimester. **Obstetrics and Gynecologie**, v. 71, n. 4, p. 526-531, 1988.
- PLEASURE, J.; GENNARO, S.; CNAAN, A.; WOLF, F. An expanded neonatal morbidity scale for premature infants. **Journal of Nursing Measurement**, v. 5, n. 2, p. 119-138, 1997.
- PRIMHAK, R.; LUN, L.; PAKULE, C.; MACGREGOR, D. Gestational assessment of the newborn Melanesian infant. **P N G Med J**, v. 32, n. 2, p. 109-111, 1989.
- PURI, V.; THIRUPURAM, S. Assessment of gestational age of newborn. **Indian Pediatric**, v. 16, n. 10, p. 947-958, 1979.

- PUROHIT, N. N.; PUROHIT, M.; SAXENA, S. Critical evaluation of Usher's criteria in the assessment of gestational age. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 44, n. 356, p. 237-244, 1977.
- RASMUSSEN, S. Ultrasonic assessment of gestational age and prolonged pregnancy. **Tidsskr Nor Laegeforen**, v. 113, n. 27, p. 3366-3368, 1993.
- RIESE, M. L. Assessment of gestational age in twins: lack of agreement among procedure. **Journal of Pediatric Psychologie**, v. 5, n. 1 p. 9-16, 1980
- RINGERTZ, H. Cerebellar dimensions in assessment of gestational age in neonates. **Radiology**, v. 184, n. 2, p. 580-581, 1992.
- ROBERTS, C.; MUELLER, L.; HADLER, J. Birth-weight percentiles by gestational age, Connecticut 1988-1993. **Conn Med**, v. 60, n. 3, p. 131-140, 1996.
- ROBILLARD, P. Y.; CAUNES, F.; ALEXANDER, G. R.; SERGENT, M. P. Validity of postnatal assessments of gestational age in low birthweight infant Caribbean community. **Journal of Perinatology**, v. 12, n. 2, p. 115-119, 1992.
- ROORDA, R. D. A scanning beam time-resolved imaging system for fingerprint detection. **Journal of Forensic Science**, v. 45, n. 3, p. 563-577, 2000.
- SABBAGHA, R. E. Sonar biparietal diameter. II. Predictive of three fetal growth patterns leadin assessment of gestational age and neonatal weight. **American Journal of Obstetric and Gynecology**, v. 126, n. 4, p. 485-490, 1976.
- SAGOT, O.; DOUVIER, S.; GOUYON, J. B. What are the current limits for prematurity? **Presse Medicines**, v. 28, n. 36, p. 1993-1998, 1999.

- SAIGAL, S.; SRIVASTAVA, J. R. Newer clinical criteria of prematurity. **Indian Pediatric**, v. 5, n. 8, p. 369-378, 1968.
- SAMPAIO, F. J.; AMBROSIO, J. D. Length of the kidney and length of the foot. Correlative study. **Journal of Urology**, v. 96, n. 3, p. 129-131, 1990
- SAMUEL, K. Prenatal care, low birth weight and prematurity in Brazil, 2000. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 3, p. 303-310, 2003.
- SÁNCHEZ, M. E. C. Índice ponderal para calificar a una población de recién nacidos a término. **Annales Pediatric**, v. 59, n. 1, p. 48-53, 2003.
- SAUVE, R. S.; ROBERTSON, C.; ETCHES, P. Before viability: a geographically based outcome study of infants weighing 500g at birth. **Pediatrics**, v. 101, n. 3, p. 438-445, 1998. Supplement.
- SAYERS, S. M.; POWERS, J.R. An evaluation of three methods used to assess the gestational age of aborigin. **Journal of Paediatric Child Health**, v. 28, n. 4, p. 312-317, 1992.
- SCHMIRIGK, K.; RUTTINGER, H. The touch corpuscles of the plantar surface of the big toe. Histological and investigations with respect to age. **European Neurology**, v. 19, n. 1, p. 49-60, 1980.
- SENECAL, J. Comparison of some criteria used in the assessment of fetal age (author's). **Annals Pediatric (Paris)**, v. 26, n. 10, p. 682-686, 1979.
- SHARMA, A. Anthropometric measurements and physical characteristics in the assessment maturity. II. Physical characteristics. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 42, n. 333, p. 305-309, 1975
- SHARMA, J. N.; SAXENA, S.; SHARMA, U. Standard curves for mid arm circumference and mid-arm/head circumference newborns. **Indian Journal of Pediatrics.**, v. 57, n. 3, p. 389-393, 1990.

- SHERER, D. M.; PLESSINGER, M. A.; ALLEN, t. A. Fetal scapular length in the ultrasonographic assessment of gestational age. **Journal of Ultrasound Medicine**, v. 13, n. 7, p. 523-528, 1994.
- SHI, S. Z. The exploration of assessment of gestational age in newborn. **Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi**, v. 17, n. 1, p. 28-30, 1982.
- SHIBLY, E. T.; OMER, M. I.; DOWNHAM, D. Y. Assessment of gestational age in Sudanese newborns. **Annals of Tropical Paediatric**, v. 5, n. 2, p. 67-8, 1985.
- SHINGWEKAR, A. G.; PAERKH, P.; KAUL, K. K. An evaluation of scoring system in the assessment of gestational. **Indian Pediatrics**, v. 10, n. 9, p. 531-516, 1973.
- SHIONO, K. Methods for taking foot prints of newborn infants. **Josanpu Zasshi**, v. 36, n. 4, p. 341-342, 1982.
- SINGH, H. Determination of gestational age of newborns a comparative stud. **Indian Pediatrics**, v. 27, n. 11, p. 1229-1230, 1990.
- SINGH, M.; RAZDAN, K.; GHAI, O. P. Modified scoring system for clinical assessment of gestational age in the new. **Indian Pediatrics**, v. 12, n. 4, p. 311-316, 1975.
- SOLER, A.V.; ANDRÉS, S. P.; MONTERUBIO, C. C.; OLIVÁN, S. A.; ARIAS, G. P.; HEREDIA, I. L.; LAVIN, C. Morbimortalidad en recién nacidos de muy bajo peso en el control de la calidad de la asistencia perinatal. **Anales de Pediatría**, v. 58, n. 5, p. 464-470, 2003.
- SUTTON, L.; BAJUK, B. Population based study of infants born at less than 28 weeks' gestation in Australia, in 1992-3. **Paeditric Perinatology Epidemiology**, v. 13, n. 3, p. 288-301, 1999.

TANDON, L.; GUPTA, S. P.; DIKSHIT, S. K. A study of some physical criteria for the assessment of prematurity. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 38, n. 279, p. 187-201, 1971.

THOMPSON, A. M.; BILLEWICZ, W.Z.; HYTTEN, F.E. The assessment of fetal growth. **Journal of Obstetrics and Gynaecology BD**, v. 75, n. 9, p. 903-916, 1968.

THOMPSON, C. M.; BUCCIMAZZA, S. S.; WEBSTER, J.; MALAN, A. F.; MOLTENO, C. D. Infants of less than 1250 grams birth weight at Groote Schuur Hospital: outcome at 1 and 2 years of age. **Pediatrics**, v. 91, n. 5, p. 961-968, 1993.

TOMMISKA, V.; HEINONEN, K.; IKONEN, S.; KERO, P.; POKELA, M. L.; RENLUND, M.; VIRTANEN, M.. A national short-term follow-up study of extremely low birth weight infant in 1996-1997. **Pediatrics**, v. 107, n. 1, p. E2, 2001.

VENTRUTO V. A simplified method for observing and recording dermatoglyphic patterns, including counting sweat pores. **Clinical Genetics**, v. 30, n. 6, p. 525-527, 1986.

VERHOEFF, F. H.; MILLIGAN, P.; BRABIN, B. J.; MLANGA, S.; NAKOMA, V. Gestational age assessment by nurses in a developing country using the Ballard external criteria only. **Annals of Tropical Paediatrics**, v. 17, n. 4, p. 333-342, 1997.

VERLOOVE-VANHORICK, S. P.; VERWEY, R. A. Serious prematurity in the Netherlands. **Ned Tijdschr Geneesk**, v. 133, n. 11, p. 547-550, 1989.

VOCEL, J.; MARKOVA, H. Significance of sole dermatoglyphics and of foot length in the accurate determination of gestational age in the newborn infants. **Cesk Pediatr.**, v. 33, n. 10, p. 618-620, 1978.

VOLPON, J. B. Footprint analysis during the growth period. **Journal of Pediatric Orthopedie**, v. 14, n. 1, p. 83-85, 1994.

- VON VOSS, H.; TRAMPISCH, H. J.; GRITTERN, M. Simple and practical method for the determination of gestational age of newborns. **Journal of Perinatal Medicine**, v. 13, n. 5, p. 207-217, 1985.
- WATSON, R. S. Prematurity associated costs: more than just surfactant. **Pediatr Critical Care Medicine**, v. 4, n. 2, p. 256-257, 2003.
- WIDHER, T.; AARO, S.; ELMSTED, E. Foot deformities in the newborn. Incidence and prognosis. **Acta Orthopædica Scandinavica**, v. 59, n. 2, p. 176-179, 1988.
- WISSER, J.; DIRSCHIEDL, P.; KRONE, S. Estimation of gestational age by transvaginal sonographic measurement of greatest embryonic length in dated human embryos. **Ultrasound Obstetric and Gynecology**, v. 4, n. 6, p. 457-462, 1994.
- WOLFF, C H. Documentation of plantar dermatoglyphics for the identification of newborn infants. **Zentralbi Gynakol**, v. 93, n. 41, p. 1426-1431, 1971.
- WONG, A. K.; VOGEL, M. A.; STEG, N.L. Syndrome discrimination by computerized dermatoglyphic analysis. **Birth Defects Orig**, v. 13, n. 3A, p. 61-66, 1977.
- WOOD, B. et al. Survival and morbidity of extremely premature infants based on obstetrics assessment of gestational age. **Obstetrics and Gynecology**, v. 74, n. 6., p. 889-892, 1989.
- WOODS, D. L.; MALAN, A. F. Assessment of gestational age in twins. **Archives of Disease in Childhood**, v. 52, n. 9, p. 735-737, 1977.
- ZVIAGIN, V. N.; TARASOV, I. B. Forensic medical criteria of relationship according to dermatoglyphic of the foot. **Sud Med Ekspert**, v. 39, n. 3, p. 23-28, 1996.

10 APÊNDICES

10.1 PRODUÇÃO ACADÊMICA

10.1.1 Dissertações de Mestrado

- 10.1.1.1 Um Sistema Computacional para Apoio a Neonatologia Utilizando o *Método FootScanAge* [Dissertação de Mestrado]. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2001. Autor: Cristóvão Nunes Gorga; Orientadora: Professora Olga Regina Pereira Bellon.

RESUMO

A determinação da idade gestacional em recém-nascidos prematuros constitui-se numa questão fundamental para a escolha do tratamento adequado e para a conseqüente avaliação das suas possibilidades de sobrevivência. No correr dos séculos, muito se tem discutido sobre os conceitos de prematuridade e sobre os métodos de avaliação da idade gestacional, com avanços pouco significativos. Este trabalho apresenta um sistema computacional para apoio a neonatologia, como auxílio à comprovação de um novo método de determinação da idade gestacional, adequado aos conhecimentos tecnológicos atuais. O trabalho apresenta também um estudo sobre a evolução da informática médica, identificando caminhos e tendências. Também são apresentadas algumas técnicas e sistemas de recuperação de imagens baseadas em conteúdo.

10.1.1.2 Princípios para a Construção de Banco de Dados de Imagens Médicas. [Dissertação de Mestrado]. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2001. Autora: Jeroniza Marchaukoski; Orientador: Professor Marcos Sfair Sunye.

RESUMO

Este trabalho apresenta princípios para a construção de banco de dados de imagens médicas, em que propõe uma arquitetura de sistema de banco de dados, a divisão da imagem em níveis, e a representação dos níveis em um esquema de banco de dados baseado no modelo de Entidades de Relacionamentos (ER). Trata-se de uma arquitetura composta por módulos que possibilitam a aquisição e o armazenamento dos dados da imagem e referentes a ela, que auxiliará o diagnóstico, a pesquisa e o treinamento médico. A imagem médica é apresentada em níveis, considerando os dados extraídos da imagem como: imagem crua, segmentada, extração de características, interpretação, semântica; e os dados referentes a ela como: modalidade do exame, parte da anatomia estudada e paciente. Na aplicação teórica chegou-se ao resultado de que, através dos níveis da imagem médica, é possível a interação e, conseqüentemente, a unificação dos dados desta imagem, estabelecendo uma arquitetura passível de expansão, que permite a qualquer profissional da área médica dispor desses dados em uma única fonte.

10.1.1.3 Desenvolvimento de uma Ferramenta de Processamento de Imagens para o *Sistema FootScanAge* [Dissertação de Mestrado]. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2002. Autor: Maurício Severich; Orientadora: Professora Olga Regina Pereira Bellon.

RESUMO

A literatura atual aponta para a necessidade de um novo método não invasivo e mais preciso para determinação da idade gestacional. Com esse objetivo, foi criado o *Método FootScanAge*, que procura provar que através de características da superfície plantar e informações relacionadas a recém-nascidos, pode-se obter a idade gestacional.

Neste trabalho, o problema da análise da superfície plantar foi abordado de forma computacional, com o desenvolvimento de uma ferramenta que tem como principal objetivo apoiar a comprovação do *Método FootScanAge*, fornecendo desta maneira contribuições para a Neonatologia e também para a área de Processamento de Imagens.

A ferramenta desenvolvida viabiliza a análise supervisionada da imagem da superfície plantar de recém-nascidos, disponibilizando diferentes técnicas para cada um dos problemas encontrados no processamento deste tipo de imagem que apresenta muitos detalhes e, até o início deste estudo, não haviam recebido interesse da comunidade de processamento de imagens, para fins de estimativa da idade gestacional.

Entre as principais contribuições apresentadas estão: o desenvolvimento de (1) uma técnica de seleção de limiar global para identificação da região da imagem correspondente à superfície plantar, (2) um filtro para redução de ruídos com preservação de características mínimas, (3) uma técnica para detecção de sulcos, (4) a extração automática de medidas da superfície plantar, (5) bem como de uma ferramenta que une todas as técnicas de forma que o usuário possa supervisionar e interagir com a mesma na análise da superfície plantar.

Os resultados experimentais indicaram que há realmente uma relação entre as características da superfície plantar e a idade gestacional, fornecendo novas informações que permitiram rever algumas considerações iniciais quanto ao processo de análise das características.

A ferramenta está sendo utilizada e avaliada pela disciplina de Neonatologia do Departamento de Pediatria da Universidade Federal do Paraná e vem contribuindo para a pesquisa do *Método FootScanAge*.

10.2 MONOGRAFIAS DE ESPECIALIZAÇÃO

- 10.2.1 Desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados Orientado a Web para o *Sistema FootScanAge* [Monografia de especialização]. Curitiba, Universidade Federal do Paraná (em andamento, a ser apresentada em novembro de 2003). Autor: Rodrigo Ávilla Zandavalli; Orientadora: Professora Jeroniza Marchaukoski.

10.3 PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS

10.3.1 A Health Care Information System to Neonatology Support. 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. IEEE Press (2002: 29-34)

A HEALTH CARE INFORMATION SYSTEM TO NEONATOLOGY SUPPORT. 15TH IEEE INTERNATIONAL
CONFERENCE ON COMPUTER BASED MEDICAL SYSTEMS (CBMS); MARIBOR, ESLOVÊNIA.

A Health Care Information System for Neonatology Support

C.N. Gorga, J.N. Marchaukoski, M.S. Sunyé, O.R.P. Bellon
Departamento de Informática
Universidade Federal do Paraná
Curitiba-PR, Brazil
{cgorga, jnm, sunye, olga}@inf.ufpr.br

L. Silva
CPGEI
CEFET-PR
Curitiba-PR, Brazil
luciano@inf.ufpr.br

M.N.L. Cat
Departamento de Pediatria
Hospital de Clínicas da UFPR
Curitiba-PR, Brazil
monica@hc.ufpr.br

Abstract

The determination of gestacional age in newborn children is fundamental to the evaluation of their survival possibilities. In many cases, when the qualified prenatal attendance is not done the evaluation pos-birth of the gestational age becomes the only alternative. This paper presents a medical image retrieval system of medical images achievement, whose goal is to help the confirmation of a new method (called FootScan) to gestational age determination, through the digital image of the dematoglyphics from the plantar region of the newborn. The system includes a level of knowledge, associated to the database, wich stores information from the patients, image features and their logical relationships.

1. Introduction

Medical images make up one of the most important aspects of patient diagnostics, therapeutic treatments, surgical planning and subsequent follow ups. Besides, there exists a growing tendency to digitalize images encompassing a diversity of methods and equipment [7]. In the past, research with medical images were isolatedly conducted, with each researcher doing his own research individually, with little interchange and a lack of multi-disciplinary approach. Today, reality is different and demand is growing for image retrieval systems which can satisfactorily solve basic problems of filing, communication, classification, organization and the image retrieval, which can also provide the adequate processing that can allow the obtention of relevant information automatically [11].

In Medical informatics, as in Medicine, Neonatology is an area with peculiar characteristics where the decision taking has to be immediate, foreseeing clinical problems through previous knowledge of involved circumstances, with the intent of giving the best possible treatment to newborn babies [4]. Within these, one group deserves special attention, those prematurely born due to their unique characteristics in their treatment [1].

Studies by specialists have shown that the problems felt by the premature new borns are notably different from the others and that the technological evolution has led to new

clinical possibilities, increasing the success percentage of treatment of premature babies [10], [2], thereby making it more and more important to know their gestational age.

The estimated gestational age depends on the pre-natal accompanying (ultra sonic evaluation taken during the first three months of pregnancy), allied to the known date of the last period and the measurement of the foetus. In many situations, due to various reasons [8], these parameters are not considered, leading to an unknown gestational age. The alternative, to premature birth cases, is to use the post natal methods for gestational age evaluation, which depend greatly on subjectivity or Neonatology experience, and are considered to be "invasive" as they demand a great deal of handling of the newborn. Therefore it is essential that the search to find a new non invasive and precise method so as to obtain the gestational age [12].

This article presents an image retrieval system which gives support to Neonatology, assisting in the proving of a new method in determining gestational age, by means of digital images of the wrinkles and dematoglyphics of the newborn plantar region, known as Footscan method [1].

This paper uses as a basis an outline for the construction of a database of medical images, where the content of the images is divided in different levels (low level, segmentation [6], interpretation, semantic, characteristics, reference and knowledge) to better represent the semantic content of the types of data. The outline considers the construction of graphical interfaces, with the object of helping the interaction by a specialist with the acquisition image process, from the reception to the storage in a data base.

Section 2 discusses the difficulties for the obtention of adequate images to be used by this method. Section 3 shows the main functions of the developed image retrieval system. Section 4 presents the comments obtained from the preliminary operational tests of the system, followed by the conclusions, in Section 5.

2. Image Acquisition

Several types of equipment were used in images acquisition from the newborn plantar region:

- Hand scanner (Figure 1(a)) - There were difficulties in handling it in the fragile plantar region of the newborn, difficulties in the speed which it should be applied over the region and over heating of the equipment.
- Digital photography (Figure 1(b)) - There were technical difficulties such as the standardisation of the position of the plantar region, angle of incidence conditions of luminescence, distance of the camera in relation to the plantar region and interference in the quality of the picture due to the spontaneous movement by the newborn.
- Table scanner - Impression images of the plantar region on paper were used, which routinely taken after birth. At this moment the bad quality of the images obtained (at birth) became evident and their importance too, as one of the primordial ways of neonatal identification (and as the best potential image to be used in the Footscan method).

The results obtained motivated the research group to discuss the usage of images of the plantar region surface of newborn, obtained through present techniques. As a consequence, the paper impressions of the plantar region were re-evaluated and re-studied [3], leading

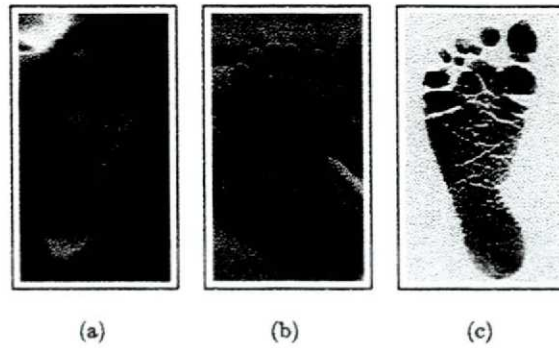


Figure 1. Examples of different images of the newborn plantar region taken from different equipments. (a) Image acquisition by the hand scanner; (b) Image acquisition by the digital photograph camera; (c) Image acquisition by the table scanner of the plantar impression on sheet.

to a review of the methods and the identification of the problems from their acquisition to their storage. After solving the problems, the traditional method of obtaining plantar region images of newborn babies, in the surgical room, through foot impressions, produced images that were considered to be satisfactory (Figure 1(c)) for the image retrieval process and so was chosen to be the best usage for the system.

3. Footscan System

The application of medical image databases have flourished recently due to the large growth in the storage capacity and processing capabilities of image retrieval systems, the utilization of CD-ROMs and the successful use of "browsers" on the Internet, which allow the users to access a large quantity of information held in distant places.

Images are the type of data most complex handled by differing systems. Because of this, the structure of a system used to manage images must include a set of procedures which need great interaction with the users [5], [6]. These interactions must occur through simple interfaces [13], such as storage and visualization, as well as image processing and analysis.

3.1. General Characteristics

The Footscan is a system for retrieval of medical images based on content that uses feature's vector, including patient information (mother and baby), plantar region images, segmentation data and characteristics obtained through image processing. The system has a set of graphical interfaces which allow the interaction with the users (specialists) throughout the whole system. Furthermore, variable statistical values (fields) are calculated and lead to comparative graphs which are made available to the users. The storage tendencies (relationship between different fields) is possible as well as the verification through analysis of the associated images. So as to fulfil the needs of the users, the image retrieval is made available through three different manners: textual data, tendency selection (knowledge) and characteristics of the relevant images.

3.2. Knowledge Level

The system has a level of knowledge, associated with the database, capable of storing tendencies, by correlating information from different levels: semantic, segmentation, characteristics, reference and interpretation. The knowledge information do not have quantitative restrictions and depend solely on the capacity limits of the hardware. The established relationships can be organized in a hierarchy of priorities, defined by the specialist, capable of being altered whenever necessary as theories are accepted or rejected.

The established knowledge can become a useful tool for the process of image acquisition, helping to identify the tendencies, as well as confirming theories. The processing of new images receives existing influences (knowledge), providing back up for specialists during the process of segmentation and definition of relevant characteristics, moreover it allows the identification of relevant images during this phase.

3.3. Integration of the Image Processing Tool to the Footscan System

The image processing tool is a module of the system [9]. So as to allow the interaction, both share the same database. It is up to the "tool" to find in the database the stored images and make image processing tools available, capable of extracting the segmented and feature information. The image processing is done by a friendly graphic interface, which allows the user to participate in the process, through filter selection and evaluation of results. As to the image retrieval, the system utilizes the different data stored in the database and their relationship, allowing the retrieval of images based on text data and/or through content. In the future, other characteristic information may be included in the database, which will make it possible to retrieve images based on colour, rugosity, texture, by the similarity in the lines or distances between the main lines (on the soles of the newborn's feet) depending on the necessities observed.

3.4. Data Representation Levels

The diagram presented in Figure 2 shows the different levels of information contained at the start of the evaluation of the patients; the exams. Every exam can be considered to be made up of a examination data and their corresponding images. The examination data (text) originate the reference level, which is composed of the patient's information and the specific characteristics of each examination.

The low level identifies the physical representation of the images, that is, the raw image, normally represented by a matrix of pixels. In the semantic level, we have the definition of the labels for the image, which bring together semantics to the whole of the relevant characteristics that should be identified by the processing and, immediately thereafter, stored for treatment of the subsequent levels.

As a result of the processing, the level of segmentation corresponds to the effective fixing of semantics to the image. At this level, the areas of interest that have common characteristics are identified and labelled.

The level of characteristics follows the level of segmentation, where the characteristics of the labelled images are identified and their relationships, such as length, width, form grey levels position of objects and distances.

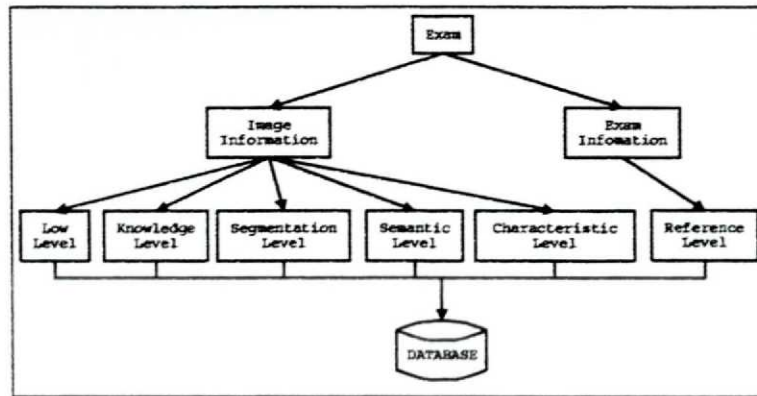


Figure 2. Data representation diagram.

After the image processing (segmentation and definition of the labelled image features), the specialist usually uses the level of interpretation when transcribing the relevant observations occurring from the analysis of the whole or part of the image.

The level of knowledge allows the representation of the relationships between the various relevant information to the study which can be hierarchically organized, in a way to help in the identification of the possible tendencies.

3.5. System Structure

The diagram presented in Figure 3 shows the structure needed to implement the presented project. The interaction with the specialist (user) is prioritized and is done through different graphic interfaces with differentiated objectives. Through the graphic interfaces of the process acquisition, the specialist stores in the database the archives with examination images, acquired through the different processes.

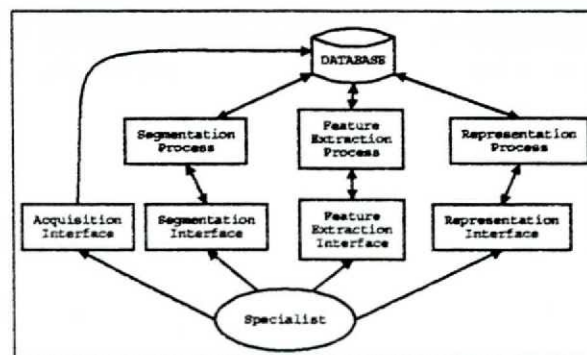


Figure 3. System architecture diagram.

In the graphic interface of the segmentation process, the previously obtained images are processed and segmented, according to the pre-established semantics. The specialist has a critical role in choosing the filters and the segmentation algorithms, as well as in evaluating the obtained results. The graphic interface in the feature extraction process must also

privilege the interaction with the specialist, who evaluates the results of the characteristics obtained from the segmented images.

The graphic interface of the representation process has the double function of allowing the means of inserting textual data information, as well as offering the possibility of searching and recovering data and images. The system allows query by reference level (text data), by knowledge level (text data and/or image characteristics) and by segmentation level (feature's vector).

4. Conclusion

This article presents an image retrieval system to support neonatology as a confirmation of a new method to determine the gestational age (post-natal), by using the digital images of the dermatoglyphs of the plantar region of newborn. The Footscan system is still in the data inclusion phase subject to normal difficulties of information gathering. However, though still in the initial implantation phase, the system has already shown a relevant contribution to the neonatology unit of the Hospital de Clínicas, with the improvement in the plantar surface image obtention of newborn babies, including the digital storage of images used for neonatal identification.

The system may well receive future upgrades such as artificial intelligence, in the development of a tutorial tool for training new specialists; the addition of data mining tools; and a re-evaluation of the interface between man and machine, allowing a more friendly interface with the users (specialists).

References

- [1] M.N.L. Cat. *FootScan for gestational age determination, analysis and comparison with other gestational age evaluation methods*. PhD thesis, UFPR, 2001.
- [2] M. Hack and A.A. Fanaroff. Changes in the delivery room care of extremely small infant (< 750gm) : effects on morbidity and mortality. *New Engl. J. Med.*, pages 1330-1336, 1983.
- [3] M.L. Kakuda. A taking of newborn plantar impressions as a nursing problem. study of ink, sheet and application mode. *Nursing Magazine in New Dimension*, 3:362-368, 1997.
- [4] M. Klaus and H. Fanaroff. *Alto Risco em Neonatologia*. Ed. Interamericana, 4 edition, 1995. Rio de Janeiro.
- [5] J.N. Marchaukoski. Principles for medical images database construction. Master's thesis, UFPR, 2001.
- [6] S.D. Olabarriaga and A.W.M. Smcuders. Interaction in the segmentation of medical images: A survey. *Medical Image Analysis*, pages 127-142, 2001.
- [7] D. Parvati. Imaging and visualization in medical education. *IEEE Computer Graphics and Applications*, pages 20-31, 1999.
- [8] T.O. Scholl, L.K. Miller, R.W. Salmon, M.C. Cofsky, and J. Shearer. Prenatal care adequacy and the outcome of adolescent pregnancy effects on weight gain, preterm delivery, and birth weight. *Obstet. Gynecol.*, 69:312-316, 1987.
- [9] M. Severich. An image processing tool for the footscan method. Master's thesis, UFPR, 2001.
- [10] M.A. Schlucter S.J. Kilpatrick and R. Piccuch. Outcome of infants born at 24-26 weeks gestation. survival and cost. *Obstet. Gynecol.*, page 803, 1997.
- [11] A. W. M. Smcuders, M. Worrying, S. Santini, A. Gupta, and R. Jain. Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(12):1349-1380, 2000.
- [12] A. Sola and L.C. Chow. The coming of (gestational) age for preterm infants. *Journal of Pediatrics*, 135:137, 1999.
- [13] J. N. Stahl and B. Kramann. Customized medical image databases: a low cost approach. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 21(6):345-350, 1997.

10.3.2 Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination. 6th International Conference on Medical Image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. Lectures Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2003, In Press.

IMAGE ANALYSIS OF NEWBORN PLANTAR SURFACE FOR GESTATIONAL AGE DETERMINATION. 6TH
INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEDICAL IMAGE COMPUTING & COMPUTED ASSISTED INTERVENTION
(MICCAI); MONTREAL, CANADÁ. LECTURES NOTES IN COMPUTER SCIENCE, SPRINGER-VELAG, 2003

Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination

Olga R.P. Bellon^{*1}, Maurício Severich¹, Luciano Silva², Mônica N.L. Cat³, and Kim L. Boyer⁴

¹ Universidade Federal do Paraná - Dept. Informática, Curitiba/PR-Brasil
{olga, luciano, mseveric}@inf.ufpr.br,

² Centro Federal de Educação Tecnológica - CPGEI, Curitiba-PR-Brasil

³ Universidade Federal do Paraná - Hospital de Clínicas, Curitiba/PR-Brasil
monica@hc.ufpr.br

⁴ The Ohio State University - Dept. Electrical Engineering, Columbus/OH-USA
kim@ee.eng.ohio-state.edu

Abstract. We present a computational approach to support gestational age determination of premature newborns. This knowledge is fundamental to guide postnatal treatment and increase survival chances. However, current approaches are both invasive and do not generate precise results. This paper presents an original and non-invasive method to determine the gestational age based on information supplied by plantar surface images. These images present many details and patterns but to date have not received attention from the image processing community. We provide a computational tool with suitable facilities to allow the image analysis, either automatically or user-driven. Besides its importance to Neonatology, this work represents a contribution of Computer Vision concepts to Medical Imaging. The experimental results confirm the relationship between the plantar surface features and newborn gestational age.

1 Introduction

Medical images supply important information in patient diagnoses and treatments. Several applications in Medicine have benefited from different image processing techniques, such as organ segmentation and visualization [1]. This paper presents an original contribution to medical imaging in the use of image processing techniques in estimating the gestational age of premature newborns.

The gestational age is fundamental to guide treatment of newborns and is defined according to his/her physiological development. Often, the estimated gestational age determines the feasibility of the treatment. Presently, there are suitable methods to determine the gestational age, but they depend on adequate prenatal attendance and ultrasonic evaluation, achieved in the first trimester of gestation [2]. In many situations, for a variety of reasons [3], the needed information is not available. The alternative is to adopt different postnatal evaluation

^{*} The authors, L. Silva and O.R.P. Bellon thank to CAPES for financial support.

methods [4], which have three disadvantages: 1) they are invasive - requiring intensive newborn handling; 2) they are imprecise - are not based on premature populations; and 3) they require high levels of expertise in Neonatology.

Studies performed by Neonatologists show that the problems suffered by premature newborns differ from those in full term babies. There is a great difference in survival probabilities and neurological outcome, especially between 24.5 and 25.5 weeks [5], Fig. 1. Furthermore, technological evolution has provided new clinical possibilities, increasing the success rate in premature newborn treatment [2]. Therefore, knowledge of gestational age has become very important and it is evident that a non-invasive and more precise method of determining this age is needed. We propose a new approach, FootScanAge, to determine gestational age by analyzing the plantar surface image.

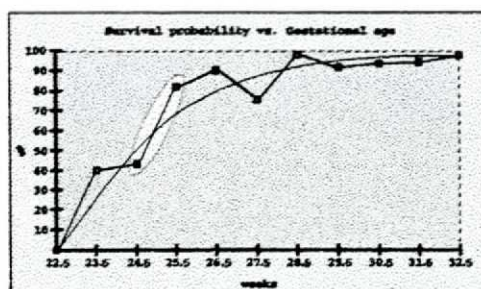


Fig. 1. Survival probability (%) vs. Gestational age in weeks.

The FootScanAge method is based on the observation that both the plantar surface and plantar wrinkles present different shapes and follow reasonably predictable patterns according to the gestational age. Moreover, it is known that wrinkles in the plantar surface start to develop when the fetus has 18 weeks [6]. We developed a prototype of an information system with the goal of validating this hypothesis. This paper presents the image-processing tool of the system, designed to provide information required by the method, which includes: 1) size of the plantar surface; 2) area and shape of the plantar surface; 3) characteristics of plantar wrinkles; and 4) percentage of wrinkle occupancy. We also present experimental results confirming some initial assumptions about the method.

The plantar surface image is unusual and presents details that must be preserved during its processing. The main problem is the high variation of wrinkle patterns. We tested several approaches to image acquisition: 1) *hand scanning*, presenting difficulties in handling on the fragile plantar region of premature newborns; 2) *digital photography*, which presents difficulties in standardizing the position of plantar surface and the illumination conditions; and 3) *table scanning* for plantar impression on a sheet, usually made in the delivery room just after the birth for record keeping, which underscored the poor quality of the currently achieved images. Despite these difficulties, the plantar impression generated the most promising type of image. But it was necessary to re-evaluate the procedure

to acquire the impressions, in light of our requirements. This led to a review of technical problems in the acquisition of newborn registration images. Following suitable modifications, the plantar impression produces images considered satisfactory for computational processing and is used in our system (Fig. 2(a)).

2 The Image-Processing Tool

Although an ideal solution would be autonomous in medical applications, user intervention is almost always required due to domain complexity and image acquisition limitations [7]. Our image processing tool was designed based on this concept and comprises four stages, as discussed below, providing facilities to help the expert in the analysis of plantar surfaces. The tool allows the user to supervise and modify the tuning parameters of each stage, improving the automatic processing results. These parameters are stored in a database and the most used are automatically selected as default values for subsequent analyses.

2.1 Region of Interest (ROI) extraction

This stage identifies the image background, (Fig. 2(c)), and its four main areas (Fig. 2(d)), which are individually analyzed during the measurement stage. The first step is a global binarization using an automatic threshold T . Our approach to setting T is based on the literature [8,9] and uses two measures of central tendency and three measures of variation (Eq. 1), where: \bar{X} , is the average value of all image pixels, $ADev$ is the image mean absolute deviation, Med is the image median value, $MDev$ is the image median absolute deviation, and σ is the image standard deviation.

$$T = ((\bar{X} + ADev + Med + MDev)/2) - \sigma \quad (1)$$

Our experimental results show that for plantar surface images our threshold technique works better than when only the mean or median value is used. This approach also outperforms the well-known Otsu's threshold [10]. The binary image is processed to correct the foot orientation, facilitating the extraction of measures. Then, a morphological closing method [11] is applied to the image (Fig. 2(b)) to fill small gaps, allowing the identification of the plantar surface boundaries. The user selects the number of closing iterations to achieve better results in specific situations (Fig. 2(c)). The closed image is partitioned into four regions (Fig. 2(d)) by using the known length percentage of each region, adapted from [6]. The objective is both to allow the computation of ratios between different areas and to verify the behavior of wrinkles in each area, according to the needs of the FootScanAge method.

2.2 Edge-preserving noise/speckle reduction

Because we seek to analyze the wrinkles of the plantar surface, we searched for an enhancement technique that would improve the image quality without corrupting

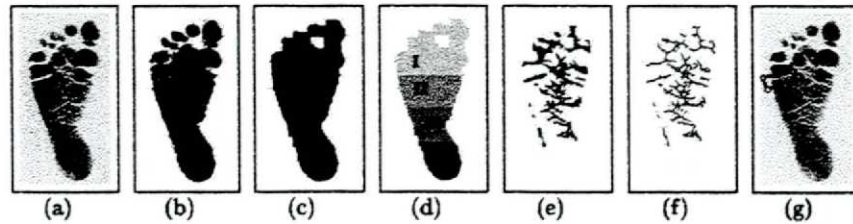


Fig. 2. Different stages: (a) Plantar surface image; (b) Binary image; (c) Plantar region; (d) Four main regions; (e) Wrinkles; (f) Thinned wrinkles; (g) User selection.

fine details is justified. Thus, 186 plantar surface images were used to evaluate a variety of filters. By comparing of well-known common filters, such as Mean and Median, against edge-preserving noise reduction filters, such as SensiEdge [12], NGIW (*New Gradient Inverse Weighted Filter*) [13] and DGIW (*Directional Gradient Inverse Weighted Filter*) [14], we see that the edge-preserving filtering best preserves the wrinkle shapes as needed.

SensiEdge [12] detects an edge and its orientation in a local neighborhood. A pre-specified threshold t_1 is used to identify edge pixels and the selected pixels are used in Mean filtering. Our modified SensiEdge improves the previous method by using local gradient information to automatically define edge pixels and by using Median filtering, which better preserves edges in this specific situation.

Although the DGIW yields more homogeneous regions, the masks used in selecting the optimal neighborhood affect its performance. Hence some image structures that should be preserved can be suppressed. The DGIW selects as optimum the neighborhood with minimum variance; this is a valuable approach in the presence of impulsive noise. Otherwise, it can use the current pixel value rather than the neighborhood mean to compute all neighborhood variances.

Since the DGIW uses the filter response of the selected neighborhood, and neighborhoods are set by square masks [14], this operation can generate chess-board artifacts in some image structures. It was observed in our tests that chess-board artifacts are more pronounced by using the NGIW [13]. To minimize this, the user can select Median instead of the NGIW. However, the Median can obliterate thin lines, and thus it should only be used under known conditions.

For noise reduction, we also developed an adaptive edge-preserving filter combining local statistics, especially designed line masks [11], Median filter, our modified DGIW and the NGIW. This filter provided the best results of all filters studied. Local statistics are used to estimate: 1) the edge pixel candidates, and 2) the most suitable filter to apply. Depending on this estimate, the filter computes the median of the selected line mask or applies the DGIW or the NGIW. Due to the relative complexity in filter adjustment, from the user's point of view (Neonatologists), we reduced the filtering options to only those with the best results: the NGIW, our modified SensiEdge, and the developed edge-preserving filter.

2.3 Wrinkle detection

The plantar wrinkles are detected by region growing, which uses 1) the Niblack adaptive thresholding [9] to select seeds, and 2) a local threshold with region statistical information to assign a plantar wrinkle label to a pixel. Initially, it is verified if a pixel can be a seed of a wrinkle region: if its value is greater than the Niblack threshold t_2 , within an $N \times N$ window, then it can be a seed, s_i . A new region is then initialized and a growing process, using 8-connectivity, is started from s_i . In our tests, values of N from 40 to 50 were effective.

A pixel can be joined to a region if it satisfies a homogeneity criterion p , $[m - t < p < m + t]$, where m is the region mean value and t is a tolerance that depends on the number of pixels of the region. If a region has less than n pixels, t is the user suggested tolerance. Otherwise, t is the region absolute mean deviation d . In our experiments, we set n between 10 and 25, as lower values do not produce reliable absolute mean deviation and higher values tend to favor the user suggested tolerance.

The detected wrinkles, (Fig. 2(e)), are shown to the user for validation or refinement of the detection parameters. Then, a thinning process is applied to obtain the skeleton of the wrinkles, (Fig. 2(f)). In this process, a morphological thinning algorithm was performed based on the distance transform and structuring elements of Mathematical Morphology [15]. The line crosses and forks on the skeleton (Fig. 2(f)) are computed and a set of vertices v are defined. This information is used to remove undesirable parasitical lines from the skeleton.

2.4 Image measurements

To standardize the measurements, the resolution of the acquisition device was fixed to 200 dpi. Thus, the measurements provided to the user are directly mapped using this information. Some measurements are automatically computed and presented to the user, such as plantar surface measurements (length, width, area, occupation) and regions measurements (area and "corrugation").

The initial image (Fig. 2(a)) is shown to the user who then defines a region in which wrinkles must be measured (Fig. 2(g)). The region vertices are set by interactive "mouse clicks" on the image. The system computes the wrinkle measurements for all wrinkles detected within the selected area. This process must be done to all desired wrinkles. The measured lengths are the number of pixels in the selected lines. The measured widths are computed as the median value of the wrinkle skeleton values previously calculated by the thinning algorithm.

3 Experimental Results

3.1 Image Processing

The current literature reveals no work on plantar surface image analysis, so a direct comparison to prior work can not be performed, but a visual evaluation is presented in this section. As described, the image-processing tool was developed

on a user-driven basis. However, as a quantitative experiment, 186 images were processed without user intervention to observe the tool behavior in performing different tasks.

ROI extraction: Although our automatic threshold yields better foot segmentation than Otsu's approach (Fig. 3) the tool failed to identify the plantar surface in 5 images. This occurred either due to the use of an inaccurate automatic threshold, or not enough morphological closing iterations, set to 13 iterations in the initial experiments.

Noise reduction: Our adaptive edge-preserving filter was chosen to process all images. The filter has a single parameter that defines the number of iterations and was set to two, yielding satisfactory results. The filter behavior tends to be stable with more than two iterations, generating only minor changes. From visual comparison, the NGIW was chosen (three iterations), because it yielded the best results in all experiments. Some image structures, such as thin lines and line endings, are blurred by NGIW filter (Fig. 4).

Wrinkle detection: The initial parameter to adjust wrinkle detection is the user tolerance, which was not based on user visual judgment but on the absolute mean deviation of the image. This solution was not suitable for wrinkle detection on some images, since only a little amount of wrinkle were identified (Fig. 5(b)), although wrinkle detection was satisfactory on most images (Fig. 5(e)).

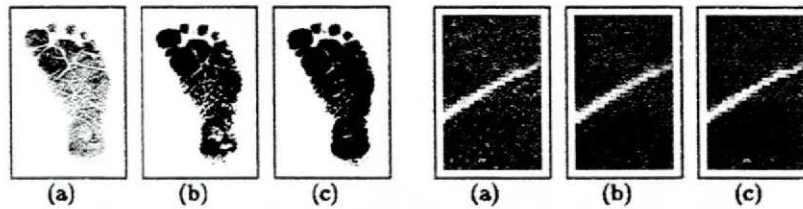


Fig. 3. Global thresholding: (a) Input image; (b) Otsu threshold=206; (c) Our method, threshold=229.

Fig. 4. Edge-preserving results: (a) Original image; (b) NGIW filtering; (c) Our adaptive edge-preserving filtering.

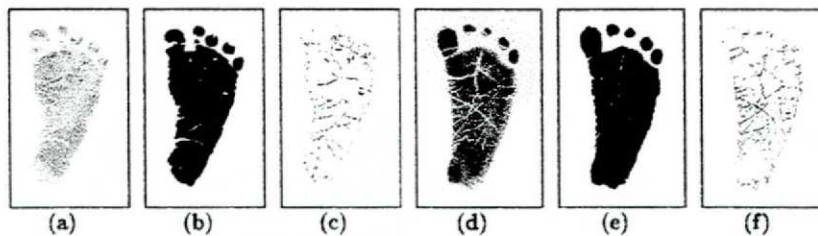


Fig. 5. Two examples of wrinkle detection and thinning: (a) and (d) are input images; (b) and (e) are detected wrinkles; (c) and (f) are thinned wrinkles.

Image measurements: Measures such as length, width, area, occupation percentage in the minimum enclosing rectangle and percentage of wrinkle occupation, related to the foot and its four regions, are obtained automatically. Nevertheless, wrinkle measures, such as length, width and localization cannot be computed until the user selects an image area to be measured.

3.2 Neonatology - Preliminary Results

The FootScanAge method aims to analyze some characteristics of newborns' plantar surfaces and to identify its relationships with gestational age. From preliminary observations and hypotheses we see that the maturation of the newborn is accompanied by the emergence of the following characteristics:

Extremely premature newborn (EPN): Reduced size of the plantar surface, without clear delineation of the calcaneus's region (rectangle shape). Presence of plantar wrinkles, except limiting line between areas I and II, is not observed.

Premature newborn (PN): Slightly larger plantar surface, beginning the delineation of the calcaneus's region. Presence of limiting lines of areas I and II, hallucal, and of areas II and III, progressively. Presence of plantar wrinkles and variable diffuse "corrugation", more accented in both areas I and II.

Term newborn (TN): Larger plantar surface, with well-defined calcaneus's region. Presence of all limiting lines of areas, wrinkles, and diffuses "corrugation".

The system was applied to a randomized sample of newborns, with 186 newborns classified according to their gestational age (in weeks): TN (> 37), PN (≤ 37) and EPN (≤ 28). This evaluation was done to verify the viability of the system in an experimental model for adjustment of the tool and posterior application of the method. The gestational age was evaluated from four measures routinely accomplished by Neonatologists. The majority in the sample is TN (142), being the remaining PN (38) and EPN (6). The average gestational age for the sample was 38.74 ± 2.91 weeks. Among the TN the average was 40.09 ± 0.79 . For PN these values were 35.28 ± 1.98 and for EPN of 28.66 ± 1.36 .

Applying the results to a model of Multiple Regression (stepwise forward), we observed that the foot length, occupation percentage in area I, and plantar surface area occupation are the main explanatory variables with a determination coefficient of 35%. Applying the same model for PN, the foot area and percentage of wrinkle occupation in area I have a determination coefficient of 61.4%, indicating that these variables possibly explain 62% of gestational age variability. Through Discriminant Analysis, to evaluate which variables provide the best newborn classification, the foot length, percentage of wrinkle occupation in area I, birth weight, foot width and area II width obtained a discrimination power of 97% for TN, 55% for PN and 50% for EPN. Applying the same model for PN, the foot area and percentage of wrinkle occupation in area I obtained 97% for the PN and 50% for EPN. For all tests a minimum level significance of 5% was considered. These results confirm that the measures: length of the foot, total plantar surface area, percentage of wrinkle occupation, and the measures in the established plantar surface regions are related to the gestational age.

4 Conclusion

This paper presents the main characteristics of the image-processing tool for a new method, whose goal is the identification of newborns' gestational age based on the analysis of plantar surface images. The systematic application of the developed system should bring considerable contributions for confirmation of the new theory, aiding in the extraction of significant characteristics for more precise and fast identification of gestational age in newborns. A prototype of the FootyScanAge System is being used and evaluated by experts of the UFPR University Hospital. Some hypotheses regarding the method have already been confirmed, related to both wrinkle characteristics and foot shape. Currently, we are working to add data mining (textual information about mother/baby) and image mining tools to the package to verify other important relations with respect to gestational age, not observed to date by Neonatologists. As future work, the FootScanAge System will be expanded to include child identification.

References

1. Duncan, J., Ayache, N.: Medical image analysis: Progress over two decades and the challenges ahead. *IEEE Trans. on PAMI* **22** (2000) 85–106
2. Sola, A., Chow, L.: The coming of (gestational) age for preterm infants. *Journal of Pediatrics* **135** (1999) 137–139
3. Scholl, T., Miller, L., Salmon, R., Cofsky, M., Shearer, J.: Prenatal care adequacy and the outcome of adolescent pregnancy effects on weight gain, preterm delivery, and birth weight. *Obstetrics and Gynecology* **69** (1987) 312–316
4. Donovan, E., Tyson, J., Ehrenkranz, R., et al.: Inaccuracy of ballard scores before 28 weeks gestation. *Journal of Pediatrics* **135** (1999) 147–152
5. Kilpatrick, S., Schlueter, M., Piecuch, R.: Outcome of infants born at 24–26 weeks gestation. I. survival and cost. *Obstetrics and Gynecology* (1997) 803–808
6. Cummins, H., C., M.: Finger prints, palms and soles: An introduction to dermatoglyphics. Dover Publications, Inc, New York (1961)
7. Olabariaga, S., Smeulders, A.: Interaction in the segmentation of medical images: A survey. *Medical Image Analysis* **5** (2001) 127–142
8. Haddon, J.: Generalized threshold selection for edge detection. *Pattern Recognition* **21** (1988) 195–203
9. Niblack, W.: An Introduction to Digital Image Processing. Prentice Hall (1986)
10. Otsu, N.: A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics* **9** (1979) 62–66
11. Serra, J.: *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Academic Press (1982)
12. Adelman, H.: An edge-sensitive noise reduction algorithm for image processing. *Computers in Biology and Medicine* **29** (1999) 137–145
13. Wang, X.: On the gradient inverse weighted filter. *IEEE Trans. on Signal Processing* **40** (1992) 482–484
14. Hung, C.C.: On the edge preserving smoothing filter. In: *Proceedings of Southeastcon '97. Engineering in New Century*. (1997) 12–14
15. Bellon, O., Silva, L.: New improvements to range image segmentation by edge detection. *IEEE Signal Processing Letters* **9** (2002) 43–45

10.4 PUBLICAÇÕES NACIONAIS

- 10.4.1 Um Sistema de Recuperação de Imagens para apoiar a Determinação da Idade Gestacional de Recém-Nascidos. Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH) 2002: 193-202.

UM SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE IMAGENS PARA APOIAR A DETERMINAÇÃO DA IDADE GESTACIONAL DE RECÉM-NASCIDOS. ANAIS DO XXII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO; 2002, FLORIANÓPOLIS – SANTA CATARINA, BRASIL; 2002: 193-202. ANAIS DO XXIX SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH) 2002: 193-202.

Um Sistema de Recuperação de Imagens para Apoiar a Determinação da Idade Gestacional de Recém-Nascidos

O.R.P. Bellon¹, C.N. Gorga¹, M. Severich¹, M.N.L. Cat^{*1,2}, L. Silva^{1,3}

¹Grupo IMAGO –Depto. de Informática –Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Caixa Postal 19081 – 81.531-990 – Curitiba –PR

²Depto. de Pediatria –Hospital de Clínicas (HC) da UFPR
Rua General Carneiro, 181 – 80060-900 – Curitiba –PR

³CPGEI –Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET–PR)
Av. Sete de Setembro, 3165 – 80.230-901 – Curitiba –PR

{cgorga,luciano,severic,olga}@inf.ufpr.br, monica@hc.ufpr.br

Abstract. *This paper presents an image retrieval system for support the determination of premature newborn gestational age. The work was developed by a multidisciplinary group, including experts in computer vision, databases, and medicine. The developed system contains an image processing tool that performs the image enhancement and feature extraction, adding new contributions to the computer vision field. Besides, the system includes a knowledge level, associated to the database, in order to allow the registration of trends and their verification, through the image retrieval process.*

Resumo. *Este artigo apresenta um sistema de recuperação de imagens, para apoio à determinação da idade gestacional de recém-nascidos prematuros. O trabalho foi realizado por um grupo multidisciplinar, incluindo especialistas em visão computacional, banco de dados, e medicina. O sistema possui uma ferramenta para processamento de imagens, que realiza o seu melhoramento e a extração das características necessárias, adicionando novas contribuições para o campo de visão computacional. Além disso, o sistema inclui um nível de conhecimento, associado ao banco de dados, para o registro de tendências e sua verificação, através da recuperação de imagens, sendo esta mais uma contribuição para a área de computação.*

1. Introdução

As imagens médicas constituem-se em uma das parcelas mais importantes nos diagnósticos dos pacientes, tratamentos terapêuticos, planejamentos cirúrgicos e nos acompanhamentos subseqüentes. No passado, as pesquisas com imagens médicas eram conduzidas isoladamente, com intercâmbio limitado e pouca frequência de abordagens multidisciplinares. Hoje, a realidade é outra, e é crescente a demanda por sistemas informatizados que resolvam satisfatoriamente os problemas básicos de arquivamento, classificação, e recuperação de imagens, além de proporcionarem o processamento adequado que possibilite a extração de informações relevantes de forma automatizada [Parvati 1999, Huang et al. 1999, Orphanoudakis et al. 1994, Smeulders et al. 2001].

Na Informática Médica, assim como na Medicina, a Neonatologia é uma área com características peculiares. Nesta área, as tomadas de decisões precisam ser

* O Grupo IMAGO (www.inf.ufpr.br/imago) agradece à Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

imediatas, antecipando-se à constatação dos problemas clínicos, através do conhecimento prévio das circunstâncias envolvidas, para possibilitar o melhor tratamento possível aos recém nascidos. Entre estes, um grupo merece especial atenção, o dos recém-nascidos prematuros. Estudos de especialistas demonstram que os problemas vivenciados pelos recém-nascidos prematuros são notadamente diferentes dos demais [Sola e Chow 1999]. Além disso, a evolução tecnológica têm propiciado novas possibilidades clínicas, elevando o percentual de sucesso nos tratamentos de prematuros e tornando cada vez mais importante o conhecimento da idade gestacional [Kilpatrick et al. 1997, Hack e Fanaroff 1983].

A literatura atual indica que é fundamental a busca de um método não invasivo e preciso para identificação da idade gestacional [Sola e Chow 1999]. Este artigo apresenta um sistema computacional (Sistema FootScan) para apoio à Neonatologia, como auxílio à comprovação de um novo método (Método FootScan) de determinação da idade gestacional, através da imagem digital dos sulcos plantares e dermatóglifos do recém-nascido [Cat 2001; Gorga et al. 2002]. O trabalho é resultado de uma parceria multidisciplinar entre especialistas em visão computacional, banco de dados e neonatologia.

O sistema FootScan trabalha indexando imagens da região plantar, suas características, e informações textuais referentes ao binômio mãe/recém-nascido, fornecidas pelo especialista em Neonatologia. Além disso, o sistema possui uma ferramenta para processamento de imagens, que realiza o seu melhoramento e a extração das características necessárias. Finalmente, o sistema contém ainda um nível de conhecimento, associado ao banco de dados, que armazena informações dos pacientes, das características das imagens, e de seus relacionamentos lógicos, possibilitando o arquivamento hierárquico de tendências e suas verificações, através da recuperação de imagens.

Este artigo é organizado como descrito na sequência. A Seção 2 estabelece os fundamentos do Método FootScan. A Seção 3 discorre sobre as dificuldades no processo de aquisição das imagens. A Seção 4 discute as características genéricas do sistema FootScan. A Seção 5 apresenta a ferramenta para processamento de imagens. Finalmente, a Seção 6 discute a análise da região plantar, seguida das conclusões, na Seção 7.

2. O Método FootScan

Ao nascimento, uma das primeiras avaliações feita pelo Pediatra na Sala de Parto, é a estimativa da idade gestacional, parâmetro este fundamental na diretriz de todas as medidas terapêuticas e de todos os raciocínios clínicos e diagnósticos do recém-nascido. Os métodos utilizados para avaliação da idade gestacional no período pré-natal, embora tenham grande precisão nesta estimativa, nem sempre estão disponíveis, quer por incerteza ou desconhecimento da data da última menstruação ou por ausência de seguimento pré-natal com perda de avaliação ecográfica fetal em período oportuno [Klaus 1995]. Mas, principalmente, os métodos disponíveis para utilização no período pós-natal não foram baseados em populações de recém-nascidos prematuros [Cat 2001], comprometendo sua reprodutibilidade e precisão, além de serem de difícil aplicação e "invasivos", já que exigem manuseio considerável para sua realização.

A literatura atual comprova que a idade gestacional é o principal fator preditivo de sobrevida e indica que é fundamental a busca de um método preciso para sua

identificação [Alexander 1992], considerando as diferenças significativas de sobrevivência, neurodesenvolvimento e custos observadas entre diferenças de apenas uma semana de idade gestacional [Kilpatrick et al. 1997]. Reconhecendo esta importância, foi desenvolvido o Método FootScan, com o objetivo de determinar a idade gestacional, de forma rápida, precisa e não invasiva, através da imagem digital dos dermatoglifos e sulcos cutâneos da região plantar do recém-nascido.

O Sistema Footscan foi projetado com o propósito de servir como sistema de apoio ao especialista para a análise dos dados clínicos do binômio mãe/recém-nascido e das características da imagem da superfície plantar. A imagem utilizada pelo sistema é a impressão plantar realizada rotineiramente na Sala de Parto, na ocasião do nascimento, evitando assim qualquer tipo de manuseio adicional, considerando entretanto, que a legibilidade da impressão plantar deve ser ótima, preservando as características originais. Tendo sido aplicado em cerca de 300 recém-nascidos na Maternidade do Hospital de Clínicas da UFPR, o sistema possibilitou a observação de algumas correlações preliminares que tem consolidado as hipóteses levantadas pelo método.

3. O Processo de Aquisição das Imagens

Inicialmente, houve uma etapa de avaliação do equipamento mais adequado para aquisição das imagens da região plantar dos recém-nascidos. Foram testados: *scanner* de mão, fotografia digital e *scanner* de mesa da impressão plantar em papel. A utilização do *scanner* de mão evidenciou algumas dificuldades técnicas de aquisição da imagem, como velocidade de aplicação do *scanner* sobre a região plantar, aquecimento do equipamento (com conseqüente aplicação de calor à região plantar do recém-nascido) e resposta do recém-nascido ao estímulo tátil da aplicação do *scanner*, que variou de mínima movimentação dos pés a episódio de insaturação leve, determinando interrupção do exame e alterações na qualidade da imagem adquirida.

As imagens adquiridas com o uso de câmera fotográfica digital também apresentaram algumas dificuldades, tais como, a padronização de posição da região plantar, ângulo de incidência, condições de luminosidade, distância da câmera em relação à região plantar e interferência na qualidade da imagem gerada por movimentação espontânea do recém-nascido. Outros testes incluíram a aquisição de imagens da região plantar impressa em papel, realizada rotineiramente na sala de parto, através de *scanner* de mesa. Neste momento ficou evidente a má qualidade das imagens obtidas (ao nascimento) e ao mesmo tempo a sua importância, como primordiais para a identificação neonatal (e como melhor imagem em potencial para aplicação do método FootScan).

O registro de impressões plantares tem sido usado como rotina nas maternidades desde 1915, nos EUA, e, no Brasil, desde 1925. Este registro é de valor inestimável, com objetivo médico-legal, embora em muitos casos as impressões plantares em nada ajudem no esclarecimento da identidade, constituindo-se, geralmente, de verdadeiros borrões, que pouco contribuem com subsídios para o seu objetivo fundamental.

O problema de não obter impressões plantares adequadas parece estar ligado à ausência de conhecimento da técnica, presença de vernix caseoso, deslizamento da região plantar sobre o papel, excesso de tinta, papel e tinta inadequados, não utilização de substâncias lipossolúveis e não utilização de rolo tipográfico [Kakuda 1977]. Em conseqüência dos estudos realizados, foram reunidas as equipes médicas da Unidade de Neonatologia e de Enfermagem do Centro Obstétrico do Hospital de Clínicas da UFPR,

para observação e implantação da técnica correta de impressão plantar dos recém-nascidos. As imagens obtidas com o uso da técnica adequada, após submetidas a testes preliminares com técnicas padrões de processamento de imagens, mostraram-se satisfatórias para o uso no Sistema FootScan.

Assim, o projeto trouxe, como uma contribuição adicional, uma melhor observação e padronização da técnica de impressão plantar, com obtenção, a partir de então, de imagens mais apropriadas para sua função primordial de identificação e para a aquisição digital e aplicação do método FootScan.

4. O Sistema FootScan

O sistema FootScan [Gorga 2001] enquadra-se como um sistema de recuperação de imagens baseado em conteúdo que utiliza indexação multidimensional por vetor de características e inclui informações sobre os pacientes (mãe e recém-nascido), imagens da região plantar, e características extraídas por uma ferramenta de processamento de imagens. Um diagrama simplificado é apresentado na Figura 1.

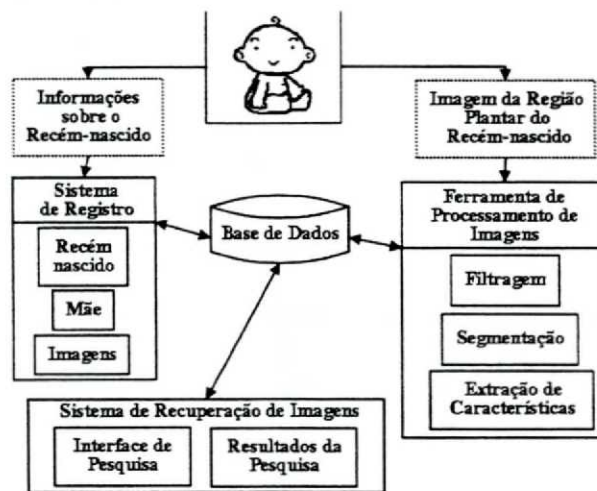


Figura 1. Diagrama do Sistema FootScan.

O sistema tem uma série de interfaces gráficas, que permitem grande interatividade com o usuário, conforme sugerido em [Olabarriaga e Smeulders 2001]. Além disso, são calculados valores estatísticos para algumas variáveis de interesse do especialista, disponíveis para o usuário na forma de gráficos comparativos. O armazenamento de tendências (relações entre os diversos campos) é possível, assim como sua verificação através da análise da imagem. Para atender às necessidades do usuário, a recuperação das imagens pode ser realizada por 3 abordagens diferentes: informação textual, seleção de tendências (conhecimento) e características da imagem.

Baseado em um estudo correlacionado [Marchaukoski 2001], foi adicionado ao sistema um nível de conhecimento, associado ao banco de dados. Isto permitiu a relação entre os vários níveis relevantes de informação: semântico, segmentação, características, referência e interpretação (Figura 2). As relações estabelecidas podem ser organizadas em uma hierarquia de prioridades, estabelecida pelo especialista, recebendo as modificações necessárias a medida que as teorias são comprovadas ou rejeitadas. O

conhecimento adquirido é uma ferramenta útil ao processo de aquisição de imagens, facilitando a identificação de tendências, incluindo a verificação do Método FootScan. O processamento de novas imagens recebe influência deste conhecimento, oferecendo suporte ao especialista no processo de segmentação e definição das características, além de permitir a identificação de características relevantes durante este processo.

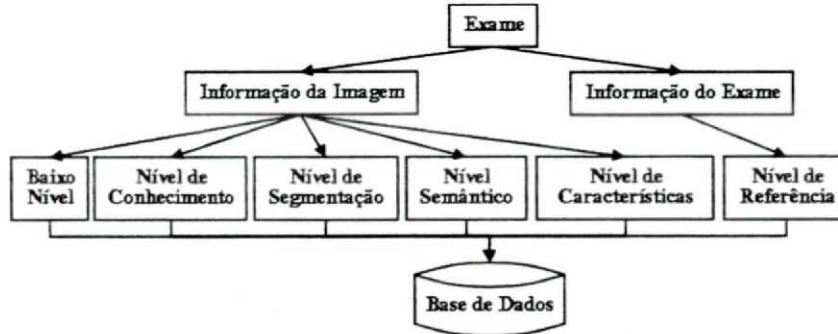


Figura 2. Diagrama de representação dos dados [Gorga 2001].

A representação dos dados é realizada em diversos níveis na base de dados. O ponto de partida para a avaliação do paciente, o exame, é formado pelas informações relativas às imagens e do exame propriamente dito. Os dados do exame originam o nível de referência, que é composto pelas informações sobre o paciente e pelas características específicas de cada exame.

O baixo nível é a representação física da imagem, composta por uma matriz de pixels com níveis de cinza. No nível semântico, é realizada a definição dos rótulos das imagens, que adicionam propriedades semânticas a grupos de características relevantes. Estas características devem ser identificadas durante a etapa de processamento da imagem, e armazenadas para tratamento nos níveis seguintes. Como resultado deste processamento, o nível de segmentação agrega semântica à imagem e as áreas de interesse com características similares são identificadas e rotuladas. No nível de características, algumas informações referentes à imagem rotulada, por exemplo, comprimento, largura e área da região plantar, são identificadas, bem como seus relacionamentos.

A interação com o especialista é priorizada pelo sistema FootScan. Para isso, foram criadas várias interfaces gráficas com objetivos diferentes. Através da interface do processo de aquisição, o especialista armazena os arquivos com as imagens e os dados do exame na base de dados. Na interface do processo de segmentação, as imagens adquiridas são processadas e segmentadas, de acordo com a semântica definida. Neste caso, o especialista tem uma participação crítica na escolha dos filtros e parâmetros para o processamento da imagem, bem como na avaliação dos resultados obtidos.

A interface do processo de extração de características também privilegia a interação com o especialista, que pode avaliar os resultados obtidos e ajustar os valores de limiar dos algoritmos aplicados. Finalmente, a interface do processo de representação tem duas funções: oferecer campos para os dados de entrada textuais, bem como permitir a consulta e recuperação para texto e imagens.

5. A Ferramenta para Processamento de Imagens

Como sugerido em [Olabarriaga e Smeulders 2001], a intervenção do usuário tem um papel fundamental em situações onde o processamento automático não produz resultados satisfatórios, seja devido a complexidade do domínio ou limitações na aquisição da imagem. Baseando-se nesta informação, foi desenvolvido o módulo descrito nesta sessão, o qual prove as técnicas de processamento de imagens utilizadas pelo especialista, na análise supervisionada da imagem da superfície plantar. Desta análise resultam as informações requeridas pelo Método FootScan.

O módulo oferece meios para que o usuário possa supervisionar todo o processo bem como alterar, caso julgue necessário, os parâmetros de ajuste em cada etapa, a fim de melhorar os resultados obtidos pelo processamento automático. Estes parâmetros são armazenados no banco de dados, juntamente com as informações relacionadas à imagem da região plantar. Os valores de ajuste mais utilizados são automaticamente selecionados pelo sistema a cada novo ciclo de processamento. A ferramenta de processamento de imagens foi dividida em 4 principais etapas, apresentadas a seguir.

5.1. Extração das regiões de interesse

Neste estágio inicial, a imagem da região plantar (Figura 3a) é analisada e o fundo da imagem é identificado através de um processo de binarização global usando um limiar adaptativo, o qual pode ser alterado iterativamente pelo usuário. Na imagem binária (Figura 3b) é aplicado um processo de Fechamento Morfológico [Serra 1982] para eliminar buracos na região plantar, conectar regiões vizinhas que possam estar disjuntas e identificar os limites da região plantar.

O Fechamento Morfológico é realizado aplicando (n) dilatações seguidas de (n) erosões em cada pixel da região plantar (pixels pretos da Figura 3b). O usuário pode alterar este limiar de forma a melhorar o resultado obtido. Nos resultados experimentais os valores satisfatórios para (n) ficaram entre 3 e 5. O próximo passo é dividir a imagem da região plantar definida (Figure 3c) nas 4 regiões horizontais de interesse (Figura 3d), marcando de baixo para cima as regiões I, II, III e IV respectivamente. A divisão é realizada automaticamente através de um cálculo da porcentagem de ocupação de cada região em relação a área total da região plantar. Esta porcentagem foi definida por especialistas do Hospital de Clínicas, mas o limite entre as regiões pode ser alterado pelo usuário, caso a divisão não tenha sido satisfatória. As regiões são analisadas separadamente e características são extraídas no estágio de medidas da imagem.

5.2. Filtragem de ruídos preservando características

Uma vez que o Método FootScan busca a análise do pregueamento da imagem da região plantar, o uso de técnicas de filtragem que aumentem a qualidade da imagem sem corromper detalhes é justificada. As imagens obtidas apresentam ruídos devido a dificuldade no processo de aquisição. Inicialmente, 15 imagens foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação de diferentes filtros e a comparação dos resultados obtidos por filtros tradicionais (Média e Mediana) e por filtros com preservação de características mostraram que a forma do pregueamento da região plantar devem ser preservadas. Neste sentido, os filtros com preservação de características, apesar de mais complexos, mostraram-se realmente necessários para esta aplicação.

Devido a complexidade para o ajuste dos limiares dos filtros pelo usuário, foi limitado o número de opções de filtragem. Neste sentido foram escolhidos dois filtros

que apresentaram os melhores resultados durante os testes: 1) O primeiro foi desenvolvido neste trabalho e é baseado na abordagem de preservação de bordas [Adelmann 1999], com sua implementação mostrada em detalhes em [Severich 2002]; 2) Filtro chamado New Gradient Inverse Weighted [Wang 1992]. O filtro original de Adelmann tenta detetar uma borda e sua orientação em uma vizinhança local. Um limiar (t_1) é sugerido pelo usuário para decidir quais pixels serão rotulados como bordas. Os pixels rotulados são usados para uma filtragem por média. Para os pixels na vizinhança que não foram rotulados, a filtragem é realizada usando a vizinhança cruzada.

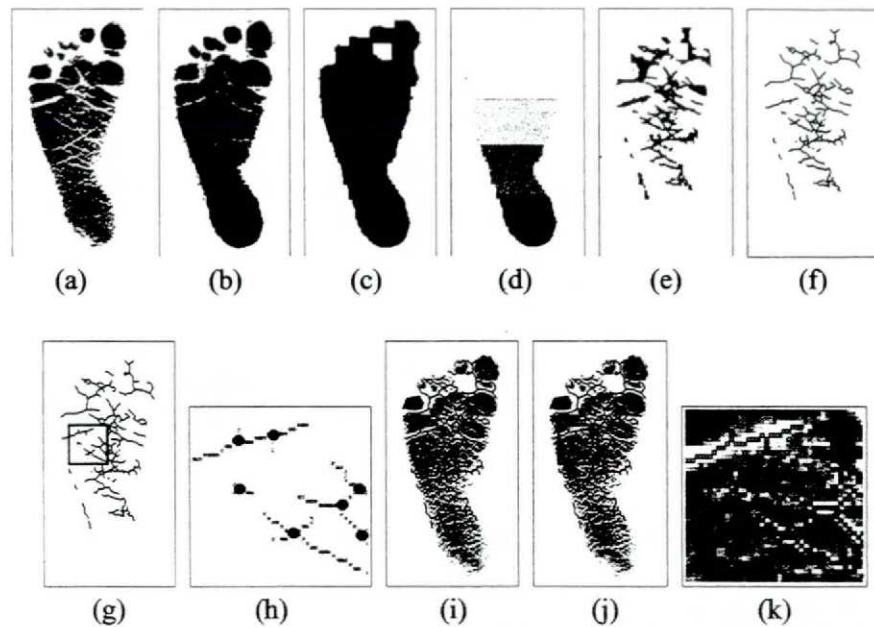


Figura 3. Processamento da região plantar: (a) Imagem inicial; (b) Imagem binária; (c) Região plantar delimitada; (d) Áreas de interesse; (e) Pregueamentos; (f) Pregueamentos afinados; (g) Área seleccionada de (f); (h) Imagem ampliada da área em (g); (i) Imagem obtida em (f) sobreposta a imagem (a); (j) Área seleccionada de (i); (k) Imagem ampliada da área em (j).

Neste trabalho foi desenvolvido uma nova abordagem para o filtro acima descrito que forneceu melhores resultados para as imagens utilizadas no método FootScan. O método desenvolvido aprimora o método original usando estatísticas locais baseada nos valores dos pixels para definir automaticamente quais pixels podem ser considerados bordas e ao invés da filtragem por média, foi utilizado a filtragem por mediana nesta nova abordagem. Nos teste experimentais notou-se que os valores satisfatórios para (t_1) estavam entre 60 e 70, podendo ser alterados pelo usuário.

5.3. Detecção de pregueamento

Para detetar precisamente a imagem de pregueamento na região plantar foi desenvolvido um método de crescimento de regiões, baseado no algoritmo de Niblack [Niblack 1986]. Este método utiliza limiares locais e informações estatísticas da imagem para rotular os pixels de pregueamento da região plantar. Um limiar (t_2) é

utilizado para determinar a semente para o crescimento de cada região de pregueamento e ao final todas as regiões de pregueamento são unidas formando a imagem de pregueamento (Figura 3e). Este limiar é calculado automaticamente usando uma janela $N \times N$. Nos resultados experimentais, os valores satisfatórios para N foram entre 35 e 45.

Um pixel pode ser agregado a uma região durante o processo de crescimento de regiões se satisfaz o critério de homogeneidade (p) definido: $([m - t < p < m + t])$, onde (m) é o média dos valores dos pixels da região e (t) é um valor de tolerância. O valor de (t) depende do número de elementos da região. Se uma região tem menos que (n) elementos, então (t) é definido por um valor de tolerância fornecido pelo usuário. Caso contrário, (t) é definido com o valor absoluto do desvio médio dos valores dos pixels da região. Nos resultados experimentais, os melhores valores para (n) ficaram entre 20 e 30. Nota-se que um valor baixo para (n) não é suficiente para definir um valor do desvio médio razoável.

A imagem de pregueamento (Figura 3e) é mostrada para o usuário para sua validação e/ou refinar os limiares do processo. Depois da validação do usuário, um processo de afinamento automático é aplicado para obter o esqueleto (Figura 3f) da imagem de pregueamento. O algoritmo de afinamento é baseado na definição do eixo médio dos segmentos de pregueamento e em um conjunto de elementos estruturantes de Morfologia Matemática [Bellon e Silva 2002]. O cruzamento de linhas e bifurcações (Figura 3h) na imagem do esqueleto (Figura 3f) são determinadas e um conjunto de vértices (v) e de linhas (l) são definidos. A Figura 3h é a ampliação da área marcada da Figura 3g, mostrando um exemplo, onde os vértices foram marcados com pontos pretos e as linhas com pontos em cinza. Estas informações serão necessárias para o controle da seleção de linhas no estágio seguinte.

5.4. Medidas da imagem

Neste estágio algumas medidas da imagem são automaticamente calculadas: 1) Medidas da região plantar (comprimento, largura, área, perímetro); 2) Medidas das regiões de interesse (área, número de linhas, vértices). Estas medidas são apresentadas ao usuário para validação e armazenamento na base de dados.

Outras medidas são calculadas com a ajuda do usuário, as Medidas de pregueamento. Neste caso, a imagem da Figura 3i é apresentada para o usuário, permitindo a seleção de linhas de pregueamentos para serem medidas. O sistema permite a seleção de linhas quando o cursor do *mouse* está sobre uma segmento de linha (li), o qual é delimitado por vértices (vi). O usuário pode compor um segmento com várias linhas, clicando sobre os segmentos de linha (li), como mostra a parte superior da Figura 3k, onde 3 linhas selecionadas são mostradas com pixels pontilhados. Ao terminar a seleção, o sistema calcula as medidas (comprimento, largura, orientação, profundidade, número de vértices, etc) para todas as linhas selecionadas considerando um único segmento. Este processo deve ser realizado para todos os segmentos que o usuário julgue conveniente extrair suas medidas. Para facilitar a visualização das linhas, o usuário pode fazer uso de ferramentas de ampliação de imagens.

O comprimento do segmento é obtido a partir do número de pixels do segmento. A largura é calculada pelo valor mediano (k) dos valores dos pixels do segmento. Os valores dos pixels foram calculados anteriormente no algoritmo de afinamento [Bellon e Silva 2002]. A profundidade do segmento é definida como o valor médio (q) dos valores dos pixels do segmento. A ruga mais visível e profunda normalmente possui a

maior largura também. A orientação é obtida pelo coeficiente angular da melhor reta ajustada sobre os pixels do segmento, que é calculada a partir de um método robusto baseado na Transformada Hough [Silva et al. 2002]. Para estas medidas serem calculadas e comparadas entre as imagens, a padronização da resolução imagens adquiridas pelo equipamento (*scanner*) foi necessária e definida em 200 dpi.

6. Análise da Região Plantar

Algumas características podem ser observadas na análise da região plantar do recém-nascido:

–O tamanho da região plantar varia de acordo com a idade gestacional, onde é observado que em um recém-nascido a termo esta região é mais larga do que em um prematuro;

–A forma da região plantar varia entre diferentes idades gestacionais. A curvatura lateral, que caracteriza a região do calcanhar, fica mais evidenciada quando a idade gestacional aumenta e nos recém-nascidos ela não aparece. A medida que a idade gestacional aumenta a área III diminui delimitando o calcanhar, na área IV;

–Quanto ao pregueamento da região plantar, pode-se identificar algumas características relevantes: a) Existência de pregueamentos profundos entre as áreas de interesse a medida que a idade gestacional aumenta, inicialmente entre as áreas I e II, depois entre as áreas II e III e finalmente entre as áreas III e IV; b) O pregueamento da região plantar aumenta a medida que a idade gestacional aumenta, de maneira diferenciada em cada região de interesse, primeiramente evidenciadas na área I em direção a área IV.

A análise das imagens e a identificação de seus relacionamentos com diferentes idades gestacionais estão guiando os primeiros estudos para comprovação do Método FootScan.

7. Conclusão

Este trabalho apresentou as principais características do Sistema FootScan para apoio à neonatologia. O protótipo foi desenvolvido por um grupo multidisciplinar, cujo objetivo principal é desenvolver sistemas de recuperação e imagens para Hospital de Clínicas da UFPR. Além de sua aplicação direta em um problema real na área médica, duas relevantes contribuições na área de computação foram apresentadas: a ferramenta para processamento das imagens da região plantar e a inclusão do nível de conhecimento associado ao banco de dados do sistema. O protótipo está sendo utilizado e algumas conclusões sobre o método FootScan estão sendo levantadas. O projeto ainda está em andamento, e as próximas etapas de desenvolvimento são a inserção de ferramentas de data mining e o melhoramento da interface humano-computador.

Referências

- Alexander, G.R., Caunes, F., Hulsey, T.C., Tompkins, M.E. and Allen, M. (1992) "Validity of postnatal assesment of gestational age: A comparison of the method of Ballard and early ultrasonography", *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, v.166, p.891.
- Bellon, O.R.P. and Silva, L. (2002) "New improvements on range image segmentation by edge detection", *IEEE Signal Processing Letters*, February, pp.43-45.

- Capurro, H., Konichezky, S., and Caldeyro-Barcia, R. (1978) "A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant", *Journal of Pediatrics*, v.93, p.120.
- Cat, M.N.L. (2001) "FootScan para determinação da idade gestacional, análise e comparação com outros métodos de avaliação da idade gestacional", Projeto de Doutorado, Departamento de Pediatria, UFPR.
- Gorga, C.N. (2001) "Um sistema computacional para apoio à neonatologia utilizando o sistema FootScan", Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática –UFPR.
- Gorga, C.N., Marchaukoski, J.N.L., Silva, L., Sunyé, M.S., Cat, M.N.L. and Bellon, O.R.P. (2002), "A health care information system for neonatology support", 15th IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems, Maribor – Slovênia.
- Hack, M. and Fanaroff, A.A. (1983) "Changes in the delivery room care of extremely small infant (<750 gm): effects on morbidity and mortality", *New England Journal of Medicine*, v.308, p.1330–1336.
- Holt, S.A. (1973) "The significance of dermatoglyphics in Medicine", *Clinical Pediatrics*, v.12, p.471.
- Huang, T.S., Rui, Y., and Chang, S.F. (1999) "Image retrieval: past, present and future", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, v.10, pp.1–23.
- Kakuda, M.L. (1977) "A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem: Estudo da tinta, papel e modo de aplicação", *Revista Enfermagem em Novas Dimensões*, v.3, n.6, p.362–368.
- Klaus, M.H. and Fanaroff, A.A. (1995) "Alto risco em neonatologia", Editora Mosby.
- Kilpatrick, S.J., Schlueter, M.A. and Picuch, R. (1997) "Outcome of infants born at 24–26 weeks gestation. Survival and cost", *Obstetrics and Gynecology*, v.90, p.803.
- Marchaukoski, J.N. (2001) "Princípios para construção de base de dados para imagens médicas", Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática –UFPR.
- Olabarriaga, S.D. and Smeulders, A.W.M. (2001) "Interaction in the segmentation of medical images: a survey", *Medical Image Analysis*, v.5, p.127–142.
- Orphanoudakis, S.C., Chronaki, C. and Kostomanolakis, S. (1994) "I²C: A system for the indexing, storage, and retrieval of medical images by content", *Medical Informatics*, v.19, n.2, p.109–122.
- Parvati, D. (1999) "Imaging and visualization in medical education", *IEEE Computer Graphics and Applications*, v.19, n.3, p.20–31.
- Severich, M. (2002) "Uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScan", Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática –UFPR.
- Silva, L., Bellon, O.R.P., van Kaik, O.M. and da Silva, M.V.G. (2002) "A Hough transform based method to improve edge maps from range images", 4th Int. Conf. on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing, Durhan – USA.
- Smeulders, A.W.M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A. and Jain, R. (2001) "Content-based image retrieval at the end of the early years", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v.22, n.12, pp.1349–1380.
- Sola, A. and Chow, L.C. (1999) "The coming of (gestational) age for preterm infants. *Journal of Pediatrics*, v.135, p.137.

10.4.2 Análise da Superfície Plantar de Recém-Nascidos para apoiar a Determinação da Idade Gestacional. Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2002; Gramado, Brasil.

ANÁLISE DA SUPERFÍCIE PLANTAR DE RECÉM-NASCIDOS PARA APOIAR A DETERMINAÇÃO DA IDADE
GESTACIONAL. WORKSHOP DE INFORMÁTICA MÉDICA, XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
SOFTWARE, 2002; GRAMADO, BRASIL

Análise de Imagens da Superfície Plantar de Recém-Nascidos para Apoiar a Determinação da Idade Gestacional

Maurício Severich¹, Olga R.P. Bellon¹, Mônica N.L. Cat^{1,2}, Luciano Silva^{1,3}

¹Grupo IMAGO – Departamento de Informática – UFPR

²Departamento de Pediatria – Hospital de Clínicas (HC) da UFPR

³Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-PR)

{olga, luciano, mseveric}@inf.ufpr.br, monica@hc.ufpr.br

Resumo: A literatura atual aponta para a necessidade de um novo método não invasivo e mais preciso para determinação da idade gestacional. Com esse objetivo, foi criado o Método FootScan. Este trabalho apresenta uma ferramenta para análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a comprovação desse método, apresentando contribuições para Neonatologia e também para a área de Processamento de Imagens.

1. Introdução

A Neonatologia é uma área com características peculiares, onde as tomadas de decisões precisam ser imediatas, antecipando-se à constatação dos problemas clínicos, de maneira a possibilitar o melhor tratamento possível aos recém-nascidos, principalmente aos prematuros [12]. A evolução tecnológica tem elevado o percentual de sucesso nos tratamentos de prematuros e mostrado a importância da determinação da idade gestacional [7,8,9] que é considerada o principal fator preditivo de sobrevivência. Para isso, é fundamental a busca de métodos não invasivos e precisos para identificação da idade gestacional [2] imediatamente após o nascimento, sempre que não foi realizado o pré-natal ou as informações do pré-natal não estão disponíveis. Esta situação ocorre com maior frequência entre gestantes adolescentes ou em camadas menos favorecidas da população, justamente onde é maior a incidência de casos de recém-nascidos prematuros.

Nesse contexto, a estimativa da idade gestacional feita pelo pediatra na sala de parto é fundamental para as medidas terapêuticas e de todos os diagnósticos do recém-nascido. Entretanto, é comprovado que os atuais métodos para determinação da idade gestacional em recém-nascidos não foram baseados em populações de prematuros [5], comprometendo sua reprodutibilidade e precisão, além de serem de difícil aplicação e invasivos, já que exigem manuseio considerável do bebê para sua realização.

Reconhecendo a importância deste problema envolvendo recém-nascidos prematuros, foi criado o Método FootScan [4,5] para determinar a idade gestacional de forma rápida, precisa e não invasiva, através da análise da imagem digital dos dermatoglyphos e sulcos cutâneos da superfície plantar do recém-nascido. O método foi desenvolvido em uma parceria multidisciplinar entre especialistas em Visão Computacional, Banco de Dados e Neonatologia. Como resultado desta interação, foi construído o protótipo de um sistema computacional (Sistema FootScan) [6] para apoio à Neonatologia, como auxílio à comprovação do método. O objetivo deste artigo é apresentar o funcionamento do módulo de processamento de imagens desse sistema.

2. O Sistema FootScan

O Sistema é composto por módulos que, em conjunto, fazem a indexação das imagens da região plantar, suas características e informações textuais referentes ao binômio mãe/recém-nascido, fornecidas pelo Neonatologista. O módulo de processamento de imagens realiza o melhoramento das imagens, destacando as regiões de interesse, e extrai automaticamente diversas características, sob a supervisão do especialista. O sistema possui também um nível

* O Grupo IMAGO (<http://www.inf.ufpr.br/imagen>) agradece à Fundação Araucária pelo suporte financeiro.

de conhecimento, associado ao banco de dados, que armazena informações dos pacientes, das características das imagens, e de seus relacionamentos. No banco de dados é realizado ainda o arquivamento hierárquico de tendências, e suas verificações são possíveis no módulo de recuperação de imagens.

A análise das imagens e a identificação de seus relacionamentos com diferentes idades gestacionais, fornecidos com o auxílio do Sistema FootScan, estão guiando os primeiros estudos para comprovação do Método FootScan [4]. Este método foi desenvolvido através da identificação de algumas características evidenciadas na análise da região plantar do recém-nascido, como por exemplo: o tamanho, a forma, a porcentagem de pregeamento, a existência de pregeamentos profundos, o comprimento dos pregeamentos, entre outras. Baseando-se nestas informações, foi construído o módulo de processamento de imagens, descrito na seção seguinte, para extrair características e calcular as medidas necessárias ao método, provendo técnicas de processamento de imagens para a análise supervisionada da imagem da superfície plantar.

No início do projeto, foram avaliados diversos equipamentos de aquisição das imagens da superfície plantar [6]. Através deste estudo inicial, ficou evidente a importância dos registros de impressões plantares obtidos rotineiramente na sala de parto logo após o nascimento, embora muitas vezes estes são obtidos de forma inadequada. Porém, após o melhoramento da rotina de obtenção dessas impressões, as imagens resultantes foram as que forneceram os melhores resultados para o uso no sistema.

3. Módulo de Processamento de Imagens

Este módulo oferece meios para que o especialista possa supervisionar todo o processo de análise da imagem, obtida através da digitalização da impressão plantar. O módulo permite que o especialista altere, caso julgue necessário, os parâmetros de ajuste de todos os processos em cada etapa, a fim de melhorar os resultados obtidos pelo processamento automático da imagem. Estes parâmetros são armazenados no banco de dados, juntamente com as características extraídas e informações relacionadas à cada imagem. Os valores de ajuste mais utilizados são automaticamente selecionados pelo sistema a cada nova imagem de entrada. Este módulo foi dividido em 4 etapas principais:

(1) Extração das regiões de interesse: Nesta fase, o fundo da imagem da região plantar (Fig.1a) é identificado através de um processo de binarização global com base em um limiar automático [11]. Na imagem binária (Fig.1b) é aplicado um processo de fechamento morfológico para conectar regiões disjuntas e identificar os limites da região plantar (Fig.1c). O fechamento é realizado aplicando dilatações seguidas de erosões em cada pixel da região plantar (regiões pretas da Fig.1b). Em seguida, a imagem é dividida nas 4 regiões horizontais de interesse (Fig.1d) identificadas no método. A divisão é realizada automaticamente através do cálculo da porcentagem de ocupação de cada região sobre a área total da região plantar. Esta porcentagem foi definida por especialistas do Hospital de Clínicas [5]. As 4 regiões são analisadas separadamente e as medidas da imagem em cada região são extraídas como apresentado a seguir na etapa (4) dessa seção.

(2) Filtragem de ruídos preservando características: Uma vez que o Método FootScan busca a análise do pregeamento da imagem da região plantar, o uso de técnicas de filtragem que aumentem a qualidade da imagem sem corromper detalhes é justificada. Inicialmente, foram avaliados diferentes filtros e a comparação dos resultados obtidos mostra que os filtros com preservação de características (linhas), apesar de mais complexos, são realmente necessários para esta aplicação. Assim, foram escolhidos dois filtros que apresentaram os melhores resultados durante os testes: 1) O primeiro foi desenvolvido baseado na abordagem de preservação de linhas de Adelman [1], com sua implementação mostrada em detalhes em [11]; e 2) O filtro New Gradient Inverse Weighted [13]. O filtro original de Adelman tenta detectar uma linha e sua orientação em uma vizinhança local. Um limiar $t1$ é sugerido pelo

usuário para decidir quais pixels serão rotulados como linhas. Os pixels na orientação detetada são usados para uma filtragem por média. Para os pixels na vizinhança que não foram rotulados, a filtragem é realizada usando a vizinhança cruzada. O método desenvolvido neste trabalho aprimora o método original, usando a informação local de gradiente para determinar automaticamente se há uma linha na vizinhança e filtragem pela mediana ao invés de filtragem pela média.

(3) **Deteção de pregueamento:** Para detetar precisamente o pregueamento na região plantar, foi desenvolvido um método de crescimento de regiões, baseado no algoritmo de Niblack [10]. O método utiliza limiares locais e informações estatísticas da imagem para rotular os pixels de pregueamento da região plantar. Um limiar t_2 é utilizado para determinar a semente para o crescimento de cada região de pregueamento e ao final todas as regiões de pregueamento são unidas (Fig. 1e). Este limiar é calculado automaticamente [11] usando uma janela $N \times N$. Neste algoritmo, durante o processo de crescimento de regiões, um pixel pode ser agregado a uma região se satisfaz ao critério de homogeneidade p definido: $(|m-t| < p < m+t)$, onde m é a média dos valores dos pixels da região e t é um valor de tolerância. O valor de t depende do número de elementos da região. Se uma região tem menos que n elementos, então t é definido por um valor de tolerância fornecido pelo usuário. Caso contrário, t é definido com o valor do desvio médio absoluto dos valores dos pixels da região. Nos resultados experimentais, os melhores valores para n ficaram entre 20 e 30. Em seguida, a imagem de pregueamento (Fig. 1e) é mostrada ao usuário para sua validação e/ou refinamento do valor de tolerância utilizado. Após a validação, um processo de afinamento automático é aplicado para obter o esqueleto da imagem de pregueamento, onde cada linha possui apenas um pixel de largura. O algoritmo de afinamento é baseado na definição do eixo médio dos segmentos de pregueamento e elementos de Morfologia Matemática [3]. Na imagem de pregueamentos afinada (Fig. 1f) são extraídas algumas medidas no estágio seguinte.

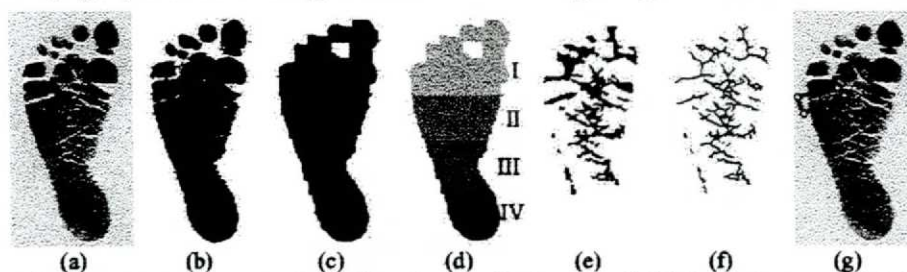


Figura 1. Processamento da região plantar: (a) Imagem inicial; (b) Imagem binária; (c) Região plantar delimitada; (d) Áreas de interesse; (e) Pregueamentos; (f) Pregueamentos afinados; (g) Área selecionada para extração de medidas.

(4) **Medidas da imagem:** Neste estágio, algumas medidas são automaticamente calculadas: 1) Medidas da região plantar (comprimento, largura, área, perímetro); 2) Medidas das regiões de interesse (área, pregueamento, vértices). Estas medidas são apresentadas ao usuário para validação e armazenamento na base de dados. Outras medidas são calculadas com a ajuda do usuário, chamadas medidas de pregueamento. Neste caso, a imagem (Fig. 1a) é apresentada ao usuário, permitindo a seleção de uma região ou um segmento para serem efetuadas as medidas. O sistema permite a demarcação de segmentos (linhas) ou regiões com o *mouse* através da definição de pontos sobre a imagem (Fig. 1g). Ao terminar a seleção, o sistema calcula as medidas (comprimento, largura, número de vértices) para todas as linhas da região selecionada. Este processo deve ser realizado para todos os segmentos ou regiões que o usuário julgue conveniente extrair medidas. Para facilitar o processo, o usuário pode usar ferramentas de ampliação de imagens. O comprimento do segmento é obtido a partir do número de pixels do segmento. A largura é calculada pelo valor mediano k dos valores dos pixels do segmento, calculados anteriormente no algoritmo de afinamento. As rugas mais

visíveis e profundas normalmente possuem as maiores larguras também. Para estas medidas serem calculadas e comparadas entre as imagens, a padronização da resolução das imagens adquiridas pelo equipamento foi definida em 200 dpi.

4. Conclusão

Este trabalho apresentou características do módulo de processamento de imagens do Sistema FootScan, desenvolvido para a determinação da idade gestacional de recém-nascidos. Entre as principais contribuições dos algoritmos desenvolvidos neste módulo, podemos destacar: a) a preservação de características da imagem, como a forma e pregueamentos, com o desenvolvimento de um novo filtro com preservação de linhas; b) a criação de processos automáticos que facilitam o uso do sistema; c) a extração automática de medidas para a validação do Método FootScan. O protótipo do Sistema, com o módulo de processamento de imagens, está sendo utilizado e avaliado no HC-UFPR e algumas conclusões sobre o método já estão sendo levantadas. Como trabalhos futuros, estão o aprimoramento da extração de características e da interface humano-computador, além da inclusão de um novo módulo para mineração de dados.

Referências

- [1] Adelman, H.G. (1999). "An edge-sensitive noise reduction algorithm for image processing", **Computers in Biology and Medicine**, v.29, p.137-145.
- [2] Alexander, G.R., Caunes, F., Hulsey, T.C., Tompkins, M.E. and Allen, M. (1992). "Validity of postnatal assesment of gestational age: A comparison of the method of Ballard and early ultrasonography", **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v.166, p.891.
- [3] Bellon, O.R.P. and Silva, L. (2002). "New improvements on range image segmentation by edge detection", **IEEE Signal Processing Letters**, February, v.9, n.2, p.43-45.
- [4] Bellon, O.R.P., Gorga, C.N., Silva, L., Cat, M.N.L. e Severich, M. (2002). "Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional em recém-nascidos", **Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware, SBC 2002**, Florianópolis-SC.
- [5] Cat, M.N.L. (2001). "FootScan para determinação da idade gestacional, análise e comparação com outros métodos", **Projeto de Doutorado**, Departamento de Pediatria, UFPR.
- [6] Gorga, C.N., Marchaukoski, J.N.L, Silva, L., Sunyé, M.S., Cat, M.N.L. and Bellon, O.R.P. (2002). "A health care information system for neonatology support", **Proceedings of 15th IEEE International Conference on Medical Systems**, v.1, p.29-34, Maribor - Slovênia.
- [7] Hack, M. and Fanaroff, A.A. (1983). "Changes in the delivery room care of extremely small infant (<750 gm): effects on morbidity and mortality", **New England Journal of Medicine**, v.308, p.1330-1336.
- [8] Klaus, M.H. and Fanaroff, A.A. (1995). **Alto risco em neonatologia**, Editora Mosby.
- [9] Kilpatrick, S.J., Schlueter, M.A. and Picuch, R. (1997). "Outcome of infants born at 24-26 weeks gestation. Survival and cost", **Obstetrics and Gynecology**, v.90, p.803.
- [10] Niblack, W. (1986). **An Introduction to Digital Image Processing**, Prentice Hall.
- [11] Severich, M. (2002). "Uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScan", **Dissertação de Mestrado**, Departamento de Informática -UFPR.
- [12] Sola, A. and Chow, L.C. (1999). "The coming of (gestational) age for preterm infants". **Journal of Pediatrics**, v.135, p.137.
- [13] Wang, X. (1992). "On the Gradient Inverse Weighted Filter", **IEEE Transactions on Signal Processing**, v.40, p.482-484.

10.5 APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS INTERNACIONAIS

10.5.1 A Health Care Information System To Neonatology Support

Apresentado na 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. IEEE Press 2002: 29-34.

Autores: Gorga CN, Bellon ORP, Cat MNL, Silva L, Sunye MS, Marchaukoski JN.

10.5.2 Image Analysis of Newborn Plantar Surface for Gestational Age Determination.

A ser apresentado na 6th International Conference on Medical Image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. Lectures Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2003, in press.

Autores: Bellon ORP, Severich M, Silva L, Cat MNL, Boyer KL.

10.6 APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS NACIONAIS

10.6.1 Análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a determinação da idade gestacional.

Apresentado no Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2002; Gramado, Brasil.

Autores: Severich M, Bellon O, Cat MNL, Silva L.

10.6.2 Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional de recém-nascidos

Apresentado no XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH) 2002: 193-202.

Autores: Bellon O, Gorga C, Severich M, Cat MNL, Silva L.

10.7 ARTIGOS EM FASE DE SUBMISSÃO EM REVISTA NACIONAL (JORNAL DE PEDIATRIA – SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA)

10.7.1 A Tomada da Impressão Plantar do Recém-Nascido na Sala de Parto

A TOMADA DA IMPRESSÃO PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO NA SALA DE PARTO

A Tomada da Impressão Plantar do Recém-Nascido na Sala de Parto

Taking Newborn Plantar Printings in the Labor Room

Mônica Nunes Lima Cat¹

Resumo

Objetivo: Apresentar os resultados da experiência da tomada de impressões plantares na Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná em um período de 17 meses, após revisão e reimplantação dos procedimentos técnicos adequados para sua realização.

Métodos: A partir de fevereiro de 2002 até junho de 2003, a equipe de enfermagem do Centro Obstétrico foi orientada sobre os aspectos técnicos corretos e utilização de material adequado para a tomada de impressão plantar dos recém-nascidos na ocasião de seus nascimentos. Os critérios de legibilidade foram considerados de acordo com os critérios de Kakuda com o objetivo de identificação dos recém-nascidos e nos critérios do *Método FootScanAge* quando o objetivo foi o de identificação da idade gestacional.

Resultados: Em relação à legibilidade das impressões plantares com finalidade de identificação digital, 395 (39,86%) foram consideradas como ótimas, 157 (15,84%) como boas, 187 (18,87%) como ruins e 252 (25,43%) como borrões. Quando a legibilidade para identificação da idade gestacional de acordo com o *Método FootScanAge* foi considerada, obtivemos 51 casos com legibilidade ótima (5,14%), 288 boas (29,06%), 221 regulares (22,30%), 173 ruins (17,45%) e 258 ilegíveis (26,03%). Desta forma, apenas 560 impressões plantares (48,91%) apresentaram condições mínimas de processamento digital pelo sistema.

Conclusão: Embora a importância da observação técnica venha sendo enfatizada há mais de 40 anos, esta experiência, e a de outros autores, tem encontrado os mesmos resultados, com uma incidência excessivamente elevada de ilegitibilidade das impressões plantares dos recém-nascidos tomadas na sala de parto.

Palavras-chave: Idade gestacional, impressão plantar, recém-nascido, identificação neonatal.

Abstract

Objective: Introduce the results for obtaining newborn plantar printings at the Clinical Hospital Maternity of Federal University of Paraná over a 17-month period, after the proper technical procedures had been revised and reinstated.

Methods: From February 2002 until June 2003, the nurses at the Obstetric Center were instructed on how to utilize the new procedures and the proper equipment to obtain plantar printings from newborn babies upon their birth. The legibility criteria for identification purposes were established according to Kakuda's criteria, and for gestational age determination purposes, the *FootScanAge Method* was selected.

Results: In regards to the legibility of plantar impressions for digital identification purposes, 395 (39,86%) were considered excellent, 157 (15,84%) good, 187 (18,87%) poor, and 252 (25,43%) were totally blurred. When the *FootScanAge Method* criteria were applied, there were 51 cases of excellent legibility (5,14%), 288 good ones (29,06%), 221 regular ones (22,30%), 173 bad ones (17,45%) and 258 were illegible (26,03%). Thus only 560 plantar printings (48,91%) met the minimum requirements for digital processing.

Conclusion: Even though the importance of technical observation has been emphasized for over 40 years, this study, and others carried out by different authors, has been facing the same results, which reveal an excessively high incidence of illegibility of newborn plantar printings obtained in the labor room.

Key-words: gestational age, newborn footprint, neonatal identification.

Endereço para correspondência

1 Professora Assistente do Departamento de Pediatria – Hospital de Clínicas - Universidade Federal do Paraná. Especialização em Pediatria, Especialização em Neonatologia e Mestre em Pediatria pela UFPR. Coordenadora da Unidade de Estatística e Informática Médica em Pediatria. Em conclusão de Doutorado em Pediatria, área de Informática Médica (dezembro/2003).

Rua General Carneiro, 181 – 80060 - 900 - Curitiba - PR

Introdução

A variação do aspecto da superfície plantar conforme a idade gestacional foi descrita inicialmente por Capurro em 1978¹ utilizada como um dos componentes deste escore para a determinação da idade gestacional e reconhecida como de importância para a identificação dos indivíduos, desde 1880 por Faulds, citado por Mamede².

O registro de impressões plantares tem sido usado como rotina nas maternidades desde 1915 nos EUA, e no Brasil desde 1925, tendo sido considerado o método aceito em todas as maternidades como forma de identificação dos recém-nascidos ao nascimento, não substituindo, entretanto outros métodos como a utilização de pulseiras, colares, plaquetas, identificações realizadas através de esparadrapos e fitas adesivas². Este registro é de valor inestimável, com objetivo médico-legal, embora vários autores observem que em aproximadamente 90% dos casos, no esclarecimento da identidade, as impressões plantares em nada ajudam, não passando geralmente de borrões, não propiciando nenhum subsídio para o seu objetivo fundamental^{2,3}. Silveira, em 1971, analisando o valor das impressões plantares em prontuários de recém-nascidos, questionou a legibilidade deste tipo de informação, por se constituir, na maioria das vezes de borrões, sem permitir nenhuma possibilidade de identificação⁴.

O problema de não obter impressões plantares adequadas parece estar ligado à ausência de conhecimento da técnica, presença de vérmix caseoso, deslizamento da região plantar sobre o papel, excesso de tinta, papel e tinta inadequados, não utilização de substâncias lipossolúveis e não utilização de rolo tipográfico⁵. É importante que os profissionais envolvidos diretamente no atendimento do recém-nascido na sala de parto observem a técnica correta de obtenção de impressão plantar.

Hoover, já em 1959 ressaltava a importância da orientação adequada da equipe de enfermagem sobre o valor das impressões plantares tomadas de recém-nascidos na sala de parto, a fim de que fossem realizadas de forma tecnicamente correta, com obtenção de imagens claras e nítidas⁶.

Igualmente Ramphal, desde 1967 preconiza que a técnica de tomada de impressões plantares seja periodicamente revisada, evitando a perda de material e tempo despendido por estes profissionais rotineiramente nos cuidados do recém-nascido⁷.

Em um estudo realizado analisando 1726 amostras de impressões plantares; 38,9% apresentaram legibilidade regular, 33% foram considerados como borrões e em apenas 18,2% a legibilidade foi considerada como boa, não estando relacionada ao tipo de profissional responsável pela sua realização, mas ao tipo de material utilizado e observação dos aspectos técnicos corretos para sua execução².

No desenvolvimento do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*⁸⁻¹⁴ algumas técnicas de obtenção da imagem digital da superfície plantar foram avaliadas, sendo a impressão

plantar tomada em papel rotineiramente na sala de parto considerada como a imagem de escolha, por representar a imagem mais rica em detalhes dos sulcos e saliências cutâneas presentes nesta região. O *Método FootScanAge*⁸ para o qual o sistema foi construído, baseia-se na premissa de que através da visão computacional é possível visualizar sulcos e saliências cutâneas imperceptíveis ao olho humano, que aliados a melhor percepção da morfologia da superfície plantar são capazes de contribuir para a determinação da idade gestacional de forma mais precisa.

No desenvolvimento da pesquisa, os mesmos problemas observados desde os relatos de Hoover⁶ e Ramphal⁷, em 1959 e 1967, foram encontrados. Este estudo apresenta esta experiência sobre a tomada de impressões plantares na Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná.

Métodos

Trata-se de um estudo prospectivo, realizado na Unidade de Neonatologia e Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, centro de referência para gestações de alto risco da cidade de Curitiba e região metropolitana, com um atendimento médio de cerca de 1500 a 2000 recém-nascidos vivos ao ano.

A Unidade Neonatal é subdividida em Unidade de Alojamento Conjunto, Unidade de Risco Intermediário, Alto Risco e UTI Neonatal, onde os recém-nascidos são atendidos ou internados, conforme a indicação e gravidade.

A partir de fevereiro de 2002 até junho de 2003, a equipe de enfermagem do Centro Obstétrico foi orientada sobre os aspectos técnicos corretos e utilização de material adequado para a tomada de impressão plantar dos recém-nascidos na ocasião de seus nascimentos¹⁵.

Além de orientação verbal, foi entregue a orientação por escrito e conferido todo o material necessário para a realização da técnica sugerida por Kakuda, em 1974¹⁵. Alguns itens referentes ao material já estavam disponíveis no Centro Obstétrico, tais como tinta apropriada para impressão digital, rolo tipográfico e prancheta, sendo fornecido o papel *couchet* para a tomada de uma impressão plantar inicial a mais, além das realizadas rotineiramente em prontuário médico e carteira do recém-nascido. Em relação à técnica recomendada, todos os passos foram sugeridos, com exceção apenas da orientação sobre a limpeza da superfície plantar, sobre a qual foi recomendada sua realização apenas com algodão embebido em água estéril.

Os critérios de legibilidade foram considerados baseados nos critérios de Kakuda¹⁵ com o objetivo de identificação dos recém-nascidos (Quadro 1) e nos critérios do *Método FootScanAge*⁸, baseado nos critérios de Kakuda¹⁵, quando o objetivo foi o de identificação da idade gestacional (Quadro 2). Este segundo critério leva em consideração os aspectos mais relevantes para a identificação da idade

gestacional do recém-nascido, quais sejam, o contorno da superfície plantar e a nitidez das saliências e sulcos cutâneos, requisitos indispensáveis para o processamento da imagem digital da superfície plantar pelo *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*⁸⁻¹⁴. Os critérios de baixa legibilidade são divididos em maiores ou menores na dependência do comprometimento da imagem para o processamento digital e extração de características morfológicas. Os critérios menores incluem: a) ausência da imagem de um ou mais dedos; b) presença de duplo contorno discreto em região de calcanhar e; c) presença de duplo contorno discreto em região lateral da superfície plantar. Os critérios maiores incluem: a) presença de duplo contorno moderado em calcanhar ou região lateral da superfície plantar e; b) quantidade de tinta inadequada com imagem pouco clara ou pouco impregnada. Os critérios considerados como inaceitáveis com total ilegibilidade incluem: a) perda do contorno da superfície plantar; b) perda significativa da imagem da superfície plantar por tinta inadequada ou tomada incompleta da impressão plantar.

Quadro 1 – Critérios de legibilidade de acordo com Kakuda¹⁵

Critérios de Legibilidade de Kakuda	
Ótimo	É possível identificar a linha de flexão dos quatro últimos artelhos, o desenho do sistema central do primeiro artelho e trirrádios formados pelas linhas papilares da região halucal
Bom	É possível identificar o desenho do sistema central do primeiro artelho, o desenho e os trirrádios das linhas papilares da região halucal
Regular	É possível identificar o desenho ou trirrádios formados pelas linhas papilares da região halucal
Borrão	Não é possível identificar nenhum elemento

Quadro 2 – Critérios de legibilidade de acordo com o *Método FootScanAge*⁸

Critérios de Legibilidade do <i>Método FootScanAge</i>	
Ótimo	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, ausência de dupla imagem em calcanhar ou região lateral do pé, quantidade de tinta adequada, sem impregnação excessiva ou perda de imagem
Bom	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de apenas 1 dos critérios menores de baixa legibilidade
Regular	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença dos dois critérios menores de baixa legibilidade
Ruim	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de critérios maiores de baixa legibilidade
Ilegível	Não é possível identificar todo o contorno da superfície plantar, presença de critérios inaceitáveis para o processamento da imagem digital

Após este período, as impressões plantares tomadas em papel *couchet* foram recolhidas para análise de legibilidade. Os recém-nascidos com malformações, inclusive os com mal formações envolvendo os pés foram excluídos do estudo.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, com registro de nº 2003012825 no Sistema de Banco de Pesquisas (BANPESQ). As imagens de superfície plantar utilizadas para testar o sistema foram coletadas dentro dos procedimentos de rotina do atendimento neonatal sendo apenas tomada uma impressão plantar extra em papel *couchet*, sendo dispensada assim, a aplicação do termo de consentimento.

Análise Estatística

A amostra possibilitou um poder de teste de 90 a 95%, considerando um erro do tipo I máximo de 5% (alfa) e erro do tipo II máximo de 10%. Os dados coletados foram digitados em planilha eletrônica (Microsoft Excel®) e exportados para o programa Statistica®. Para avaliar a significância estatística mínima estabelecida de 5% entre as frequências observadas foi aplicado o teste qui-quadrado de Pearson com correção de Yates¹⁶.

Resultados

No período de fevereiro de 2002 a junho de 2003 foram registrados na Maternidade do Hospital de Clínicas 1690 nascimentos vivos. Foram recolhidas 1145 impressões plantares em papel *couchet*, representando 67,75% do total de nascimentos.

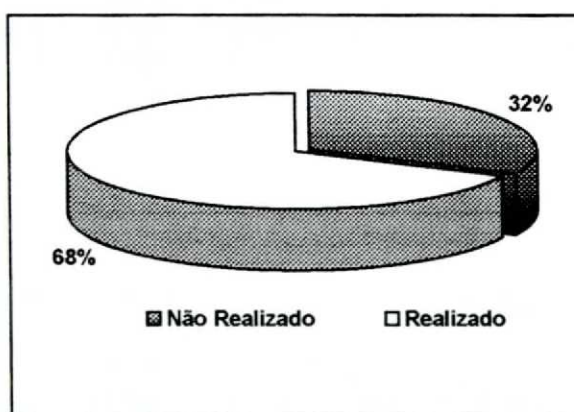


Gráfico 1 – Percentagem de nascimentos vivos na Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná com e sem realização da impressão plantar segundo a Técnica de Kakuda em papel *couchet*

Todos os recém-nascidos atendidos tiveram sua impressão plantar tomada em prontuário médico e em sua carteira de identificação, assim como todas as mães tiveram a tomada de sua impressão digital também registrada na ficha de atendimento do recém-nascido na sala de parto.

Embora a recomendação técnica seja de que a impressão plantar seja tomada do pé direito do recém-nascido, em 154 (13,45%) casos, foi utilizado o pé esquerdo.

Em relação à legibilidade das impressões plantares com finalidade de identificação digital, considerando somente as impressões plantares tomadas do pé direito, 395 (39,86%) foram consideradas como ótimas, 157 (15,84%) como boas, 187 (18,87%) como ruins e 252 (25,43%) como borrões (Figura 1).



Figura 1 – Impressão plantar do recém-nascido: a) ótima; b) boa; c) regular; d) borrão

Apesar da disponibilidade de material adequado no que se refere ao tipo de tinta utilizada, rolo tipográfico e papel especial, em 16 das 991 impressões plantares (1,61%) observamos que ainda foi utilizada a tinta azul de carimbo de escritório tomada em almofadas (Figura 2a).

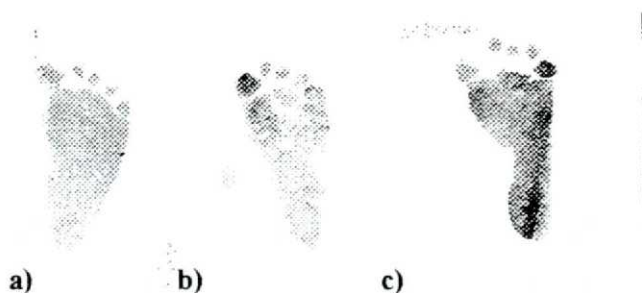


Figura 2 – Impressão plantar do recém-nascido erroneamente tomada com tinta azul e almofada de carimbo de escritório (a), impressão plantar de recém-nascido tomada com tinta pastosa de impressão digital em papel comum (b) e em papel couchet (c)

Nas visitas feitas ao Centro Obstétrico para a verificação da realização do procedimento recomendado, em várias oportunidades observamos depoimentos da equipe de enfermagem externando preferência pela utilização de tinta azul de carimbo de escritório, justificada pela maior facilidade de realização, menores problemas relacionados a contato das mãos com a tinta pastosa de identificação digital, e maior facilidade de limpeza do pé do recém-nascido após a tomada da impressão plantar.

Na avaliação da importância do tipo de papel utilizado para a tomada de impressões plantares, observamos uma diferença expressiva de nitidez e riqueza de detalhes na comparação das impressões plantares realizadas em papel comum e em papel *couchet* (Figura 2b e 2c).

Da mesma forma evidenciamos, através da observação de impressões plantares em prontuários médicos na seção de arquivo do Hospital de Clínicas realizadas há mais de 6 meses, a perda progressiva de nitidez da imagem da superfície plantar obtida, destacando a importância do uso de papel *couchet* para o melhor registro da impressão plantar.

Quando a legibilidade para identificação da idade gestacional de acordo com o *Método FootScanAge*⁸⁻¹⁴ foi considerada, obtivemos 51 casos com legibilidade ótima (5,14%), 288 boa (29,06%), 221 regular (22,30%), 173 ruim (17,45%) e 258 foram considerados ilegíveis (26,03%). Desta forma, apenas 560 impressões plantares (48,91%) apresentaram condições mínimas de processamento digital pelo sistema (Figura 3).



Figura 3 – Legibilidade das impressões plantares de acordo com o *Método FootScanAge*

Na Tabela 1 apresentamos a relação entre a legibilidade considerada para os dois propósitos, quais sejam, identificação e determinação da idade gestacional.

Critérios de Legibilidade		Método de Kakuda				Total
		Ótima	Boa	Regular	Borrão	
Método FootScanAge	Ótima	31	14	06	0	51
	Boa	173	48	52	15	288
	Regular	95	46	51	29	221
	Ruim	51	21	40	61	173
	Ilegível	45	28	38	147	258
	Total	395	157	187	252	991

$p < 0,0001$ - Teste qui-quadrado de Pearson para tendências lineares

Tabela 1 – Distribuição das impressões plantares de acordo com os critérios de legibilidade de Kakuda e do *Método FootScanAge*

Dados às diferenças de critérios e objetivos, observa-se que uma imagem que pode ser legível para identificação do recém-nascido pode ser ilegível para avaliação da idade gestacional (Figura 3d e 3e).

Dentre os aspectos observados, relacionados a erros técnicos na tomada de impressões plantares, destacamos o duplo contorno da imagem em região de calcanhar ou lateral do pé que ocorreu em 305 vezes (30,77%), a perda de parte da imagem em 94 vezes (9,49%), o borramento em 200 vezes (20,18%), ausência de tinta suficiente gerando uma impressão fraca em 184 vezes (18,57%), excesso de tinta em 80 vezes (8,07%) e falhas nas imagens em 147 vezes (14,83%) (Figura 4).



Figura 4 – Erros na técnica de tomada da impressão plantar: a) duplo contorno; b) perda de parte da imagem; c) excesso de tinta; b) falta de tinta suficiente; c) dupla imagem; d) ausência da imagem completa da superfície plantar

Foi surpreendente observar algumas tomadas de impressão plantar completamente ilegíveis (14,83%) denotando provavelmente a execução de um procedimento por simples rotina, de qualidade inaceitável, com tão pouca ou quase nenhuma tinta que não permitem nem reprodução. A Figura 5 ilustra algumas das impressões em que pelo menos se pode visualizar a má qualidade do procedimento.



Figura 5 – Ilustração de impressão plantar ilegível categorizada como borrão

Discussão

Descrita em 1974, a Técnica de Kakuda¹⁵ para tomada de impressões plantares em recém-nascidos inclui, além dos passos que devem ser seguidos para realização desta tarefa rotineira pelas equipes de enfermagem que atuam nas salas de parto, a especificação de materiais adequados para sua execução^{2,3}.

A técnica prevê que a superfície plantar do pé direito do recém-nascido deve ser inicialmente submetida à limpeza gentil com algodão embebido em substâncias lipossolúveis (benzina ou toluol). Posteriormente deve ser aplicada a toda superfície plantar, desde o calcanhar até a extremidade dos artelhos, tinta pastosa apropriada para impressões digitais através de rolo tipográfico para obter distribuição uniforme da tinta. Papel específico (papel *couchet* ou papel acetinado) deve ser colocado em prancheta ou placa de acrílico para a tomada da impressão plantar do recém-nascido, colocado em decúbito dorsal sobre a mesa de recepção, segurando-se firmemente a perna do recém-nascido com os dedos polegar, médio, anular e mínimo, ao nível da região tíbio-társica, e o dedo indicador exercendo pressão sobre o dorso do pé, para que fique em extensão^{2,3,15}.

Embora a importância da observação técnica venha sendo enfatizada há mais de 40 anos, esta experiência e a de outros autores têm encontrado os mesmos resultados, com uma incidência excessivamente elevada de ilegibilidade das impressões plantares dos recém-nascidos tomadas na sala de parto^{2,3,4,15}.

Todo o tipo de inobservância da técnica preconizada foi encontrado, como papel inapropriado, utilização de tinta e almofada de carimbo de escritório, ausência de limpeza da superfície plantar, aplicação inadequada de tinta e aplicação inadequada da superfície plantar sobre o papel; gerando imagens com borramento e duplicidade de contornos.

O erro da tomada de impressões plantares é sistemático e crônico e fica evidente a falta de importância dada a este procedimento por todos os profissionais de saúde envolvidos no atendimento de recém-nascidos. As imagens obtidas da superfície plantar na sala de parto, e registradas em prontuários médicos e carteiras de identificação de recém-nascidos, são vistas por todos os níveis de profissionais que atuam em hospitais, desde os funcionários responsáveis pelos registros e documentação dos pacientes, auxiliares de enfermagem, enfermeiras, médicos e professores.

Embora pareça tecnicamente fácil, a tomada correta da impressão plantar não é um procedimento assim tão simples. Existem algumas circunstâncias e situações, que de fato, dificultam a sua realização, como a movimentação da região plantar em flexão sob o estímulo tátil, tanto de aplicação da tinta quanto da compressão da superfície plantar sobre o papel, além das características da tinta pastosa para impressão digital, extremamente pegajosa e de difícil manuseio. O próprio papel *couchet*, por ser acetinado, exige um período maior de secagem deste tipo de tinta, propiciando borramento da imagem mediante qualquer manuseio do papel. Se a isto forem somadas as situações de estresse vividas nas salas de parto nos atendimentos de emergência, fica claro como estas dificuldades se ampliam.

Os depoimentos de profissionais de enfermagem de experiência e que atuam há muitos anos na sala de parto do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, nos faz refletir sobre a praticidade e efetividade deste procedimento rotineiro, que tem uma importância grande, pelo fato de estar relacionado à identificação do recém-nascido. A necessidade de identificação do recém-nascido é sem dúvida indiscutível, mas qual é de fato a aplicabilidade da tomada de impressão plantar na sala de parto?

A experiência que vivenciamos nestes quase dois anos de tomadas de impressão plantar com a finalidade de processamento digital pelo *Sistema FootScanAge* evidenciou que, embora tenhamos obtido melhores resultados de legibilidade para identificação do recém-nascido, a incidência de imagens de baixa legibilidade ainda foram extremamente elevadas, especialmente se considerarmos que este período foi marcado pela revisão e discussão periódicas da importância da observação do método de Kakuda¹⁵. As taxas de baixa legibilidade com finalidade de identificação da idade gestacional também foram bastante elevadas.

As diferenças nos critérios de legibilidade variaram de acordo com os objetivos pretendidos para cada um, quais sejam, identificação digital e identificação da idade gestacional. Estas diferenças nos levaram à reflexão sobre a tomada de impressões plantares nos recém-nascidos, que deve ser mais bem

orientada, para que possa ser de fato um procedimento útil, que justifique o trabalho e o tempo destes profissionais que o realizam diariamente nas salas de parto.

É preciso, então, que o profissional responsável por este procedimento saiba o quê de fato ele precisa obter na tomada da impressão plantar. As cisuras de flexão, localizadas na região halucal e superfície plantar do grande artelho são as marcas cutâneas plantares que realmente importam para a identificação do recém-nascido¹⁷. Portanto, a tomada de impressão plantar, destinada a este fim, deve ser feita direcionada para estes aspectos. Desta forma, a preocupação deve ser de entintamento e compressão adequada desta região do pé sobre o papel apropriado. Ou seja, não é preciso, obrigatoriamente, que se obtenha a imagem completa da superfície plantar, procedimento de mais difícil realização. Acreditamos até que, para que sejam obtidas melhores imagens de impressão plantar com esta finalidade, que inicialmente deva ser tomada a impressão plantar localizada de hálux e região halucal, e uma segunda tomada da imagem da superfície plantar como um todo, que permitirá a formação de uma idéia do tamanho do recém-nascido.

A imagem da superfície plantar do recém-nascido com a finalidade de identificação da idade gestacional, ao contrário, deve conter obrigatoriamente todo o contorno da superfície plantar, característica considerada fortemente relacionada a idade gestacional^{8,18,19}.

A grande incidência de imagens ilegíveis e sem possibilidade de processamento digital no *Sistema FootScanAge* reenfatiza a necessidade de desenvolvimento de um equipamento de aquisição digital da imagem da superfície plantar do recém-nascido, projeto em andamento na mesma Universidade.

A imagem da superfície plantar do recém-nascido obtida na sala de parto através de impressão plantar em papel é, em geral, uma imagem de baixa qualidade, que não atinge, na maioria das vezes, o propósito estabelecido para a sua realização. Mesmo tendo sido obtidas em um período caracterizado pelo andamento de uma pesquisa voltada também para a sua avaliação, a incidência de baixa legibilidade para identificação do recém-nascido foi bastante elevada, enquanto para identificação da idade gestacional foi ainda mais freqüente.

Fica evidente a necessidade do desenvolvimento de técnicas e equipamentos de aquisição digital da imagem da superfície plantar do recém-nascido, otimizando a qualidade e armazenamento das valiosas informações impressas nesta região cutânea, possibilitando a melhor identificação do recém-nascido, seja do ponto de vista médico-legal quanto da importância clínica que representa o melhor conhecimento da idade gestacional.

Agradecimentos

Às equipes de enfermagem do Centro Obstétrico e médicos da Unidade Neonatal do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná.

Referências

1. Capurro H, Konichezky S, Fonseca D, Caldeyro-Barcia R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1978; 93:120.
2. Mamede ML, Pelá NTR, Silveira E. Eficiência do uso de agentes desengordurantes na tomada de impressões plantares de recém-nascidos. *RBen* 1978; 31: 508-516.
3. Pelá NTR, Mamede ML, Tavares MSG. Análise crítica de impressões plantares de recém-nascidos. *RBen* 1976; 29: 100-105.
4. Silveira
5. Shepard CKS. Limitations of footprinting as a means of infant identification. *Pediatrics* 1966; 37: 107-108.
6. Hoover JE. The newborn's footprint. *Hospitals* 1959; 33: 3-41.
7. Ramphal MM. Values of routines in nursing. *Nurs. Forum* 1967; 3: 335-340.
8. Cat MNL. Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional. [tese de doutorado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná, 2003 (em conclusão).
9. Severich M. Desenvolvimento de uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScanAge [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2002.
10. Gorga CN. Um sistema computacional para apoio a Neonatologia utilizando o método FootScanAge [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2001.
11. Bellon ORP, Severich M, Silva L, Cat MNL, Boyer KL. Image analysis of newborn plantar surface for gestational age determination. 6th International Conference on Medical image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. *Lectures Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 2003, in press.
12. Bellon O, Gorga C, Severich M, Cat M, Silva L. Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional de recém-nascidos. *Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*; 2002 Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. *Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH)* 2002: 193-202.
13. Gorga CN, Bellon ORP, Cat MNL, Silva L, Sunye MS, Marchaukoski JN. A health care information system to Neonatology support. 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. *IEEE Press* 2002: 29-34.

14. Severich M, Bellon O, Cat MNL, Silva L. Análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a determinação da idade gestacional. Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2002; Gramado, Brasil.
15. Kakuda ML. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. Estudo da tinta, papel e modo de aplicação. *Revista de Enfermagem em Novas Dimensões* 1977; 3: 362-368.
16. Altman DG. *Practical statistics for medical research*. Ed. London: Chapman & Hall/ CRDC, 1991.
17. Lohnes R. A police detective tells us where to focus and why – when taking a newborn's footprint. *Am J Nurs* 1986: 1030-1033.
18. Daga SR, Daga AS, Patole S, Kadam S, Mukadam Y. Foot length measurement from foot print for identifying a newborn at risk. *J Trop Pediatr* 1988; 34: 16-19.
19. Ballard JL, Khoury JC, Wedig K, Wang BL, Lipp R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr* 1991; 199:417-423.

10.7.2 Aquisição Digital da Imagem da Superfície Plantar do Recém-Nascido

AQUISIÇÃO DIGITAL DA IMAGEM DA SUPERFÍCIE PLANTAR DO RECÉM-NASCIDO

Aquisição Digital da Imagem da Superfície Plantar do Recém-Nascido

Digital Imaging Acquisition of Newborn Infant's Plantar Surfaces

Mônica Nunes Lima Cat¹

Resumo

Objetivo: Apresentar os meios de aquisição da imagem digital da superfície plantar do recém-nascido utilizada no *Sistema FootScan Age* desenvolvido para apoiar a comprovação do *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

Métodos: Para obter a imagem digitalizada da superfície plantar do recém-nascido algumas técnicas foram testadas: digitalização da superfície plantar com de escaner de mão, fotografia digital e digitalização da impressão plantar em papel através de escaner de mesa.

Resultados: A experiência com a digitalização da superfície plantar com o escaner de mão evidenciou algumas dificuldades técnicas de aquisição da imagem como velocidade e grau de compressão do escaner sobre a região plantar, aquecimento do equipamento e conseqüente transferência de calor, além de resposta do recém-nascido ao estímulo tátil que variou de mínima movimentação dos pés a episódio de insaturação leve observada na oximetria de pulso. A utilização de máquina fotográfica digital, da mesma forma, evidenciou outras dificuldades técnicas tais como padronização de posição da região plantar, incidência, luminosidade e distância da câmera em relação à região plantar, e interferência na qualidade da imagem gerada por movimentação espontânea do recém-nascido. A digitalização da impressão plantar em papel couchet através de escaner de mesa permitiu a obtenção de imagens com maior riqueza de detalher e melhor definição.

Conclusão: A imagem digital adquirida através de escaneamento da impressão plantar realizada na sala de parto foi considerada como a mais satisfatória para o processamento computacional e selecionada como a imagem de escolha para utilização no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

Palavras-chave: imagem digital, processamento de imagens, digitalização, idade gestacional, sistema footscanage, método footscanage.

Abstract

Objective: Introduce the means for the digital imaging acquisition of newborn babies plantar surfaces utilized by the *FootScanAge System* whose goals is to help the confirmation of *FootScanAge Method* for determining gestational age.

Methods: A few different techniques have been tested in order to obtain digital images of a newborn's plantar surface: plantar surface digitalization with handheld scanner, digital photography and plantar printing digitalization through table scanner.

Results: The plantar surface digitalization with handheld scanner presented a few technical difficulties for the acquisition of images, such as the speed and degree of compression on the plantar region, heat transfer from the equipment to the plantar surface, and the newborn's response to the tactile stimuli, which ranged from slight finger movements to reduced oxygen saturation on pulse oxymeter. The utilization of digital cameras, likewise, had its own technical problems, such as standardization of plantar surface positioning, incidence, luminosity, distance between camera and plantar surface, and interference on the quality of the image generated due to spontaneous movements by the newborn infant. The digitalization of plantar surface images on couchet paper through table scanner allowed for better, highly defined images.

Conclusion: Digital images obtained by the scanning of plantar surface printings obtained in labor rooms were considered as the most suitable ones for computerized processing, and they were selected as the choice ones for utilization by the *FootScanAge System for Determining Gestational Age*.

Key-words: digital image, image processing, digitizing images, gestational age, footscanage system, footscanage method.

Endereço para correspondência

1 Professora Assistente do Departamento de Pediatria – Hospital de Clínicas - Universidade Federal do Paraná. Especialização em Pediatria, Especialização em Neonatologia e Mestre em Pediatria pela UFPR. Coordenadora da Unidade de Estatística e Informática Médica em Pediatria. Em conclusão de Doutorado em Pediatria, área de Informática Médica (dezembro/2003).

Rua General Carneiro, 181 – 80060 - 900 - Curitiba – PR.

Introdução

A sofisticação biotecnológica e o conhecimento cada vez mais profundo das doenças que acometem o recém-nascido requerem cada vez mais maior precisão de cada detalhe que envolve o atendimento deste tipo de paciente.

Todo o cuidado dispensado ao recém-nascido deve respeitar a etapa de desenvolvimento fisiológico em que ele se encontra. A Neonatologia tem assim uma característica peculiar, pois trata de seres humanos em desenvolvimento e mais especificamente em diferentes fases de desenvolvimento. Cada faixa de idade gestacional representa assim, uma etapa de desenvolvimento diferente, o que requer de igual forma, um cuidado específico¹.

Para cada faixa de idade gestacional abre-se na mente do médico neonatologista, os quadros clínico, terapêutico e prognóstico, que possivelmente vão caracterizar os primeiros dias de vida neonatal. E mesmo dotado deste conhecimento prévio acerca do período gestacional, na sala de parto, uma nova estimativa da idade gestacional é realizada a cada nascimento, como uma das etapas fundamentais deste primeiro atendimento para planejar a estratégia de cuidados oferecidos a cada recém-nascido.

A avaliação da idade gestacional inicia-se no atendimento pré-natal, quando a informação sobre a data da última menstruação aliada às informações de biometria fetal ultra-sonográfica permite que o médico obstetra possa estimar a data da fecundação e a data provável do parto²⁻⁴.

No período pós-natal, os métodos utilizados baseiam-se na observação de características físicas e neurológicas que compõe alguns sistemas de escores aplicados na sala de parto e/ou unidades neonatais⁵⁻⁸.

São duas as considerações importantes a respeito dos métodos pós-natais de avaliação da idade gestacional. Em primeiro lugar observa-se que a grande maioria, com exceção somente do último método proposto, Método “New Ballard”⁸, baseou-se em populações de recém-nascidos principalmente a termo, implicando em algumas preocupações sobre possível tendenciosidade e erro sistemático de estimativa. Segundo, existe um grande hiato na literatura médica a respeito do desenvolvimento de novos métodos de avaliação da idade gestacional mais preciso ou da validação dos escores disponíveis na realidade de hoje, ou seja, em uma população de recém-nascidos preponderantemente mais constituída por recém-nascidos prematuros do que há 1 década atrás⁹⁻¹⁴.

Com o objetivo de contribuir para o conhecimento de características neonatais que possam auxiliar no diagnóstico da idade gestacional, aliado aos conhecimentos pré-existentes, foi desenvolvido o *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*¹⁵, que utiliza as características da impressão plantar dos recém-nascidos extraídas através de um sistema informatizado de processamento da

imagem digital da superfície plantar – *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*¹⁵⁻²¹.

O início das pesquisas para o desenvolvimento deste sistema foi marcado pela busca do melhor meio de aquisição da imagem da superfície plantar do recém-nascido. Este estudo tem por objetivo apresentar os meios e equipamentos utilizados e testados no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*¹⁵⁻²¹.

Métodos

Este estudo foi desenvolvido pelo Departamentos de Pediatria – Disciplinas de Neonatologia e Informática Médica da Universidade Federal do Paraná.

O *Sistema FootScanAge*¹⁵⁻²¹ baseia-se na extração de características morfológicas e das saliências e sulcos cutâneos da superfície plantar para contribuir na determinação da idade gestacional. Para obter a imagem digitalizada da superfície plantar do recém-nascido algumas técnicas foram testadas: digitalização da superfície plantar com escaner de mão, fotografia digital e digitalização da impressão plantar em papel através de escaner de mesa.

As técnicas de aquisição de imagem da superfície plantar foram detalhadamente explicadas para o responsável pelo recém-nascido (pai e/ou mãe e/ou avó) e realizadas na presença do médico e equipe de enfermagem responsável pelo atendimento do recém-nascido após o consentimento livre e informado.

Os exames de aquisição de imagens foram realizados somente em recém-nascidos em boas condições clínicas, com saturação de oxigênio no sangue acima de 93% medida pela oximetria de pulso, selecionados pela equipe médica e de enfermagem e estando o pesquisador, também neonatologista, de acordo com a avaliação clínica do recém-nascido. Todos os exames foram feitos somente pelo pesquisador, utilizando luvas cirúrgicas estéreis após lavagem adequada das mãos.

Digitalização da Superfície Plantar com Escaner de Mão

Para a aquisição da imagem da superfície plantar, os equipamentos constituídos por um microcomputador (processador Intel® Pentium®4; 2,80 GHz; HD 60 GB; memória SDRAM de 512 MB) e escaner de mão Hewlett-Packard®, foram levados à Unidade Neonatal e colocados à beira do leito do recém-nascido. A superfície plantar do recém-nascido era exposta através da portinhola da incubadora e o pé segurado gentilmente pela mão do pesquisador. Após assepsia do equipamento, o escaner de mão era passado lentamente e com leve compressão pela superfície plantar do recém-nascido até a obtenção da imagem completa.

O exame foi imediatamente interrompido em recém-nascidos que apresentaram diminuição de dois pontos da saturação de oxigênio no sangue, medida pela oximetria de pulso, nos que evidenciaram desconforto excessivo pela ocasião do exame, expressado por choro; ou ainda, pela observação de aquecimento do equipamento. Em nenhum recém-nascido houve diminuição de saturação significativa (menor que 91%), retornando aos níveis anteriores rapidamente após a interrupção do exame.

Fotografia Digital

Para a fotografia digital foi utilizada uma câmera digital Canon® Power Shot S230. A superfície plantar do recém-nascido foi exposta da mesma forma, por um profissional médico ou de enfermagem da equipe, após lavagem adequada das mãos e colocação de luvas cirúrgicas estéreis. O pesquisador médico realizava então a tomada de algumas fotografias, estando sempre de frente para a superfície plantar e buscando as mesmas condições de inclinação, distância e iluminação.

Digitalização da Impressão Plantar obtida em Papel Couchet através de Escaner de Mesa

A imagem da superfície plantar realizada rotineiramente na sala de parto era digitalizada através de escaner de mesa Hewlett-Packard® PSC 1210, com resolução de 200 dpi e em formato bmp, armazenando assim a imagem sem nenhum tipo de compressão ou perda.

A avaliação das imagens obtidas foi realizada pelo Grupo de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens (IMAGO), fundado e coordenado pela Profª Olga Regina Pereira Bellon, no Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná, que em parceria com o Departamento de Pediatria da mesma Universidade, compõe o *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, com registro de nº 2003012825 no Sistema de Banco de Pesquisas (BANPESQ).

Análise Estatística

Por se tratar de uma avaliação descritiva das técnicas de aquisição de imagem, o estudo não permitiu nenhum tipo de análise estatística, mas a observação detalhada das experiências obtidas na realização dos exames.

Resultados

A Imagem Digital da Superfície Plantar

A superfície plantar é um tipo de imagem médica especial e atípica, constituída por muitos detalhes que devem ser preservados na fase de processamento da imagem digital. Os principais problemas relacionados na análise destas imagens são: a grande variação de forma e tamanho dos pés e qualidade da imagem obtida, no que se refere as suas características próprias e aquelas geradas pelo processo de aquisição da imagem (artefatos).

Com a finalidade de minimizar estes problemas, vários equipamentos de aquisição digital da imagem foram testados: a) escaneamento da superfície plantar através de escaner de mão aplicado diretamente sobre a superfície plantar; b) fotografia digital da superfície plantar e; c) escaneamento da impressão plantar obtida na sala de parto em papel, através de escaner de mesa.

Digitalização da Superfície Plantar do Recém-Nascido com o Escaner de Mão

A experiência com a digitalização da superfície plantar com o escaner de mão evidenciou algumas dificuldades técnicas de aquisição da imagem como: a) velocidade de aplicação do escaner sobre a região plantar; b) compressão aplicada à região plantar; c) aquecimento do equipamento e conseqüente transferência de calor e; d) resposta do recém-nascido ao estímulo tátil da aplicação do escaner, que variou de mínima movimentação dos pés a episódio de insaturação leve, determinando interrupção do exame; e alterações na qualidade da imagem adquirida.

a) Velocidade de aplicação do escaner

A velocidade de aplicação do escaner de mão é um dos aspectos técnicos fundamentais na utilização deste equipamento. Na dependência da velocidade aplicada, a aquisição da imagem é, às vezes, até automaticamente interrompida, em razão da baixa qualidade de imagem adquirida. No caso especialmente utilizado, região plantar do recém-nascido, a este fato somou-se a movimentação dos pés determinada pelo estímulo tátil, levando à outras alterações na imagem obtida (Figura 1c, 1f).

b) Compressão aplicada

Algumas alterações na qualidade da imagem foram relacionadas ao grau de compressão aplicado durante o exame. Na dependência desta variável observamos desaparecimento de alguns sulcos cutâneos (Figura 1b, 1d).

c) Aquecimento do equipamento

O escaner de mão apresenta um grau de aquecimento proporcional ao tempo em que está em funcionamento. O aquecimento observado durante sua utilização foi considerado leve, em situações de exames mais demorados, determinando, mesmo assim, interrupção do exame diante de aquecimentos mínimos.

d) Estímulo tátil

A aplicação do escaner de mão sobre a região plantar do recém-nascido representou um estímulo tátil adicional, determinando reações variáveis nos recém-nascidos. Estas reações incluíram movimentação mínima dos pés; movimentação ativa de membros inferiores; movimentação ativa do recém-nascido (membros inferiores, superiores e de cabeça); movimentação ativa do recém-nascido e choro; e em algumas situações, variações de saturação de oxigênio no sangue observadas através de oximetria de pulso. A observação de variação da saturação de oxigênio no sangue, definida como diminuição de pelo menos 2 pontos, determinou interrupção imediata do exame, com observação de recuperação imediata após interrupção do manuseio.

e) Qualidade da imagem

As variáveis citadas determinaram baixa qualidade da imagem adquirida através desta técnica. Verificamos através destas observações que a digitalização da imagem da superfície plantar com o escaner de mão não deve ser utilizado para a aquisição de imagem digital da região plantar do recém-nascido por ser uma técnica que, para este fim, representa um estímulo tátil para o recém-nascido, que pode causar alterações que variam desde interferência no seu estado de repouso até insaturação, além da obtenção de imagens de baixa qualidade.

Na Figura 1a observamos um exemplo da melhor imagem obtida com o escaner de mão. Na Figura 1b, 1c, 1d, 1e e 1f observamos a alterações nas imagens obtidas, decorrentes das dificuldades técnicas citadas.

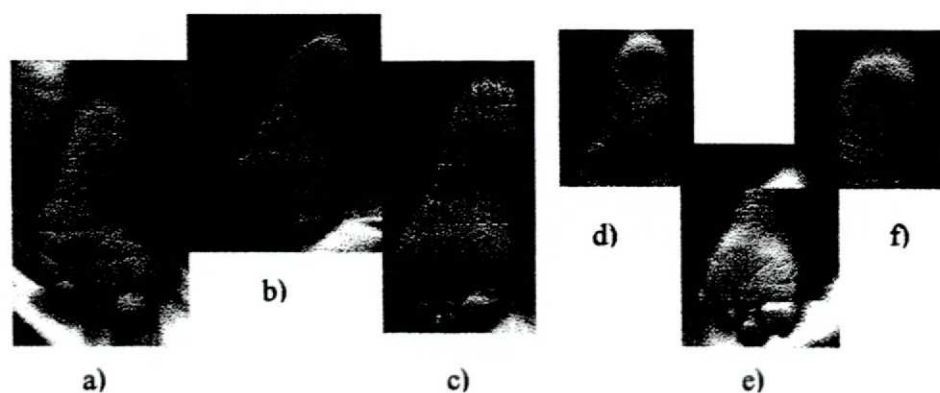


Figura 1 – a) Melhor imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de escaner de mão; b) alteração da imagem decorrente de compressão e interrupção da aquisição da imagem; c) alteração de coloração decorrente do tempo de aplicação do escaner; d) compressão excessiva evidenciada na área de calcanhar; e, f) perda de parte da imagem por variação na velocidade de aplicação do escaner

Utilização de máquina fotográfica digital para aquisição digital de imagem da região plantar do recém-nascido

A utilização de máquina fotográfica digital para aquisição de imagem, da mesma forma, evidenciou outras dificuldades técnicas tais como: a) padronização de posição da região plantar; b) incidência, luminosidade e distância da câmera em relação à região plantar do recém-nascido; c) interferência na qualidade da imagem gerada por movimentação espontânea do recém-nascido.

a) Padronização de posição da região plantar

Para procurar manter a mesma posição da região plantar para a fotografia, com o uso de luvas cirúrgicas estéreis, o pé do recém-nascido era segurado entre os dedos indicador e médio, de forma que a região plantar ficava sobre a palma da mão de um auxiliar para a tomada da fotografia.

O manuseio, apesar de cuidadoso, representou algumas vezes um estímulo tátil suficiente para determinar movimentação dos pés, interferindo na qualidade da imagem obtida.

b) Incidência, luminosidade e distância da câmera e; c) Interferência na Qualidade da Imagem

Observamos, nas fotografias obtidas, diferenças nas imagens determinadas por variações de incidência, luminosidade e distância da câmera em relação à região plantar. Foi realizada a consulta e solicitada a presença de um fotógrafo profissional para a realização de alguns testes, que confirmou a dificuldade na padronização destas variáveis. A Figura 2 traz um exemplo de fotografia digital da região plantar.

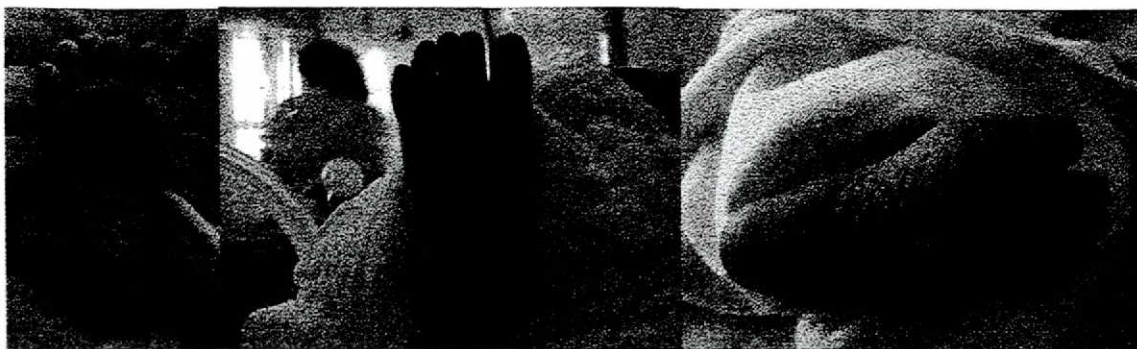


Figura 2 – Imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de máquina fotográfica digital

Digitalização da Impressão Plantar Realizada em Papel Couchet na Sala de Parto através de Escaner de Mesa

Outra forma testada foi a aquisição da imagem através de escaneamento da impressão plantar em papel, realizada rotineiramente na sala de parto, através de escaner de mesa. Para isto, foram utilizadas inicialmente, as impressões plantares tomadas na sala de parto na ficha clínica do recém-nascido. Nesta ocasião observamos a má qualidade de imagem obtida, com dificuldades na identificação das saliências e sulcos plantares, linhas de flexão e, às vezes, até no tamanho e forma dos pés (Figura 3).



Figura 3 – Imagem digital da superfície plantar do recém-nascido adquirida através de escaner de mesa utilizando a impressão plantar em papel obtida na sala de parto

A técnica de impressão plantar foi avaliada, resultando em uma revisão do assunto para identificação de problemas técnicos na sua realização. A partir de então, a realização da técnica de

Kakuda²² passou a ser enfatizada e o material adequado disponibilizado, resultando na obtenção de melhores impressões plantares.

A imagem digital adquirida através de escaneamento da impressão plantar realizada na sala de parto foi considerada como a mais satisfatória para o processamento computacional e selecionada como a imagem de escolha para utilização no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

Discussão

Com o advento dos computadores digitais de grande porte e início do programa espacial norte-americano houve um grande desenvolvimento na área de processamento de imagens. O uso de técnicas computacionais de aprimoramento de imagens teve início em 1964, quando as imagens da Lua transmitidas por uma sonda Ranger, eram processadas por computador, para corrigir vários tipos de distorção inerentes à câmera de TV acoplada à sonda²³.

De 1964 aos dias atuais, a área de processamento de imagens vem apresentando crescimento expressivo e suas aplicações permeiam quase todos os ramos da atividade humana. Em Medicina, o uso das imagens no diagnóstico médico tornou-se rotineiro e os avanços no processamento de imagens vêm permitindo tanto o desenvolvimento de novos equipamentos quanto maior facilidade de interpretação de imagens. A capacidade de processar, por exemplo, imagens obtidas de microscópios, permitindo a contagem automática de células, facilita a execução, além de aumentar o grau de precisão e reprodutibilidade do exame²³⁻²⁷.

Estes avanços sugerem que é possível se aproximar cada vez mais de dotar o computador de uma capacidade visual semelhante à dos seres humanos.

As imagens só podem ser processadas por computadores na forma de tabelas numéricas. Uma imagem bidimensional, por exemplo, é representada por uma tabela (x,y) e cada elemento da tabela corresponde a um pixel^a. O tamanho do pixel define a resolução espacial da imagem. Para manter a qualidade de uma imagem de uma radiografia padrão, por exemplo, pixels menores que 0,2 x 0,2 mm são necessários^{23,24}.

O processamento digital de imagens pode ser utilizado assim, para aumentar a qualidade da imagem, corrigindo imperfeições, identificando parâmetros quantitativos de interesse clínico (medidas de superfícies, distâncias, etc.) e facilitando a interpretação de imagens²³.

^a Pixel - Abreviação de elemento da imagem. Denominação técnica para o menor elemento constituinte de um imagem digital.

A análise de imagens envolve uma série de procedimentos, denominado processamento digital de imagens. Cada passo no processo depende do sucesso do passo anterior, do conhecimento e experiência do operador. Os passos incluem a) aquisição da imagem (imagem original); b) digitalização (transformação em imagem digital); c) pré-processamento da imagem (imagem restaurada); d) segmentação (isolamento de áreas da imagem); f) extração de parâmetros (representação e descrição) e; g) interpretação (análise e interpretação)^{23,24}.

O *Sistema FootScanAge*¹⁵⁻²¹ apresenta um módulo de processamento de imagens com o objetivo de extrair as características da imagem da superfície plantar do recém-nascido, para contribuir desta forma para a determinação mais precisa da idade gestacional, proposta do *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*¹⁵. Assim, um dos aspectos fundamentais é a disponibilização de uma imagem de qualidade adequada para que o processamento seja possível.

O primeiro equipamento utilizado para aquisição digital da imagem da superfície plantar foi o scanner de mão, que originou inclusive o nome do método e do sistema desenvolvidos (“*FootScan*”). Entretanto, os testes com a utilização deste equipamento permitiram identificar facilmente dois aspectos que inviabilizaram a sua utilização, de acordo com os propósitos estabelecidos pelo *Método FootScanAge*¹⁵: manuseio adicional do recém-nascido e grande variação na qualidade das imagens obtidas, sendo a grande maioria, de péssima qualidade.

A fotografia digital foi o segundo equipamento testado, gerando imagens de qualidade muito superior e com menor manuseio do recém-nascido, mas sua utilização evidenciou a impossibilidade de controlar variáveis como incidência da fotografia, distância da câmera fotográfica, inclinação, iluminação e movimentação do recém-nascido.

As imagens digitais obtidas inicialmente da superfície plantar através de escaneamento da impressão plantar, mesmo tendo sido obtidas sem observação da técnica correta, se mostraram extremamente superiores àquelas obtidas pelas técnicas anteriormente citadas, sendo muito mais ricas no detalhamento das características da superfície plantar e com uma vantagem fundamental dentro dos princípios básicos do *Método FootScanAge*¹⁵ – a ausência de qualquer manuseio adicional do recém-nascido.

A revisão da técnica de tomada da impressão plantar de Kakuda²² permitiu a obtenção de imagens ainda melhores, passando a ser este o método de escolha para aquisição de imagem digital da superfície plantar utilizada para o *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*¹⁵⁻²¹. Entretanto, apesar da readequação da técnica correta de tomada de impressão plantar, cerca de 50% das imagens obtidas em 17 meses não foram passíveis de processamento digital, em decorrência de má qualidade da imagem¹⁵. Desta forma, a busca por um método adequado de digitalização da imagem da

superfície plantar continua, com o desenvolvimento de um equipamento de aquisição digital específico para o recém-nascido, permitindo assim a aquisição de uma imagem digital de alta resolução, de fácil aquisição, passível de armazenamento e processamento computacional para estas e outras finalidades, como a própria identificação do recém-nascido.

Agradecimentos

Ao grupo IMAGO de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens, especialmente a Prof^a Olga Regina Pereira Bellon. Aos recém-nascidos representados pelos seus pais e às equipes médica e de enfermagem da Unidade Neonatal do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná.

Referências

1. Amato M, Hüppi P, Claus R. Rapid biometric assessment of gestational age in very low birth weight infants. *J Perinat Med* 1991; 19: 367-371.
2. Scher MS, Sinha S, Martin J, Steppe DA. Estimation of gestational maturity of preterm infants by five fetal sonographic measurements compared with neonatal EEG and the last menstrual period. *Electroen Clin Neuro* 1995; 95: 408-413.
3. Evtouchenko L, Studer L, Spenger C, Dreher E, Seiler RW. A mathematical model for the estimation of human embryonic and fetal age. *Cell Transplantation* 1996; 5: 453-464.
4. Degani S. Fetal biometry: clinical, pathological, and technical considerations. *Obstet Gynecol Surv* 2001; 56:159-167.
5. Dubowitz L, Dubowitz V, Goldberg C. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1970; 77: 1-10.
6. Parkin JM, Hey EN, Clowes JS. Rapid assessment of gestational age at birth. *Arch Dis Child* 1976; 51: 259-263.
7. Capurro H, Konichezky S, Fonseca D, Caldeyro-Barcia R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1978; 93:120.
8. Ballard JL, Khoury JC, Wedig K, Wang BL, Lipp R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr* 1991; 119:417-423.
9. Alexander GR, Caunes F, Hulsey TC, Tompkins ME, Allen M. Validity of postnatal assessment of gestational age: A comparison of the method of Ballard et al. And early ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166: 891-895.
10. Gagliardi L. Precision of gestational age assessment in the neonate. *Acta Paed*, 1992; 2: 95-99.

11. Wariyar U, Tin W, Hey E. Gestational assessment assessed. *Arch Dis Child*, 1997; 77:F216-F220.
12. Sola A, Chow LC. The coming of (gestational) age for preterm infants. *J Pediatr* 1999;135:137-139.
13. Karunasereka KA, Sirisena J, Jayasinghe JA, Perera U. How accurate is the postnatal estimation of gestational age? *J Trop Ped*; 2002, 48: 270-272.
14. Moraes CL, Reichenheim M. Validade do exame clínico do recém-nascido para a estimação da idade gestacional: uma comparação do escore New Ballard com a data da última menstruação e ultrassonografia. *Cad Saúde Pública* 2000; 16: 83-94.
15. Cat MNL. Método FootScan Age para Determinação da Idade Gestacional. [tese de doutorado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná, 2003 (em conclusão, dez. 2003).
16. Bellon ORP, Severich M, Silva L, Cat MNL, Boyer KL. Image analysis of newborn plantar surface for gestational age determination. 6th International Conference on Medical image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. *Lectures Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 2003, in press.
17. Gorga CN, Bellon ORP, Cat MNL, Silva L, Sunye MS, Marchaukoski JN. A health care information system to Neonatology support. 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. IEEE Press 2002: 29-34.
18. Bellon O, Gorga C, Severich M, Cat MNL, Silva L. Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional de recém-nascidos. *Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. *Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH)* 2002: 3: 193-202.
19. Severich M, Bellon O, Cat MNL, Silva L. Análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a determinação da idade gestacional. *Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, 2002; Gramado, Brasil.
20. Severich M. Desenvolvimento de uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScanAge [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2002.
21. Gorga C. Um sistema computacional para apoio a Neonatologia utilizando o método FootScanAge [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2001.
22. Kakuda ML. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. Estudo da tinta, papel e modo de aplicação. *Revista de Enfermagem em Novas Dimensões* 1977; 3: 362-368.
23. Filho OM, Neto HV. *Processamento digital de imagens*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Brasport; 1999.
24. Degoulet P, Fieschi M. *Introduction to Medical Informatics*. 2ª ed. Springer: New York; 1999.

25. Bellon O, Silva L. New improvements on range image segmentation by edge detection. *IEEE Signal Proc Let* 2002; 9: 43-45.
26. Bookstein FL. Shape and the information in medical images: A decade of morphometric synthesis. In *P W Math Meth Bio-Med Image Anal* 1996: 2-12.
27. Duncan JS, Ayache N. Medical image analysis: Progress over two decades and the challenges ahead. *IEEE T Pattern Anal* 2000; 22: 85-106.

10.7.3 Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional

Sistema FootScanAge para a Determinação da Idade Gestacional

FootScanAge System for Gestational Age Determination

Mônica Nunes Lima Cat¹, Olga Regina Pereira Bellon², Maurício Severich³, Luciano Silva⁴

Resumo

Objetivo: Apresentar um sistema informatizado que tem por finalidade extrair características da superfície plantar do recém-nascido com o objetivo de auxiliar a determinação mais precisa da idade gestacional.

Métodos: Através de reunião dos Departamentos de Pediatria – Disciplina de Neonatologia e Informática Médica, e de Informática da Universidade Federal do Paraná deu-se início ao *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, com a elaboração de um sistema informatizado constituído por dois módulos; de banco de dados e de processamento de imagens, com a finalidade de visualizar, através da imagem digital da superfície plantar, as saliências e sulcos cutâneos plantares imperceptíveis ao olho humano, que somado às características morfológicas, constitui-se no denominado - *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*

Resultados: O sistema é capaz de armazenar e recuperar informações do binômio mãe-filho, imagens da superfície plantar digitalizadas e características destas imagens extraídas através do seu processamento. Caracteriza-se especialmente pela possibilidade de interação do especialista nas etapas de processamento das imagens, permitindo os ajustes necessários para a obtenção de melhores resultados. De igual forma, o banco de dados apresenta uma característica peculiar, que consiste na possibilidade de armazenamento de “níveis de conhecimentos” de forma hierárquica, facilitando a organização e construção do conhecimento.

Conclusão: Algumas informações importantes como medidas mais precisas do tamanho, largura, área e percentagem de pregueamento da região plantar são obtidas através do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Os resultados indicam sua contribuição para a determinação da idade gestacional.

Palavras-chave: Idade gestacional, superfície plantar do recém-nascido, sistema footscanage, processamento de imagens, método footscanage, informática médica.

Abstract

Objective: To present a computerized system that has for purpose extract characteristics of the newborn's plantar surface image with the objective of aiding the most precise determination of the gestational age.

Methods: Through systematical meeting of the Departments of Pediatrics – Neonatology and Medical Computer Science areas, and of Computer Science of the Federal University of Parana- Brazil, the *FootScanAge Project for Gestational Age Determination* has began, with the elaboration of a computerized system constituted by two modules; database and image processing, with the purpose of visualizing through the digital newborn's plantar surface image wrinkles imperceptible to the human eye, that added to the morphologic characteristics, constituted in *FootScanAge Method for Gestational Age Determination*.

Results: The system is capable to store and recover patient information (baby and mother), newborn's digital plantar surface images and the characteristics of these extracted images through its processing. It is especially characterized by the possibility of the specialist's interaction in the stages image processing, allowing the necessary fittings for better results. Equally, the database presents a peculiar characteristic that consists of the possibility of “levels of knowledge” storage in a hierarchical way, facilitating the organization and construction of the knowledge.

Conclusions: Some important information as more precise measures of the size, width, area and percentage of wrinkle occupation are obtained through the *FootScanAge System for Gestational Age Determination*. The results indicate its contribution for gestational age determination.

Key-words: Gestational age, neonatal plantar surface, footscanage system, image processing, footscanage method, medical informatics.

Endereço para correspondência

1. Professora Assistente do Departamento de Pediatria – Hospital de Clínicas - Universidade Federal do Paraná. Especialização em Pediatria, Especialização em Neonatologia e Mestre em Pediatria pela UFPR. Coordenadora da Unidade de Estatística e Informática Médica em Pediatria – UFPR. Em conclusão de Doutorado em Pediatria, área de Informática Médica (dezembro/2003).

Rua General Carneiro, 181 - 80060-900 - Curitiba – PR.

2. Professora Adjunto do Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná. Mestre e Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Pós-Doutorado em Visão Computacional e Processamento de Imagens pela Ohio State University – Department of Electrical Engineering. Fundadora e Coordenadora do Grupo IMAGO – Departamento de Informática – UFPR.

Caixa Postal 19081 - 81.531- 980 - Curitiba – PR.

3. Professor Colaborador do Departamento de Informática da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR. Especialização em Ciências da Computação pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestre em Informática pela Universidade Federal do Paraná.

4. Professor Colaborador do Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná. Mestre em Informática pela Universidade Federal do Paraná. Doutor em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pelo CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná). Estágio de Doutorado na Ohio State University – Department of Electrical Engineering.

Introdução

A preocupação em estimar o tempo de gestação é secular. Na era Bíblica uma gestação era considerada completa quando atingia 10 meses lunares, enquanto alguns postulavam que podia variar de 9 a 11 meses. Séculos depois, a avaliação precisa da idade gestacional continua incerta, apesar de sua extrema importância, especialmente nos tempos atuais, onde a sobrevivência de recém-nascidos cada vez mais prematuros é uma realidade, graças aos grandes avanços científicos e biotecnológicos na área de Neonatologia¹.

No pré-natal, a informação sobre a data da última menstruação (DUM) e as medidas de biometria fetal obtidas através de ultra-sonografia, permitem ao médico obstetra estimar a idade gestacional e data provável do parto^{2,3,4}.

Entretanto, não são raras as vezes em que a gestante desconhece a data de início da última menstruação ou que existe incerteza sobre esta data. A confiabilidade desta informação para os cálculos da data provável do parto depende ainda da regularidade dos ciclos menstruais, da ausência do uso de anticoncepcionais orais nos últimos 3 a 6 meses anteriores à concepção e ausência de sangramento vaginal no 1º trimestre^{5,6,7}.

A biometria fetal ultra-sonográfica pode auxiliar no diagnóstico da idade gestacional, mas da mesma forma, para garantir confiabilidade, deve ser realizada no 1º trimestre de gestação, em um período anterior à 12ª-16ª semana, já que com o avanço da gestação observa-se diminuição da precisão da estimativa da idade gestacional^{3,4,6,8}.

No período pós-natal, os métodos utilizados baseiam-se na observação de características físicas ou neurológicas que compõe alguns sistemas de escores aplicados na sala de parto ou unidades neonatais pelos Neonatologistas⁹. Os métodos pós-natais para estimativa da idade gestacional, por sua vez, também não são isentos de imprecisão^{1,7,10,11,12}.

Data de 1966 o primeiro método proposto para estimativa da idade gestacional, baseado em características somato-neurológicas dos recém-nascidos¹³. Desde então, algumas propostas surgiram como o Método de Dubowitz¹⁴ (1970), Método de Parkim¹⁵ (1976), Método de Capurro¹⁶ (1978), Método de Ballard¹⁷ (1979) e Método de Ballard modificado¹⁸ (1990).

Entretanto, existem duas observações importantes a serem consideradas em relação aos métodos pós-natais de avaliação da idade gestacional. Em primeiro lugar observa-se que, a grande maioria, com exceção somente do último método proposto; Método de Ballard modificado¹⁸ baseou-se em população de recém-nascidos predominantemente a termo, implicando em algumas preocupações sobre possível tendenciosidade e erros sistemáticos de estimativa. E mesmo considerando este último método, ainda não

existem estudos controlados de sua validação^{1,7,11}. Segundo, existe um grande hiato na literatura médica sobre avaliação da idade gestacional, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de métodos mais precisos ou da validação dos sistemas dos escores disponíveis na realidade de hoje, ou seja, em uma população de recém-nascidos preponderantemente constituída por recém-nascidos mais prematuros do que há uma década atrás.

Com o objetivo de contribuir para o conhecimento de características neonatais que possam auxiliar no diagnóstico da idade gestacional, aliado aos conhecimentos pré-existentes, estudamos as características da superfície plantar do recém-nascido.

Já é de conhecimento de todos, desde 1978 a partir da observação de Capurro¹⁶, que existe variação do pregueamento cutâneo da superfície plantar com a idade gestacional, iniciando-se no terço anterior com cerca de 36 semanas, e estendendo-se para toda a superfície plantar com o avanço da idade gestacional. Sabe-se ainda que, recém nascidos mais prematuros, ou seja, aqueles com menos de 36 semanas, apresentam sua região plantar desprovida de tal pregueamento. Isto se deve provavelmente ao fato de que as saliências e sulcos plantares se desenvolvem com 12^a a 16^a semanas de gestação, mas o seu aparecimento ou visualização depende do processo de queratinização da pele, que ocorre com o desenvolvimento e maturação¹⁹.

Introduzindo a partir deste conhecimento a aplicação de sofisticadas tecnologias de informática médica na área de processamento de imagem²⁰⁻²⁴ objetivamos verificar se através da imagem digital da superfície plantar é possível visualizar estas saliências e sulcos plantares imperceptíveis ao olho humano, que somado às características morfológicas da superfície plantar constitui-se no que denominamos - *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*²⁵.

Métodos

Este estudo foi desenvolvido pelos Departamentos de Pediatria – Disciplinas de Neonatologia e Informática Médica e Departamento de Informática – Grupo IMAGO^a, da Universidade Federal do Paraná, integrantes do *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*.

A partir de agosto de 2000 foi iniciado o *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, sendo a equipe constituída pelos autores, que passaram a realizar reuniões sistemáticas para o

^a Grupo Imago de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná. Fundação e Coordenação – Prof^a Olga Regina Pereira Bellon.

desenvolvimento do sistema informatizado de apoio a Neonatologia. Este trabalho sistemático serviu para a formação do alicerce e da sedimentação dos conhecimentos médicos e de informática, intercambiados pelos integrantes da equipe, para possibilitar o desenvolvimento do sistema.

Inicialmente o *Método FootScanAge*²⁵ foi apresentado e discutido até o perfeito entendimento dos profissionais de informática, assim como os conhecimentos da área foram intensivamente abordados e estudados para o entendimento do profissional médico. O desenvolvimento do módulo de banco de dados²⁶ e módulo de processamento de imagens²⁷ foi acompanhado em todas as etapas pelo profissional médico, com os devidos ajustes dos pontos necessários.

Foram então incluídos no *Sistema FootScanAge* dados de 187 recém-nascidos, atendidos na Sala de Parto da Maternidade do Hospital de Clínicas da UFPR no período de maio a julho de 2002, que apresentaram legibilidade de impressão plantar, constituindo-se em uma amostra piloto com a finalidade de testar o sistema.

Com o objetivo de verificar a capacidade do sistema em se ajustar a diferentes tamanhos, formas e padrões de superfície plantar, os recém-nascidos foram classificados de acordo com suas idades gestacionais, obtidas através da informação sobre a data da última menstruação⁵, do Método de Parkim¹⁵ e Método de Ballard¹⁸, para recém-nascidos com idade inferior a 37 semanas, em 3 grupos:

- Grupo I = recém-nascidos com idades gestacional ≤ 35 semanas;
- Grupo II = recém-nascidos com idade gestacional com idade gestacional > 35 semanas e ≤ 37 semanas;
- Grupo III = recém-nascidos com idade gestacional > 37 semanas.

A imagem digital adquirida através de escaneamento da impressão plantar realizada na sala de parto foi considerada como a mais satisfatória para o processamento computacional e selecionada como a imagem de escolha para utilização no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*, sendo escolhido como padrão o formato de imagem bmp^b com 200 dpi^c de resolução^d, armazenada sem sofrer qualquer tipo de compressão.

^b bmp – nome: Microsoft Windows Device Independent Bitmap; proprietário: Microsoft Corporation; tipo de arquivo: bitmap; características: suporta cores até 24 bits (“binary digit” - menor unidade de processamento computacional, pode ter valor de 0 ou 1); plataformas: PC e Macintosh; aplicações: armazenamento de imagens para uso no Microsoft Windows^{20, 21}.

Os critérios de legibilidade da impressão plantar utilizados foram os estabelecidos no *Método FootScanAge*²⁵ baseado nos critérios de Kakuda²⁸, levando em consideração os aspectos mais relevantes para a identificação da idade gestacional do recém-nascido, quais sejam, o contorno da superfície plantar e a nitidez das saliências e sulcos cutâneos, requisitos indispensáveis para o processamento da imagem digital da superfície plantar pelo sistema. Os critérios de baixa legibilidade foram divididos em maiores ou menores na dependência do comprometimento da imagem para o processamento digital e extração de características morfológicas. Os critérios menores incluíram: a) ausência da imagem de um ou mais dedos; b) presença de duplo contorno discreto em região de calcanhar e; c) presença de duplo contorno discreto em região lateral da superfície plantar. Os critérios maiores incluíram: a) presença de duplo contorno moderado em calcanhar ou região lateral da superfície plantar e; b) quantidade de tinta inadequada com imagem pouco clara ou pouco impregnada. Os critérios considerados como inaceitáveis com total ilegibilidade incluíram: a) perda do contorno da superfície plantar; b) perda significativa da imagem da superfície plantar por tinta inadequada ou tomada incompleta da impressão plantar.

Quadro 1 – Critérios de legibilidade de acordo com o *Método FootScanAge*²⁵

	Critérios de Legibilidade do <i>Método FootScanAge</i>
Ótimo	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, ausência de dupla imagem em calcanhar ou região lateral do pé, quantidade de tinta adequada, sem impregnação excessiva ou perda de imagem
Bom	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de apenas 1 dos critérios menores de baixa legibilidade
Regular	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença dos dois critérios menores de baixa legibilidade
Ruim	É possível identificar o contorno da superfície plantar, os sulcos cutâneos em toda a superfície, com presença de critérios maiores de baixa legibilidade
Ilegível	Não é possível identificar todo o contorno da superfície plantar, presença de critérios inaceitáveis para o processamento da imagem digital

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, com registro de nº 2003012825 no Sistema de Banco de Pesquisas (BANPESQ). As imagens de superfície plantar utilizadas para testar o sistema foram extraídas dos

^c dpi – dots per inch; unidade de resolução espacial em pontos por polegada²⁰.

^d Resolução – menor característica de uma imagem que pode ser percebida por um sistema de aquisição de imagens, quantidade de pontos presentes em uma imagem digital²⁰.

prontuários médicos, não interferindo na rotina e atendimento dos recém-nascidos, sendo dispensada assim, a aplicação do termo de consentimento.

Análise Estatística

Por se tratar da apresentação de um sistema informatizado, de uma forma geral, os dados não permitiram análise estatística, mas apenas análise observacional realizada pelos integrantes do projeto, com a finalidade de avaliar a funcionalidade do sistema, capacidade e velocidade de recuperação de dados e de processamento e extração de características da imagem. Para a análise específica da performance dos 3 filtros^e de redução de ruídos^f foi aplicada a ANOVA²⁹, com nível mínimo de significância de 5% e poder de teste de 85%.

Resultados

O Módulo de Banco de Dados

A primeira etapa do *Projeto FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* foi a modelagem de um banco de dados de forma a propiciar o armazenamento e recuperação de dados do binômio mãe-filho, no que se refere aos dados de identificação maternos e dos recém-nascidos, dados clínicos e evolutivos, as imagens digitais e suas características, possibilitando ainda a geração de relatórios, informações estatísticas e gráficos (Figura 1a). Este módulo foi desenvolvido²⁶ com duas características especiais que o diferenciam, que incluem a integração com o sistema de processamento de imagens²⁷ e uma ferramenta denominada de “nível de conhecimento”, baseada no estudo de correlação de Marchaukoski³⁰ (Figura 1b), que possibilita o armazenamento de informações, que isoladas ou associadas, se constituem em algum conhecimento ou observação nova, para o qual podem ser atribuídos pesos ou notas, de acordo com a sua importância. Da mesma forma, permite a cada nova análise, a agregação de uma informação nova a um conhecimento previamente construído, aumentando progressivamente a sua

^e Filtros – Refere-se a filtragem espacial, também denominada processamento por máscara. Tipo de operação que pode ser utilizada para remoção de ruídos em imagens digitais²⁰.

^f Ruído – toda energia elétrica ou eletromagnética que degrada a qualidade de sinais ou dados, podendo ocorrer em sistemas analógicos ou digitais. O ruído é uma informação indesejável que contamina, por exemplo, uma imagem²⁰.

hierarquia de pontuação, permitindo a ordenação e organização da pesquisa, para a construção do conhecimento final.

Em relação ao armazenamento e recuperação de informações, o sistema é semelhante a outras bases de dados de informações médicas, contemplando todas as informações relevantes contidas no prontuário médico materno e do recém-nascido, permitindo caracterizar todo o perfil do binômio mãe-filho desde a admissão até o momento da saída hospitalar.

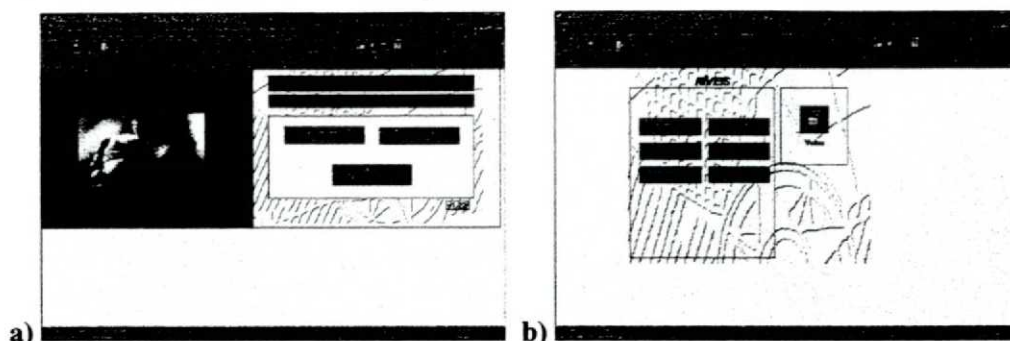


Figura 1 – Ilustração do módulo de banco de dados do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*; (a) tela inicial; (b) tela posterior de acesso aos diferentes níveis

O módulo de banco de dados está atualmente sob revisão³¹, tendo sido submetido à remodelagem, migração para uma nova plataforma mais robusta e desenvolvimento de uma interface Web⁸.

A Ferramenta de Processamento de Imagens

O módulo de processamento de imagens do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*²⁷ foi desenvolvido com o objetivo de servir como uma ferramenta de apoio para o Método FooScan Age²⁵, que tem como princípio básico a hipótese de que, através da visão computacional, é possível obter características morfológicas e detectar os sulcos cutâneos da superfície plantar dos recém-nascidos imperceptíveis ao olho humano, capazes de auxiliar na determinação mais precisa e menos invasiva da idade gestacional. Tratando-se de uma imagem complexa, devido às inúmeras características

⁸ Web - Também conhecida como www é um conjunto de padrões e tecnologias que possibilitam a utilização da Internet por meio dos programas navegadores, que por sua vez tiram todas as vantagens desse conjunto de padrões e tecnologias pela utilização do hipertexto e suas relações com a multimídia, como som e imagem, proporcionando ao usuário maior facilidade na sua utilização, e também a obtenção de melhores resultados.

que de fato a visão computacional possibilitou perceber; a interação com o especialista, além da integração contínua na elaboração do sistema, passou a ser parte integrante do sistema, por entendimento consensual de todos de que o processamento deste tipo de imagem e de imagens médicas de uma forma geral deve merecer esta possibilidade de interação, sendo assim mais compatível até com o perfil da ciência médica, que percebe cada paciente como um indivíduo único e capaz assim de ter manifestações clínicas diversas de uma mesma situação.

O *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* foi então assim desenvolvido, para permitir o processamento automático da imagem da superfície plantar do recém-nascido, com alguns parâmetros estabelecidos como padrão, mas considerando e disponibilizando também a interação do médico pediatra e/ou neonatologista, permitindo a supervisão e modificação de parâmetros em cada estágio, otimizando o resultado final do processamento da imagem. O sistema permite também que os parâmetros selecionados pelo especialista sejam armazenados, reutilizados e aplicados como novo padrão, se ele assim o desejar, automaticamente nos processamentos seguintes.

A imagem digital da superfície plantar, armazenada no módulo de banco de dados, reunida a todos os outros dados de identificação, dados maternos, dados da gestação, parto, dados referentes ao nascimento e evolução clínica dos recém-nascidos, é carregada no sistema de processamento de imagens, submetida à extração de características que se constituem nos dados referentes a superfície plantar, retornando novamente ao módulo de banco de dados onde também são armazenados. O diagrama de representação do sistema está apresentado na Figura 2.

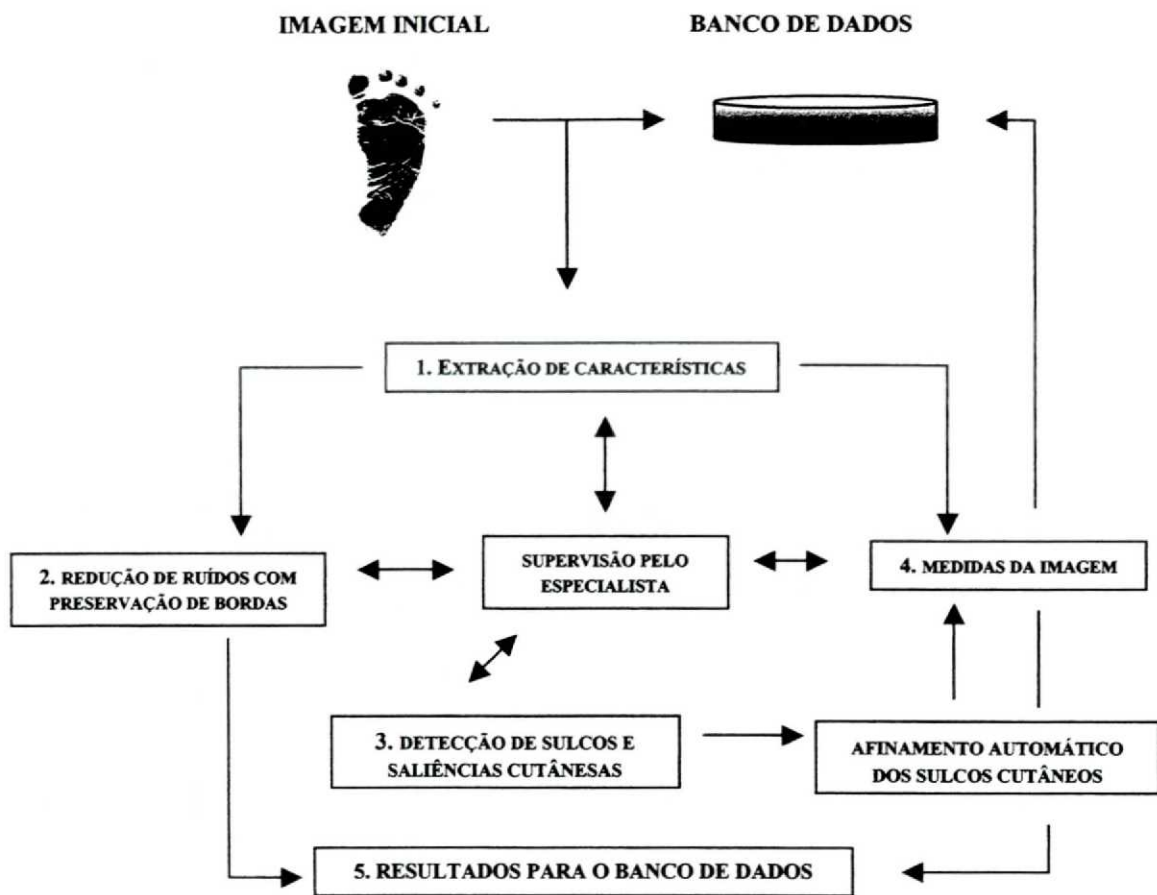


Figura 2 – Diagrama de representação do processamento de imagem do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*

A ferramenta de processamento amplia a imagem, facilitando a visualização dos detalhes pelo especialista e extrai suas características mais importantes, estabelecidas pelo *Método FootScanAge*²⁵. Algumas etapas ocorrem neste processo, quais sejam: a) extração da região de interesse; b) redução de ruídos com preservação de bordas; c) detecção de sulcos e; d) medidas da imagem.

Extração da Região de Interesse

A partir da imagem da superfície plantar digitalizada inicia-se o processamento com a extração de suas características. Na fase inicial, o fundo da imagem é identificado através de binarização^b global (Figura 3a e 3b) utilizando um limiar global automáticoⁱ, que pode ser alterado interativamente pelo usuário. Este limiar é calculado de forma automática, utilizando a informação de toda a imagem e não apenas de um local. Na imagem binária é aplicado um processo de fechamento morfológico^j, conectando as regiões e delimitando a superfície plantar²⁷ (Figura 3c).

Esta imagem, agora com todas as suas bordas delimitadas, é subdividida em 4 regiões, de acordo com parâmetros previamente estabelecidos pelo *Método FootScanAge*²⁵, (Figura 4b) considerando o conhecimento de que o pregueamento plantar se faz da região halucal em direção à região do calcâneo, e definições de Cummins³²(Figura 4a).

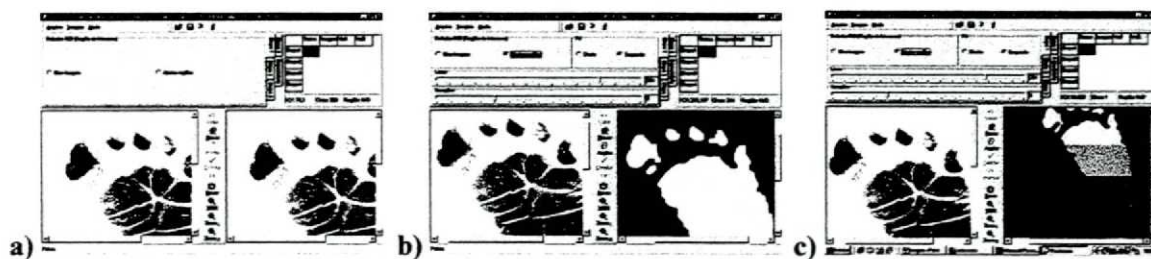


Figura 3 – Ilustração do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* nas etapas de seleção da imagem (a), binarização global, fechamento morfológico (b) e subdivisão das áreas de interesse (c)

^b Binarização – tornar uma imagem qualquer binária, ou seja, somente dois valores de intensidade são permitidos: 0 e 1, ou preto e branco²⁷.

ⁱ Limiar global automático – uso de um único valor de limiar para processar toda a imagem²⁷.

^j Fechamento morfológico – operação morfológica utilizada para preencher os pequenos buracos e conectar regiões próximas, permitindo identificar o contorno da região plantar²⁷.

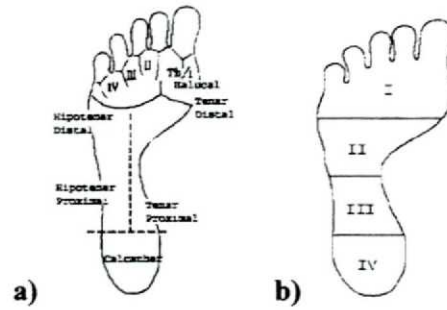


Figura 4 – Divisão morfológica da superfície plantar sugerida por Cummins (a) e a sugerida pelo *Método FootScanAge* (b)

Redução de Ruídos com Preservação de Bordas

Sendo um dos principais objetivos estudar o comportamento dos sulcos e saliências cutâneas e sua correlação com a idade gestacional, o sistema foi ajustado para permitir melhora na qualidade da imagem sem, entretanto haver perda de detalhes finos. Nesta etapa alguns tipos de filtros de imagens foram testados e alguns filtros com preservação de características foram selecionados.

O sistema disponibiliza assim, a utilização de 3 tipos de filtros: NGIW (*New Gradient Inverse Weighted*)³³, o filtro *Sensi-Edge (Edge-Sensitive Noise Reduction)*³⁴ e o filtro com preservação de bordas²⁷, baseado na abordagem de Adelman³⁴ (Figura 5a e b).

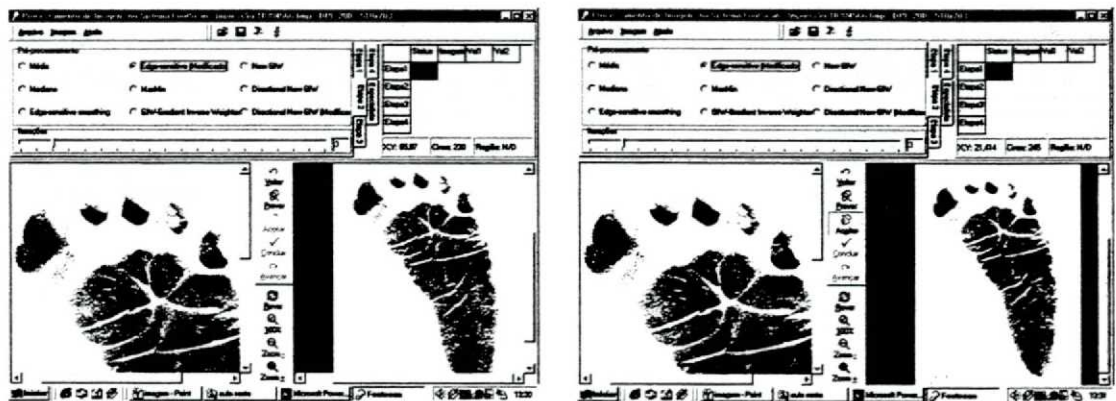


Figura 5 – Ilustração do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* na etapa de aplicação de filtros para redução de ruídos com preservação de bordas, antes (a) e depois (b) da aplicação do filtro

Detecção de Sulcos Cutâneos

Para a detecção do pregueamento da superfície plantar foi desenvolvido um método de crescimento de regiões, baseado no algoritmo de Niblack³⁵. Este método utiliza limiares locais e informações estatísticas da imagem para rotular os pixels de pregueamento da região plantar. A imagem de pregueamento é mostrada ao usuário para validação ou refinamento e após a validação, ocorre um processo de afinamento automático com a obtenção da imagem isolada dos sulcos plantares (Figura 6b). O algoritmo de afinamento utilizado foi desenvolvido por Bellon e Silva²², baseado na definição do eixo médio dos segmentos de pregueamento e em um conjunto de elementos estruturantes de morfologia matemática^k.

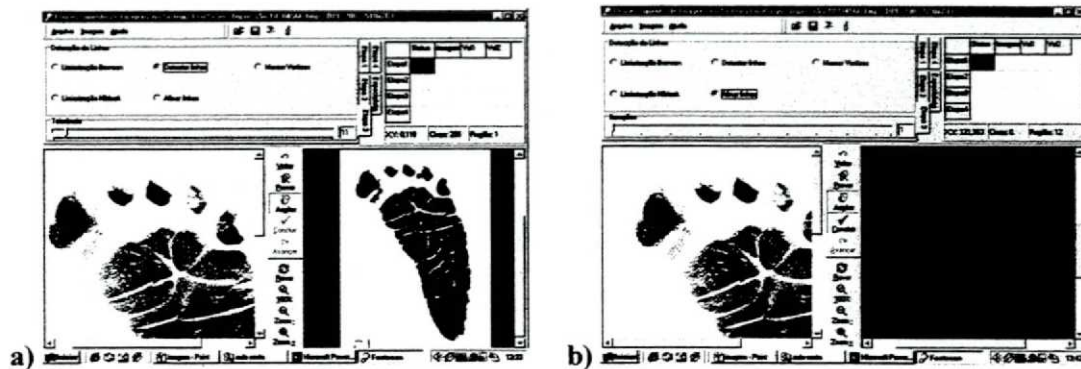


Figura 6 – Ilustração do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* na etapa de detecção dos sulcos cutâneos (a) e afinamento, isolando somente a imagem das linhas (b)

Medidas da Imagem

Nesta etapa algumas medidas da imagem da superfície plantar e das regiões de interesse são calculadas automaticamente. Em relação às medidas da superfície plantar podemos obter o comprimento, a largura, a área e o perímetro. O sistema calcula ainda, a percentagem de pregueamento e percentagem de ocupação da superfície plantar, tomando por base o seu menor retângulo envolvente. Estas medidas também são realizadas em cada região da superfície plantar (Figura 7a). O sistema possibilita ainda que uma determinada linha seja selecionada para que algumas medidas especiais e mais detalhadas sejam realizadas sobre ela (Figura 7b).

^k Morfologia matemática – área do processamento de imagens que leva em consideração a análise do formato dos objetos contidos em uma imagem²⁰.



Figura 7 – Ilustração do Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional na etapa de realização de medidas da imagem (a) e seleção de uma das linhas (b)

Resultados

Dos 187 casos selecionados para análise, 17 pertenciam ao Grupo I com uma média de idade gestacional de $32,38 \pm 2,60$ semanas (min. = 27; max. = 34,5); 27 pertenciam ao Grupo II com uma média de idade gestacional de $36,74 \pm 0,44$ semanas (min. = 36, max. = 37); e 142 pertenciam ao Grupo III, com média de idade gestacional de $39,78 \pm 0,90$ semanas (min. = 38,5; max. = 41,5).

As médias de peso de nascimento foram respectivamente $1519,31 \pm 644,30$ g (min. = 515g, max. = 3440g); $2272,96 \pm 479,77$ g (min. = 1245g, max. = 3390g) e $3196,54 \pm 408,24$ g (min. = 2015g, max. = 4420g).

O Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional permitiu a extração de características da superfície plantar dos recém-nascidos³⁶. O processo de binarização global se mostrou satisfatório para a seleção da região de interesse e o fechamento morfológico permitiu o delineamento correto da superfície plantar, possibilitando a realização das medidas estabelecidas de comprimento, largura, área e percentagem de pregueamento da superfície plantar como um todo, além das medidas específicas de cada região.

A subdivisão estabelecida pelo Método FootScanAge²⁵ ocorreu de forma adequada e proporcionalmente aos diversos tamanhos e formas de superfície plantar incluídas no sistema, se ajustando perfeitamente a estas variações.

Os filtros aplicados permitiram maior qualidade da imagem sem haver, entretanto, perda de características. O padrão de formato de aquisição de imagem digital em bmp com resolução de 200 dpi

possibilitou o detalhamento da imagem necessário para o processamento, com tamanho variando entre 300 e 500 Kb¹, bem suportados pelo sistema³⁷.

A detecção de preguçamento plantar superou as expectativas da hipótese inicial do estudo acerca da capacidade da visão computacional em identificar os sulcos e saliências cutâneas imperceptíveis ao olho humano, possibilitando inclusive a obtenção de uma imagem isolada somente do preguçamento plantar.

A disponibilização de interação do especialista nas etapas do processamento da imagem mostrou-se bastante útil e indispensável, possibilitando ajustes, variações e seleções fundamentais para a extração de suas características e seu armazenamento na base de dados.

Discussão

O módulo de banco de dados enquadra-se como um sistema de recuperação de imagens baseado em conteúdo que utiliza a indexação multidimensional por vetor de características e inclui informações sobre os pacientes (mãe e recém-nascido), imagens da região plantar e características extraídas por uma ferramenta de processamento de imagens. O sistema possui uma série de interfaces gráficas, que permitem grande interatividade com o usuário. Além disso, são calculados valores estatísticos para algumas variáveis de interesse do especialista, disponíveis para o usuário na forma de gráficos comparativos. O armazenamento de tendências ou níveis de conhecimento é possível, assim como sua verificação através da análise da imagem. Para atender as necessidades do usuário, a recuperação das imagens pode ser realizada por 3 abordagens diferentes: informação textual, seleção de níveis de conhecimento e características da imagem³⁸.

A adição destes níveis de conhecimento, baseado no estudo correlacionado de Marchaukoski³⁰, permite a relação entre os diversos níveis relevantes de observação: semântico, segmentação, características, referência e interpretação. As relações estabelecidas podem ser organizadas em uma hierarquia de prioridades, na visão do especialista, recebendo as modificações necessárias, à medida que as teorias são comprovadas ou rejeitadas.

A interação com o especialista foi priorizada no *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* e para isso foram criadas várias interfaces gráficas com objetivos diferentes. Através da interface do processo de aquisição, o especialista armazena as imagens e as informações clínicas do binômio mãe-filho na base de dados. Na interface do processo de segmentação, as imagens adquiridas são

¹ Kb – Kilobyte = 1000 bytes. Byte = 8 bits²⁰.

processadas e segmentadas, de acordo com a semântica definida. Neste caso, o especialista participa na escolha dos filtros e parâmetros para o processamento da imagem, bem como na avaliação dos resultados obtidos.

A interface do processo de extração de características também privilegia a interação com o especialista, que pode avaliar os resultados obtidos e ajustar os valores de limiar dos algoritmos aplicados. Finalmente, a interface do processo de representação tem duas funções: oferecer campos para os dados de entrada textuais, bem como permitir a consulta e recuperação para textos e imagens³⁹.

Observamos uma boa performance do sistema, com facilidade de inclusão de dados através da disponibilização de caixas de combinação e caixas de listagem, e facilidade e rapidez na recuperação das informações. A ferramenta “nível de conhecimento” (Figura 8a) permitiu armazenar as informações relevantes no processo de análise dos dados, sendo bastante útil na organização e no processo de observação e construção do conhecimento. A possibilidade de gerar relatórios (Figura 8b) permitiu a obtenção de resumos das fichas individuais, enquanto os relatórios de estatística forneceram uma visão do conjunto³⁹.

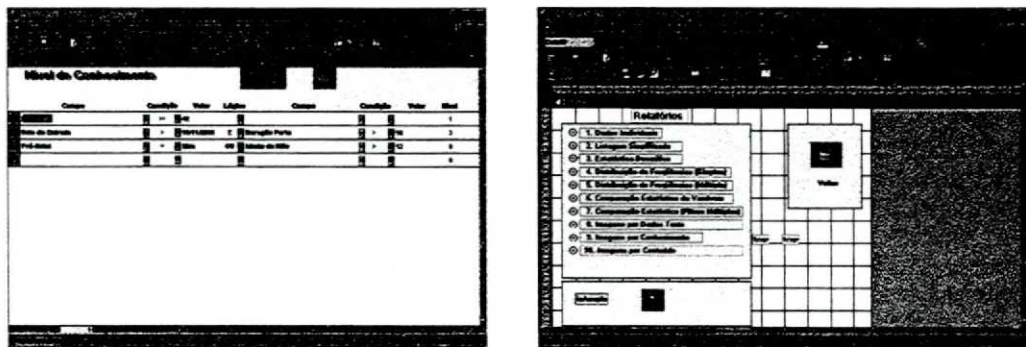


Figura 8 – Ilustração do módulo de banco de dados, (a) nível de conhecimento, (b) relatórios

A utilização da primeira versão do sistema evidenciou suas falhas em relação a outras informações que foram sendo consideradas como necessárias para melhor caracterização do binômio mãe-filho, que estão hoje sendo incorporadas em uma nova versão³¹. A incorporação de novas informações e ampliação do banco de dados levaram à necessidade de remodelagem do banco e migração para uma plataforma mais robusta, estando a equipe atualmente trabalhando na finalização desta nova versão com interface Web (Figura 9).

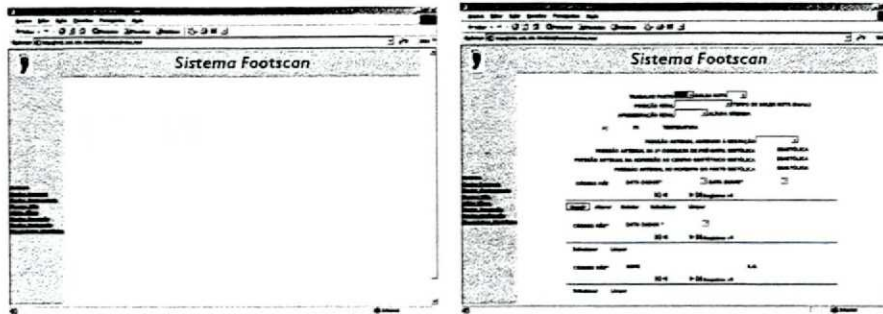


Figura 9 – Versão Web do *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*

O módulo de processamento de imagens possibilita a extração de inúmeras características e melhor percepção da morfologia da superfície plantar dos recém-nascidos. Oferece, da mesma forma, meios para que o usuário possa supervisionar todo o processo, bem como alterar, caso julgue necessário, os parâmetros de ajuste em cada etapa, a fim de melhorar os resultados obtidos pelo processamento automático. Estes parâmetros são armazenados no banco de dados, juntamente com as informações relacionadas à imagem da região plantar e os valores de ajuste mais utilizados são automaticamente selecionados pelo sistema a cada novo ciclo do processamento³⁸. O processamento da imagem foi possível em todas as imagens que apresentaram legibilidade suficiente para permitir a identificação do contorno da superfície plantar. Não observamos diferenças estatisticamente significativas em relação às características da superfície plantar mediante aplicação dos 3 diferentes tipos de filtros para redução de ruídos ($p > 0,05$).

Através do processamento da imagem digital da superfície plantar algumas características puderam ser extraídas, tais como:

5. Tamanho da superfície plantar;
6. Área e forma da superfície plantar;
7. Percentagem de pregueamento;
8. Características dos sulcos plantares.

Os resultados baseados na análise destas informações^{36,37} sugerem que existe correlação destas medidas com a idade gestacional. Desta forma, o *Sistema FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional* poderá trazer grande contribuição no desafio de estabelecer com maior precisão a idade gestacional de recém-nascidos, especialmente de recém-nascidos prematuros, que serão beneficiados pelo maior conhecimento da etapa fisiológica de desenvolvimento em que se encontram, permitindo o atendimento mais específico de suas necessidades.

Agradecimentos

O Departamento de Pediatria, representado pela Profª Mônica Nunes Lima Cat agradece a inestimável colaboração da Profª Olga Regina Pereira Bellon e Prof. Luciano Silva, professores do Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná e ao Prof. Maurício Severich da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, pelo entusiasmo e grande dedicação no desenvolvimento deste projeto.

Referências

1. Sola A, Chow LC. The coming of (gestational) age for preterm infants. *J Pediatr* 1999;135:137-139.
2. Honarvar M, Allahyari M, Dehbashi S. Assessment of gestational age based on ultrasonic femur length after the first trimester: a simple mathematical correlation between gestational age (GA) and femur length (FL). *Int J Gynecol Obstet* 2000; 70:335-340.
3. Cecatti JG, Machado MRM, Santos FFA, Marussi EF. Curva dos valores normais de peso fetal estimado por ultra-sonografia segundo a idade gestacional. *Cad Saúde Pública* 2000; 16:1083-1090.
4. Degani S. Fetal biometry: clinical, pathological, and technical considerations. *Obstet Gynecol Surv* 2001; 56:159-167.
5. Mongelli M. Menstrual age-dependent systematic error in sonographic fetal weight estimation: a mathematical model. *J Clin Ultrasound* 2002; 30: 139-144.
6. Scher MS, Sinha S, Martin J, Steppe DA. Estimation of gestational maturity of preterm infants by five fetal sonographic measurements compared with neonatal EEG and the last menstrual period. *Eletroen Clin Neuro* 1995; 95: 408-413.
7. Moraes CL, Reichenheim M. Validade do exame clínico do recém-nascido para a estimação da idade gestacional: uma comparação do escore New Ballard com a data da última menstruação e ultra-sonografia. *Cad Saúde Pública* 2000; 16: 83-94.
8. Yang H, Kramer MS, Platt RW, Blondel B, Bréart G, Morin I, Wilkins R, Usher R. How does early ultrasound scan estimation of gestational age lead to higher rates of preterm birth? *Am J Obstet Gynecol* 2002; 186: 433-437.
9. Constantine NA, Kraemer HC, Kendal-Tackett KA, Forrest BC, Tyson JE, Gross RT. Use of physical and neurologic observations in assessment age in low birth weight infants. *J Pediatr* 1987; 110: 921-928.
10. Shukla H, Atakent YS, Ferrara A, Topsis J, Antoine C. Postnatal overestimation of gestational age in preterm infants. *Am J Dis Child* 1987; 141: 1106-1107.
11. Alexander GR, Caunes F, Hulsey TC, Tompkins ME, Allen M. Validity of postnatal assesment of gestational age: A comparison of the method of Ballard et al. and early ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 1992: 166: 891-895.

12. Feresu SA, Gillespie BW, Sowers MF, Johnson TRB, Welch K, Harlow SD. Improving the assessment of gestational age in a Zimbabwean population. *Int J Obstet Gynecol* 2002; 78: 7-18.
13. Usher R, McLean F, Scott KE. Judgment of fetal age. II. Clinical significance of gestational age and an objective method for its assessment. *Pediatric Clinics of North America* 1966; 13: 835.
14. Dubowitz L, Dubowitz V, Goldberg C. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1970; 77: 1-10.
15. Parkin JM, Hey EN, Clowes JS. Rapid assessment of gestational age at birth. *Arch Dis Child* 1976; 51: 259-263.
16. Capurro H, Konichezky S, Fonseca D, Caldeyro-Barcia R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1978; 93:120.
17. Ballard JL, Novak KK, Driver M. A simplified score for assessment of fetal maturation of newly born infants. *J Pediatr* 1979; 95: 769-774.
18. Ballard JL, Khoury JC, Wedig K, Wang BL, Lipp R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr* 1991; 199:417-423.
19. Holt SA. The significance of dermatoglyphics in Medicine. *Clin Pediatr* 1973; 12: 471-484.
20. Filho OM, Neto HV. *Processamento digital de imagens*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Brasport; 1999.
21. Degoulet P, Fieschi M. *Introduction to Medical Informatics*. 2ª ed. Springer: New York; 1999.
22. Bellon O, Silva L. New improvements on range image segmentation by edge detection. *IEEE Signal Processing Letters* 2002; 9: 43-45.
23. Bookstein FL. Shape and the information in medical images: A decade of morphometric synthesis. In *P W Math Meth Bio-Med Image Anal* 1996: 2-12.
24. Duncan JS, Ayache N. Medical image analysis: Progress over two decades and the challenges ahead. *IEEE T Pattern Anal* 2000; 22: 85-106.
25. Cat MNL. *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. [tese de doutorado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná, 2003 (em andamento).
26. Gorga C. *Um sistema computacional para apoio à Neonatologia utilizando o método FootScanAge* [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2001.
27. Severich M. *Desenvolvimento de uma ferramenta de processamento de imagens para o sistema FootScanAge* [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2002.
28. Kakuda ML. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. Estudo da tinta, papel e modo de aplicação. *Revista de Enfermagem em Novas Dimensões* 1977; 3: 362-368.
29. Altman DG. *Practical statistics for medical research*. ed. London: Chapman & Hall/CRC, 1991.

30. Marchaukoski JN. Princípios para a construção de base de dados para imagens médicas [dissertação de mestrado]. Curitiba (PR), Universidade Federal do Paraná, 2001.
31. Zandavalli, RA. Desenvolvimento de um sistema de banco de dados orientado a Web para o Sistema FootScanAge [monografia de especialização]. Curitiba (PR), Universidade Federal do Paraná.
32. Cummins H, Midlo C. Finger prints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics. 1ª ed. Dover Publications: New York, 1995.
33. Wang DCC, Vagnucci AH, Li CC. Gradiente inverse weighted scheme and the evaluation of its performance. *Computer Graphics Image Processing*, 1981:167.
34. Adelman HG. An edge-sensitive noise reduction algorithm for image processing. *Computers in Biology and Medicine*, 1999: 137-145.
35. Niblack W. An introduction to digital image processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ., 1986.
36. Severich M, Bellon O, Cat MNL, Silva L. Análise da superfície plantar de recém-nascidos para apoiar a determinação da idade gestacional. *Workshop de Informática Médica, XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, 2002; Gramado, Brasil.
37. Bellon ORP, Severich M, Silva L, Cat MNL, Boyer KL. Image analysis of newborn plantar surface for gestational age determination. 6th International Conference on Medical Image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. *Lectures Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 2003, in press.
38. Bellon O, Gorga C, Severich M, Cat MNL, Silva L. Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional de recém-nascidos. *Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*; 2002, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil; 2002: 193-202. *Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH) 2002*: 193-202.
39. Gorga CN, Bellon ORP, Cat MNL, Silva L, Sunye MS, Marchaukoski JN. A health care information system to Neonatology support. 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. *IEEE Press* 2002: 29-34.

10.8 ARTIGOS EM FASE DE SUBMISSÃO EM REVISTA INTERNACIONAL (JOURNAL OF PEDIATRICS)

10.8.1 FootScanAge Method: A Step Towards Determining Gestational Age

FOOTSCANAGE METHOD: A STEP TOWARDS DETERMINING GESTATIONAL AGE

FootScanAge Method: A Step Towards Determining Gestational Age

Mônica Nunes Lima Cat¹, Olga Regina Pereira Bellon², Maurício Severich³, Luciano Silva⁴

Abstract

Objective: Verifying the possibility of better visualizing the newborn infant's plantar surface wrinkles by means of computerized imaging, in order to determine gestational age.

Methods: The FootScanAge System for Determining Gestational Age consists of 2 main modules: database and image processing tool. The system retrieve's images based on its content, using feature's vectors that includes information about: mother-infant, plantar surface images and its characteristics. Almost 200 digital images of newborn's plantar surfaces were added to the database, acquired through routine plantar printings obtained in labor rooms. The images were then processed, generating information about such characteristics of plantar surface as length, width, foot surface, occupation percentage in the minimum enclosing rectangle and percentage of wrinkle occupation.

Results: Observation and results indicated that the newborn infant's maturation seems to be accompanied by morphological modifications of the plantar surface, peculiar to each gestational age. Extremely premature newborn infants present small plantar surfaces and characteristic rectangular conformation, with little or no lateral and medial curvature, no clearly defined heel contouring and few plantar wrinkles. Premature newborn infants present a slightly larger plantar surface, with presence of curvatures, initially medial and later lateral, beginning the delineation of the calcaneou's region. The limiting lines of areas I and II, halucal line and limiting lines of areas II and III become visible, and plantar wrinkles and variable diffuse corrugation can also be observed. Term newborn infants have larger plantar surface, with well-defined medial and lateral curvatures and heel area. All limiting lines, wrinkles and diffuse surface wrinkles are present.

Conclusion: Current literature points out gestational age as the main predicting factor in survival rates, and points out to the fact that the search for a precise gestational age identification method is fundamental. The plantar surface characteristics obtained by the *FootScanAge System* seem to be a step ahead in that direction.

Key-words: Gestational age, footscanage method, footscanage system, neonatal plantar surface, image processing, medical informatics.

Resumo

Objetivo: Verificar se através da visão computacional é possível visualizar as saliências e sulcos cutâneos e extrair características, através do processamento da imagem digital da superfície plantar do recém-nascido para constituir-se em um novo método de estimativa da idade gestacional.

Métodos: Foi desenvolvido o *Sistema FootScan Age para Determinação da Idade Gestacional*, constituído por 2 módulos principais: banco de dados e processamento de imagens. Trata-se de um sistema de recuperação de imagens baseado em conteúdo que utiliza a indexação multidimensional por vetor de características e inclui informações sobre o binômio mãe-filho, imagens da região plantar e suas características. A este sistema foram incluídos os dados e as 187 imagens digitais da superfície plantar de recém-nascidos, adquiridas através da impressão plantar realizada rotineiramente na sala de parto. As imagens foram processadas pelo sistema, gerando informações sobre algumas características da superfície plantar como comprimento, largura, área do pé, percentagem de ocupação do menor retângulo envolvente e percentagem de pregueamento plantar.

Resultados: A análise observacional e resultados da amostra estudada evidenciaram que a maturação do recém-nascido parece estar acompanhada de modificações das características morfológicas da superfície plantar, peculiar à cada faixa de idade gestacional. Os recém-nascidos extremamente prematuros apresentam tamanho reduzido da superfície plantar e conformação característica, assemelhando-se mais a um retângulo, com pouca ou nenhuma curvatura lateral e medial, sem delineamento nítido da região do calcanhar, com poucos sulcos plantares. Os recém-nascidos prematuros apresentam superfície plantar um pouco maior, com presença de curvaturas inicialmente medial e posteriormente lateral, com início da identificação mais nítida da região do calcanhar. As linhas delimitadoras das áreas I e II, linha halucal e linhas delimitadoras das áreas II e III tornam-se presentes e observam-se sulcos plantares e pregueamento difuso variável. Os recém-nascidos a termo apresentam superfície plantar maior, com curvaturas medial e lateral bem definidas, assim como a região do calcanhar. Observa-se a presença de todas as linhas delimitadoras de áreas, sulcos e pregueamento difuso de superfície.

Conclusão: A literatura atual aponta para o fato de que a idade gestacional é o principal fator preditivo de sobrevivência e indica que é fundamental a busca de um método preciso de identificação da idade gestacional. As características da superfície plantar extraídas pelo *Sistema FootScan Age* parecem ser um passo para a determinação mais precisa da idade gestacional.

Palavras-chave: Idade gestacional, método footscanage, sistema footscanage, superfície plantar do recém-nascido, processamento de imagens, informática médica.

Mailing Address

1. Assistant Professor at Clinical Hospital - Federal University of Paraná - Brazil. Specialization in Pediatrics, Neonatology and M.D. in Pediatrics - Coordinator of Statistics and Pediatric Medical Information Technology - Currently finishing Ph.D. in Pediatrics, Medical Informatics Systems (Dec./2003) – Federal University of Paraná – Brazil.

R. General Carneiro, 181 – 80060 - 900 - Curitiba – PR – Brazil.

2. Assistant Professor at Federal University of Paraná's Information Systems Department. M.D., Ph.D. in Electrical Engineering at Campinas University - Brazil, and Image Processing at Ohio State University – Department of Electrical Engineering. Founder and Coordinator of the IMAGO Group – Information Systems – Federal University of Paraná – Brazil.

CP 19081 - 81.531 - 980 - Curitiba – PR – Brazil.

3. Collaborating Professor at the Information Systems Department of State University of Ponta Grossa – Brazil. Specialization in Computer Science at State University of Ponta Grossa, M.D. in Information Technology at Federal University of Paraná – Brazil.

4. Collaborating Professor at the I.T. Department of Federal University of Paraná - Brazil. M.D. in I.T. at Federal University of Paraná – Brazil. PhD in Electrical Engineering and Industrial I.T. at Paraná's Federal Technological Education Center (CEFET). Internship (Doctorate) at Ohio State University – Electrical Engineering Department.

Introduction

The currently available gestational age evaluation methods¹⁻⁵ have been subject to a number of evaluations and criticism by current publications⁶⁻¹⁰.

The evaluation of gestational age starts at prenatal attendance, when information regarding the last menstruation allows the obstetrician to estimate the probable date of birth¹¹. Biometry is also utilized at this stage (vortex-coccyx, biparietal diameter, femur length), through fetal sonography^{12,13}. Such methods, even though quite accurate in terms of determining gestational age, are not always available, be it due to uncertainty or ignorance regarding the date of last menstruation, or by absence of timely prenatal sonographies^{8,14}.

In these situations, the neonatologist has a fundamental role concerning post-natal estimates of the gestational age, which is the first step for a successful monitoring of the newly born infant. Such evaluation, initially carried out in the labor room, is becoming increasingly important, especially because the advances in science and technology have greatly increased the survival chances of premature infants¹⁵, among which the extremely premature ones, to whom the accurate determination of gestational age becomes of capital importance in light of the great difference only a week of gestational age may have in terms of survival chances and neurodevelopment¹⁵⁻¹⁹.

The ever greater knowledge of the existing differences between a 24 week newborn infant and a 26 one in terms of survival chances and neurological development makes it imperious to find an accurate, "user friendly" and easily replicable gestational age determination method^{15,18}.

Even though all methods contribute to the gestational age determination of more mature newborn infants, significant limits exist when it comes to gestational ages inferior to 34 weeks. The real problem is not the discrepancy that may occur between 34 and 40 weeks, but the one that may take place between 22 and 28 weeks⁹.

For instance, it has been observed that an overestimation (more than 2 weeks) of gestational ages occurs in 52% of the Dubowitz¹ method evaluations, especially regarding newborn infants younger than 34 weeks. Dubowitz¹ is a complex, hard-to-perform method, which demands neonatology experience and ability to execute its maneuvers, besides exposing newborn infants to a great deal of handling. Moreover, it is prone to a great deal of subjective interpretation, being more time-consuming and hard to duplicate^{20,21}.

Ballard's scoring system⁴, though much simpler than the previous one, may also lead to systematic errors (overestimation of premature infants gestational age resulting in false premature frequency rates). Thus, Ballard's score⁴ misses some 30% of premature newborn infants, revealing a

greater concentration of cases around the 40-week value⁶. Besides, Ballard's test⁴ determines large and small newborn infants' estimates for gestational age. Such data indicates that an inadequate classification of reasonable proportions regarding newborn, premature and late infants may occur when this score is being utilized⁶.

This observation, together with observations from other authors, raises serious questions regarding the ability of the Ballard technique⁴ to accurately identify either preterm or postterm infants^{6-8,10}.

This system was recently expanded⁵ so as to include infants with gestational age inferior to 26 weeks. Taking into account that the passive flexor strength and flexibility are modified in some points depending on the gestational age, the - 1 score was added. Authors point out, still, that peculiar skin characteristics of extremely premature infants, causing them to add - 1 also for this score. Besides, two maturation criteria were included, namely length of plantar surface as well as ear and eyelid characteristics. Figure 1 shows the different eyelid and ear characteristics of extremely premature and term infants.

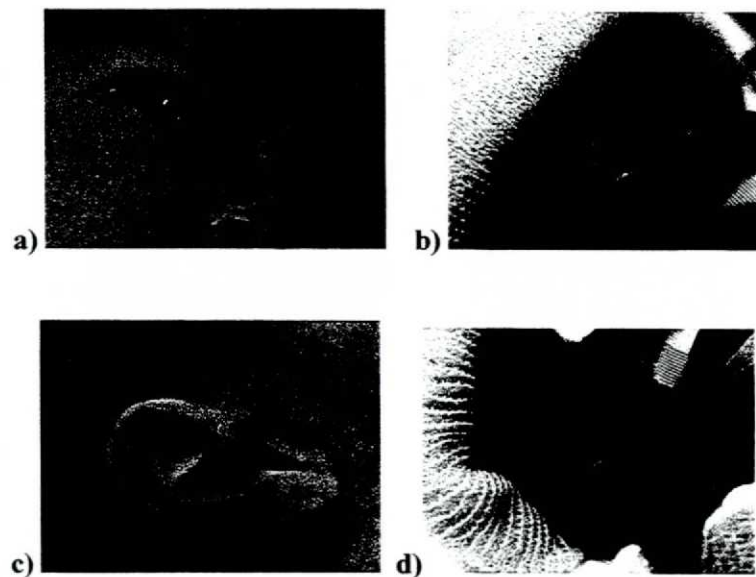


Figure 1 – Eye and ear characteristics of term (a and c) and extremely premature infants (b and d)

This method started replacing Ballard's score⁴ as Ballard's modified score⁵, routinely used in Neonatal Intensive Care Units. Yet, there are no controlled studies regarding its validity⁶⁻¹⁰.

In general, all post natal methods depend on a certain degree of subjective interpretation or neonatology experience, especially what concerns neurological criteria, and physical criteria to a lesser

extent. Likewise, all methods are “invasive”, considering that premature newborn infants demand minimal handling due to the variable consequences arising from handling stress. Problems include, thus: a) difficulty of execution (incubators, sick infants, extremely premature infants); b) subjectiveness; c) inaccuracy; d) ability; e) personal neonatology experience; f) handling stress; g) environmental exposition stress (body temperature variations); h) disease cases; i) replication of evaluation methods²².

There is a clear need for a quick and effective method of gestational age determination which may be carried out in sick or extremely premature newborn infants – the ones who pose the greatest difficulties in terms of gestational age evaluation⁹.

Precise and adequate statistics concerning neonatal infant mortality and morbidity, and the comparison of the resulting data with other newborn infants’ populations, depend on the precise determination of gestational age, and this is even more relevant when dealing with premature infants^{15,18,23}.

Current literature points out that gestational age is the main predicting factor of newborns’ survival potential, and it also indicates that the search for a precise method of gestational age determination is fundamental^{9,10}.

In light of such predicament the *FootScanAge Method*²² was conceived, seeking to determine gestational age through digital imaging of newborn infants’ plantar surfaces, from printings routinely obtained in labor rooms and later scanned.

FootScanAge Method

Plantar surface aspects vary according to gestational age. At 36 weeks the transversal ridges appears only on the anterior third of the plantar surface; at 38 weeks they extend to the heel and at 40 weeks there is a greater number of deeper wrinkles along the entire planar surface³.



Figure 2 – Variation of plantar surface wrinkles according to gestational age: a) 27 weeks; b) 34 weeks; c) 41 weeks

Such observations have been utilized as part of some gestational age evaluation methods²⁴⁻²⁷, but there is no visible difference in plantar surface wrinkles in premature infants, whose skin is still thin and immature (Figure 2). Departing from the standpoint that plantar wrinkles appear between 12 and 16 gestational weeks, and that their appearance depends on the skin's keratinization process, which occurs with development and maturation²⁸, we seek to verify if by means of plantar imaging obtained from plantar printing scans, it is possible to visualize the skin wrinkles which are invisible to the naked eye, thereby extracting imaging characteristics to evaluate an eventual correlation to the gestational age. By gathering the current knowledge and studies of skin dermatoglyphics^{29,30}, neonatology, and the development in the area of image processing³¹⁻³⁵, we seek to develop a gestational age determination method which is quick, non-invasive, easy to operate and replicate, and applicable to any newborn infant.

Study of Plantar Surface

Our skin is covered with wrinkles and ridges, but on a relatively small surface of the human body, represented by the hand palms, feet plant, and palmar and plantar surfaces of fingers as well, the skin has a unique structure called dermatoglyphs, which are primarily related to touch and greater adherence capacity. In these areas there are no hair follicles or sebaceous glands, as opposed to a great number of neural terminals^{29,30}.

The utilization of fingerprints for identification purposes is widely known, but it was not until the 17th Century that the interest for skin wrinkles was sparked. Dr. Nehemia Grew, cited by Cummins²⁹, was the first to describe pores, wrinkles and their configuration in the palms and palm surface of fingers, and in 1936 he reported that patients with Down Syndrome had specific dermatoglyphic characteristics²⁹.

Studies on the development of fetal dermatoglyphics are hard to carry out and still insufficient. It is currently known that they appear between the 3rd and 4th months of fetal life and that disturbances occurring during this period may distort the alignment of ridges' structures, when hands and feet are involved. All variations that may occur in the contours of hands and feet shall, inevitably and regardless of their cause, determine a high degree of distortion. After 16 weeks the wrinkles are formed and after this period there seems to be no alteration in their shape or conformation, even for a short *post mortem* period^{29,30}.

Fetal epidermis is initially thin and tender - both its innermost and superficial layers. By means of continuous cellular proliferation, the epidermis becomes gradually thicker and the papilar model is reached. Thus, wrinkles do not appear on the skin surface until the 18th gestational week, firstly on the palm surfaces of distal phalanxes, then on palm surfaces and then on foot soles^{29,30}.

The perception or visualization of dermatoglyphics and wrinkles on newborn infants occurs from the distal to the proximal plantar regions, lastly reaching the calcaneous area.

Through the combined application of such knowledge and sophisticated medical information technology techniques in the image processing field³¹⁻³⁵, we seek to verify whether digital imaging of plantar surfaces allows the visualization of such wrinkles which are invisible to the naked eye. This method, together with the morphologic characteristics of the plantar surface, is known as *FootScan Method for Gestational Age Determination*²².

Methods

This study has been conducted by the Departments of Pediatrics (Neonatology) and Computer Science (Computer Vision and Image Processing) - IMAGO Group – of Federal University of Paraná - Brazil, which constitute the *FootScanAge Project for Determination of Gestational Age*^{22,36,37}.

The *FootScanAge System*^{22,36,37} analyzed data collected from 187 newborn infants at Maternity's Clinical Hospital of Federal University of Paraná - Brazil, between May and June 2002, which were legible for plantar printing, and which could thereby yield pilot samples, so the *FootScanAge's* method²² could be tested and carried on.

The legibility criteria for plantar printing utilized by *FootScanAge Method*²² were the ones defined by Kakuda³⁸, taking into account the most relevant aspects for the gestational age identification of newborn infants, namely the contour of plantar surface and the sharpness of skin wrinkles – the very pillars of the *FootScanAge System for determining Gestational Age*^{22,36,37}. The low legibility criteria were divided into greater or lesser in regards to the dependency on the image's commitment to the digital processing and extraction of morphological characteristics. The lesser criteria include: a) absence of one or more finger's images; b) discrete double contour in the calcaneous area; c) discrete double contour in the lateral section of plantar area. The greater criteria include: moderate double contour in the heel area or lateral area of plantar surface; b) inadequate quantity of ink resulting in ill-defined or poorly impregnated printings. The following criteria were deemed as unacceptable: a) loss of plantar surface contour; b) significant loss of plantar surface image due to inadequate ink or incomplete plantar printing²².

Chart 1 – Legibility Criteria according to the *FootScanAge Method*²²

Legibility Criteria according to the <i>FootScanAge Method</i> ²² .	
Excellent	It's possible to identify plantar surface contours, wrinkles found all over plantar surface, no double images on heel or lateral areas, no excess of ink or loss of image
Good	It's possible to identify plantar surface contours, wrinkles found all over plantar surface, only one of the lesser criteria of low legibility present
Regular	It's possible to identify plantar surface contours, wrinkles found all over plantar surface and two indicators of low legibility
Poor	It's possible to identify plantar surface contours, wrinkles found all over plantar surface, greater criteria of low legibility present
Illegible	It's not possible to identify the plantar surface contours, unacceptable criteria for digital image processing present

For analysis purposes, newborn infants were divided into 3 groups according to their gestational age, as follows:

- Group I = newborn infants with gestational age ≤ 35 weeks;
- Group II = newborn infants with gestational age > 35 weeks and ≤ 37 weeks;
- Group III = newborn infants with gestational age > 37 weeks

The gestational age being considered was obtained through the last menstrual period¹⁰, fetal biometry¹², Parkim² and Ballard⁴ methods applied in the newborns with gestational age < 37 weeks. Even though the samples took into account mostly due infants, it permitted initial viability probings of the *FootScanAge Method*²².

The present study has not included newborn infants with malformation, including malformation involving the feet; newborn infants with no gestational records; and those with illegible plantar printings.

This project has been approved by the Ethical Committee of Human Research of Federal University of Paraná – Brazil, n. 2003012825 at the Research Database System. The plantar surface images utilized to test the system have been extracted from medical records, and have not interfered with the routine and caring of newborn infants. For this reason, the term of consent was not necessary.

Statistic Analysis

Given the objectives and characteristics of the research; the literary references; and previous scientific knowledge, the size of samples has been estimated considering a maximum type one error of 5% (alpha) and a maximum type II error of 10%, with a minimum estimated test power of 80%. All information selected for analysis has been extracted from the *FootScanAge System*^{22,36,37} and imported to the Statistica® program. The ANOVA and ANOVA Factorial³⁹ models have been applied considering the

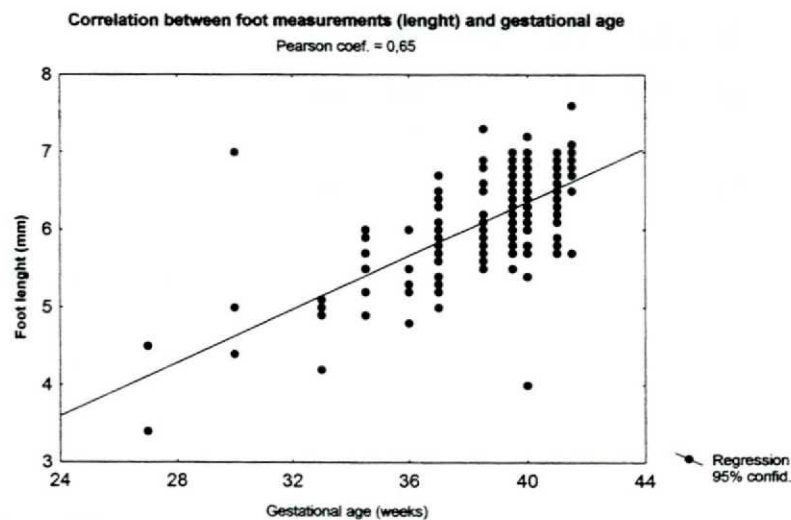
variables and their independent character in the analysis carried out, seeking to compare the gestational age of the three newborn infant groups, as well as the different plantar surface measures obtained. In order to evaluate the degree of association between two continuous variables, the Pearson test was applied, and the correlation coefficients above 0,60 were considered as correlation indicators between variables³⁹.

Results

From the 187 cases selected for analysis, 17 belonged to Group I, with an average 32.38 ± 2.60 weeks of gestational age (min. = 27; max. = 34.5); 27 belonged to group II, averaging 36.74 ± 0.44 weeks (min. = 36, max. = 37); and 142 belonged to Group III, averaging 39.78 ± 0.90 weeks (min. = 38.5, max. = 41.5).

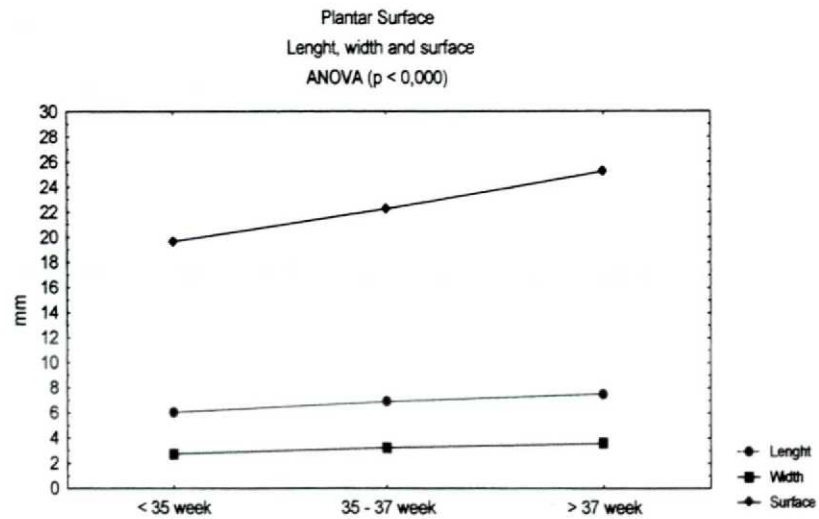
The average birth weight were respectively 1519.31 ± 644.30 g (min. = 515, max. = 3440); 2272.96 ± 479.77 g (min. = 1245, max. = 3390) and 3196.54 ± 408.24 g (min. = 2015g, max. = 4420).

By linking gestational age to the feet length measurements provided by the system, we have obtained a correlation coefficient of 0.65 (Graphic 1), indicating a linear tendency between these two variables.



Graphic 1 – Correlation between foot measurements (length) and gestational age

Upon analyzing feet length, width and surface, we observed that there is a proportional increase in relation to gestational age, especially in regards to length (Graphic 2).



Graphic 2 – Plantar surface measures: length, width and surface

Upon analyzing the 4 plantar surface regions to be used by the *FootScan Method*²² (I to IV, Figure 3), we observed an increase in width in regions I and II, while regions III and IV suffered lesser variations (Graphic 3).

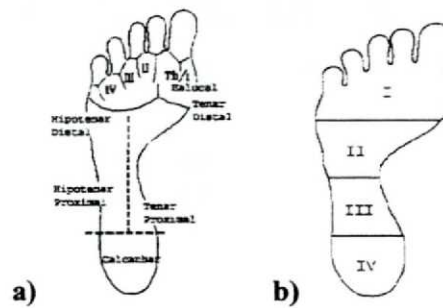
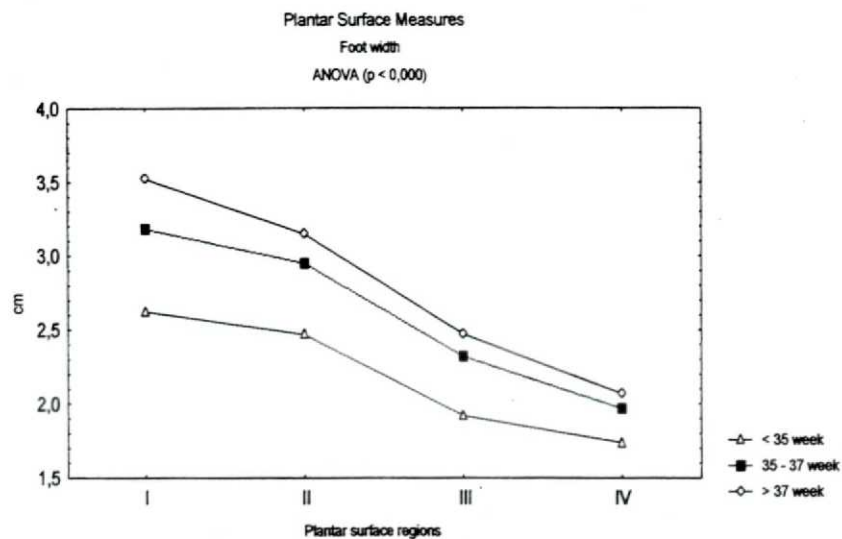
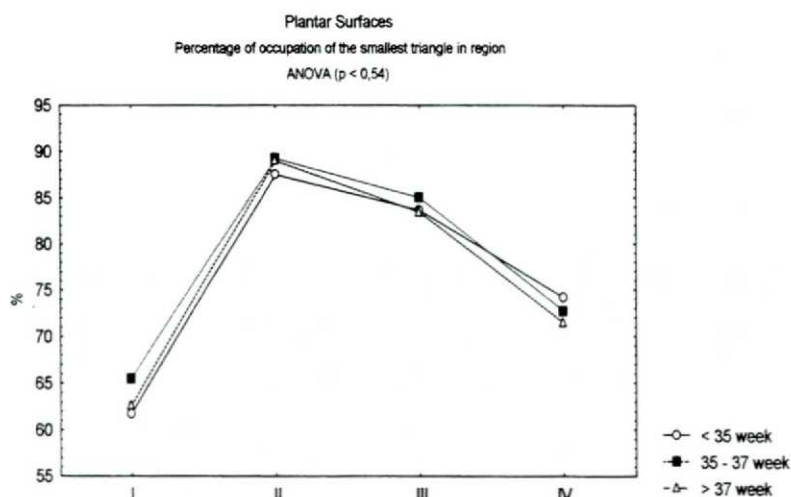


Figure 3 – Morphological division of plantar surface suggested by Cummins²⁹ (a) and by *FootScanAge Method*²² (b)



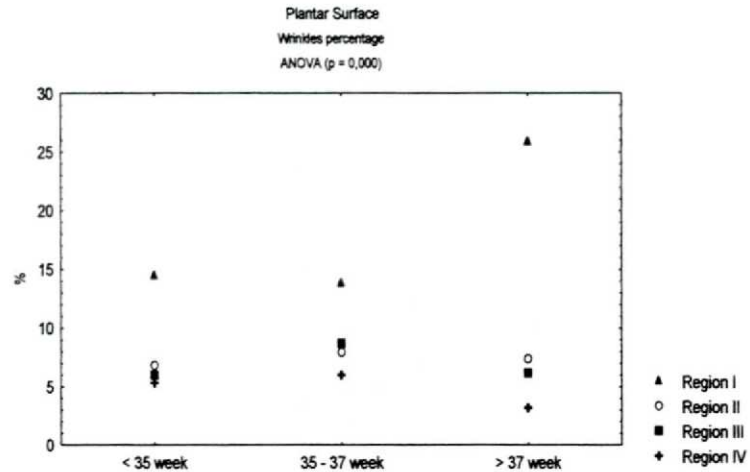
Graphic 3 – Plantar surface measures: width in regions I through IV according to gestational age ranges

Based upon the smallest rectangle used as reference to calculate the so called “occupation area”, we observed that in regions III and IV there is a reduction of these percentage values as gestational age increases, evidencing the heel outline (Graphic 4). Even though there is no significant statistical difference in the simultaneous analysis of the factors, the value between “p” and the gestational age ranges is significant ($p = 0.11$), whereas for the regions it is 0.000. This result shows that there is a tendency to the occurrence of lesser percentages of occupation among term infants, especially in regions III and IV, and the analysis of variability probably does not reach statistic significance due to the low numbers of premature infants considered.



Graphic 4 – Measures of plantar surface: percentage of occupation of the smallest triangle in regions I through IV

The percentage of plantar ridges increases progressively, specially in regions II, III and IV (Graphic 5).



Graphic 5 – Plantar surface measures: percentage of ridges

Through the characteristics provided by the system and by observations of plantar surface digital imaging, a few considerations have been made in regards to size, plantar ridge characteristics and wrinkles percentage for the different gestational ages.

Plantar Surface Size

The size of a newborn infant’s feet varies proportionally with gestational age, so the feet of term infants are always larger than those of premature ones. Such observation, described by other authors as well³⁴, is one of the characteristics that should be correlated to gestational age (Figures 4a and 4b)^{22,36,37}.

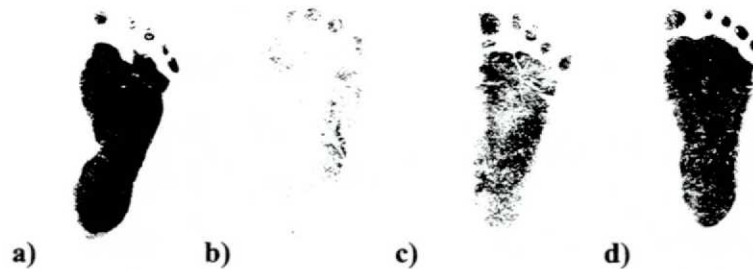


Figure 4 – Plantar surface images of a 26-week (a) and 38-week (b) newborn infant illustrating the variation of feet length x gestational age, and the surging of medial curvature in a 30-week (c) and 27-week (d) old infant

Feet area and shape

Plantar surface shapes vary according to the different gestational ages of newborn infants, allowing the observation of different patterns. It seems that the medial and lateral curvatures are formed as gestational age increases, leading to the outlining of the heel area. Premature infants do not display medial and lateral curvatures, formed in area II, nor the outlining of the heel area (Figures 4c and 4d)^{22,36,37}.

Thus, it can be observed that, considering the smallest rectangle occupied by a plantar surface, premature infant's feet take up a larger area of the said rectangle than term infant's ones. The surging of medial and lateral curvatures progressively reduce area III, consequently outlining the heel region (or area IV). Therefore, a progressive reduction of area III seems to be related to the newborn infant's maturation (Figure 5a)^{22,36,37}.

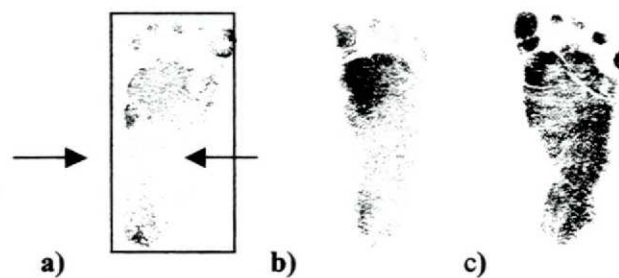


Figure 5 – Plantar surface images of a 38,5-week newborn infant showing the beginning of the lateral and medial curvatures, with outlining of the heel area and reduction of occupation percentage of the smallest involving triangle (a); plantar surface of a 27-week infant showing the limiting line of areas I and II (b); plantar surface of a 32-week newborn infant showing the beginning of the halucal line (c)

Characteristics of Plantar Ridges

The following types of plantar ridges may be observed:

4. Deeper, clearer ridges between the plantar surface areas, which are called plantar surface limiting lines or ridges. Of special importance are the lines limiting areas I and II, III and IV and the line that halves area one, identifying the halucal line;
5. Less deep ridges on the plantar surface areas;
6. Shallower ridges that form a thin, diffuse corrugation.

Through the observation of the plantar surface of newborn infants at different gestational ages, the limiting line of areas I and II is initially identifiable, from the lateral portions towards the center of the plantar surface (Figure 5b). The halucal line is also one of the first identifiable ridges, which seems to originate from the progression of the lateral portion of the aforementioned limiting line, moving towards the apical region (Figure 5c).

The limiting line of areas II and III appears next, and it is present on the plantar surface of premature infants at an intermediary gestational age (Figure 6a), followed by the limiting line of areas III and IV, appearing in due infants (Figure 6b).

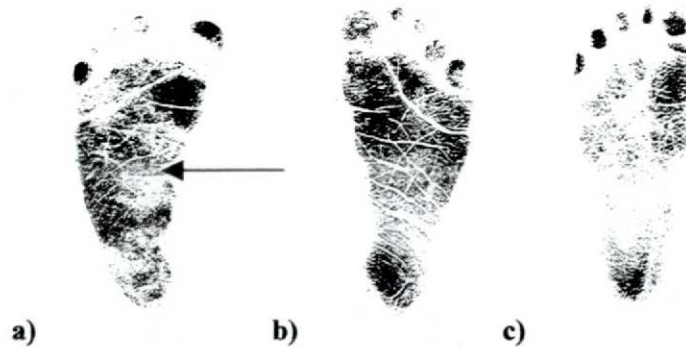


Figure 6 – Plantar surface image of a 36-week newborn infant showing the initial limiting line of areas III and IV (a); plantar surface image of a 39,5-week newborn infant showing all types of plantar ridges; plantar surface image of a 35-week newborn infant showing the presence of diffuse corrugation

Less deep ridges seem to be formed on the plantar surface after their delimitation by the aforementioned lines. Shallower ridges or diffuse cleavage lines (Figure 6c) may be observed at different gestational ages.

Wrinkles Percentage

One of the characteristics observed on the plantar surfaces of newborn infants of different gestational ages is the wrinkles percentage. This type of analysis seeks to determine, considering all skin structures, the total wrinkle percentage on the plantar surface as a whole, and in particular areas as well. There is a general tendency for plantar wrinkles to increase with gestational age, from area I towards area IV or heel (Figure 7).



Figure 7 – Plantar surface imaging of a 37-week newborn (13 a) and a 39,5-week newborn (13b) illustrate the progression of wrinkles percentage from area I towards area IV

Discussion

The methods employed at gestational age, though highly precise when estimating gestational age, are not always available, either due to uncertainty or lack of information regarding the date of last menstruation, or absence of timely fetal ecographic evaluation. Chiefly, though, the methods available for utilization during the postnatal period have not been based and developed in light of premature populations, thus hindering their reproductiveness and precision regarding the said population. Difficulties regarding their application have been reported, especially among sick and/or premature infants – not to mention their invasiveness, given that every handling procedure at this initial stage of life may be stress-inducing, with variable consequences⁶⁻¹⁰.

The *FootScanAge System*²² was developed to extract plantar surface characteristics through computer imaging techniques. Constituted of two modules – database³⁶ and image processing³⁷, the system is capable of extracting and storing plantar surface characteristics of a newborn infant, and clinical data of mother/infant, so as to determine gestational age. The plantar image utilized by the system is the one taken in the labor room after labor procedures, thus avoiding any additional handling procedure²².

By means of the digital processing of plantar surface images, a few characteristics may be revealed:

1. Size of plantar surface;
2. Area and shape of plantar surface;
3. Wrinkles percentage occupation;
4. Characteristics of plantar ridges^{22,36,37}.

Computer imaging allows the observation of skin ridges and the extraction of plantar surface imaging characteristics of a newborn infant which would be otherwise invisible to the naked eye. This initial hypothesis, which steered the development of the *FootScanAge Method for Determining Gestational Age*²², was based on results obtained through observational analysis of the 187 newborn infant's plantar surface characteristics^{22,36,37}.

It seems that a newborn's maturation phase is followed by changes in the conformation and characteristics of plantar ridges. The continuity of the research from these results is currently based on a few equally mature hypothesis, as follows:

1. *Extremely premature newborn infants* display smaller plantar surfaces and a characteristic rectangular shape, with little or no lateral and medial curvature, and no heel outlining. No plantar ridges except for the limiting line of areas I and II.
2. Premature newborn infants have a slightly larger plantar surface, with medial and lateral curvatures and more clearly identifiable in the heel area. The limiting lines between I and II, II and III, and halucal lines appear progressively. Plantar ridges and diffuse corrugation lines are more defined in areas I and II.
3. Term infants display larger plantar surface, with well-defined medial and lateral curvatures, and heel area as well. All limiting lines, ridges and diffuse corrugation lines are present.

If such information is imprinted in the plantar surface, the *FootScanAge Method*²² may be yet another step towards more precisely determining gestational age.

References

1. Dubowitz L, Dubowitz V, Goldberg C. Clinical assessment of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1970; 77: 1-10.
2. Parkin JM, Hey EN, Clowes JS. Rapid assessment of gestational age at birth. *Arch Dis Child* 1976; 51: 259-263.
3. Capurro H, Konichezky S, Fonseca D, Caldeyro-Barcia R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr* 1978; 93:120.
4. Ballard JL, Novak KK, Driver M. A simplified score for assessment of fetal maturation of newly born infants. *J Pediatr* 1979; 95: 769-774.
5. Ballard JL, Khoury JC, Wedig K, Wang BL, Lipp R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr* 1991; 199:417-423.

6. Alexander GR, Caunes F, Hulsey TC, Tompkins ME, Allen M. Validity of postnatal assesment of gestational age: A comparison of the method of Ballard et al. And early ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166: 891-895.
7. Gagliardi L. Precision of gestational age assessment in the neonate. *Acta Paed*, 1992; 2: 95-99.
8. Wariyar U, Tin W, Hey E. Gestational assessment assessed. *Arch Dis Child*, 1997; 77:F216-F220.
9. Sola A, Chow LC. The coming of (gestational) age for preterm infants. *J Pediatr* 1999;135:137-139.
10. Moraes CL, Reichenheim M. Validade do exame clínico do recém-nascido para a estimação da idade gestacional: uma comparação do escore New Ballard com a data da última menstruação e ultrasonografia. *Cad Saúde Pública* 2000; 16: 83-94.
11. Scher MS, Sinha S, Martin J, Steppe DA. Estimation of gestational maturity of preterm infants by five fetal sonographic measurements compared with neonatal EEG and the last menstrual period. *Eletroen Clin Neuro* 1995; 95: 408-413.
12. Degani S. Fetal biometry: clinical, pathological, and technical considerartions. *Obstet Gynecol Surv* 2001; 56:159-167.
13. Honarvar M, Allahyari M, Dehbashi S. Assessment of gestational age based on ultrasonic femur length after the first trimester: a simple mathematical correlation between gestational age (GA) and femur length (FL). *Int J Gynecol Obstet* 2000; 70:335-340.
14. Feresu SA. Improving the assessment of gestational age in a Zambabwean population. *Int J Gynecol Obstet*, 2002; 78: 7-18.
15. Lemons JA, Bauer C R, Korones S B, Papile LA, Stoll BJ, Verter J, Temprosa M, Fanaroff AA, Stark A, Carlo W, Tuson JE, Donovan EF, Stevenson DK. Very low birth weight outcomes of National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, January 1995 through December 1996. *Pediatrics*, 2001; 107: 1-8.
16. Rikjen M, Stoelhorst GM, Martens SE, Zwieten PH, Brand R, Wit JM, Veen S. Mortality and neurologic, mental, and psychomotor development at 2 years in infants born less than 27 week's gestation: the Leiden follow-up project prematurity. *Pediatrics*, 2003; 112: 351-358.
17. Ward RM, Beachy JC. Neonatal complications following preterm birth. *Brit J Obstet Gynecol*, 2003; 20: 8-16.
18. Gilbert WM, Nesbitt TS, Danielsen B. The cost of prematurity quantification by gestational age and birth weight. *Obstet Gynecol*, 2003; 3: 488-492.
19. Kilpatrick SJ, Schlueter MA, Picuch R. Outcome of infants born at 24-26 week's gestation. I. Survival and cost. *Obstet Gynecol*, 1997: 803.

20. Vik T, Vатtem L, Markestad T, Jacobsen G, Bakketeig LS. Dubowitz assessment of gestational age and agreement with prenatal method. *Am J Perinat*, 1997; 14: 369-373.
21. Shukla H, Atakent YS, Ferrara A, Topsis J, Antoine C. Postnatal overstimulation of gestational age in preterm infants. *Am J Dis Child* 1987; 141: 1106-1107.
22. Cat MNL. FootScanAge Method for determining gestational age [Doctorate Thesis]. Federal University of Parana – Brazil. In press. (in Portuguese).
23. Kramer MS, Platt R, Hong Y, Joseph KS, Wen SS, Moris L, Usher R. Secular trends in preterm birth: A hospital-based cohort study. *JAMA* 1998; 280: 1849-1854.
24. Daga SR, Daga AS, Patole S, Kadam S, Mukadam Y. Foot length measurement from foot print for identifying a newborn at risk. *J Trop Pediatr* 1988; 34: 16-19.
25. Amato M, Hüppi P, Claus R. Rapid biometric assessment of gestational age in very low birth weight infants. *J Perinat Med*, 1991; 19: 367-371.
26. Kulkari ML, Rajendran, NK. Values for foot length in newborns. *Indian Pediatrics*, 1992; 29: 507-509.
27. Embleton ND, Deshoande SA, Scott D, Wright C, Milligan DW. Foot length , an accurate predictor of nasotracheal tube length in neonates. *Arch Dis Chil*, 2001; 85: F60-F64.
28. Holt SA. The significance of dermatoglyphics in Medicine. *Clin Pediatr* 1973; 12: 471-484.
29. Cummins H, Midlo C. Finger prints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics. 1^a ed. Dover Publications: New York, 1995.
30. Okajima M. A methodological approach to the development of epidermal ridges viewed on the dermal surface of fetuses. *Prog Clin Biol Res*, 1982; 84: 175-188.
31. Bookstein FL. Shape and the information in medical images: A decade of morphometric synthesis. In *P W Math Meth Bio-Med Image Anal* 1996: 2-12.
32. Filho OM, Neto HV. Processamento digital de imagens. 1^a ed. Rio de Janeiro: Brasport; 1999.
33. Degoulet P, Fieschi M. Introduction to Medical Informatics. 2^a ed. Springer: New York; 1999.
34. Duncan JS, Ayache N. Medical image analysis: Progress over two decades and the challenges ahead. *IEEE T Pattern Anal* 2000; 22: 85-106.
35. Bellon O, Silva L. New improvements on range image segmentation by edge detection. *IEEE Signal Processing Letters* 2002; 9: 43-45.
36. Gorga CN, Bellon ORP, Cat MNL, Silva L, Sunye MS, Marchaukoski JN. A health care information system to Neonatology support. 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems (CBMS); Maribor, Eslovênia. IEEE Press 2002: 29-34.

37. Bellon ORP, Severich M, Silva L, Cat MNL, Boyer KL. Image analysis of newborn plantar surface for gestational age determination. 6th International Conference on Medical image Computing & Computed Assisted Intervention (MICCAI); Montreal, Canadá. Lectures Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2003, in press.
38. Kakuda ML. The taking of newborn infant's footprints as a nursing problem. A study of ink, paper and method of application. *Rev Enferm Nov Dimens*; 1977, 3: 362-368. (in Portuguese).
39. Altman DG. *Practical statistics for medical research*. Ed. London: Chapman & Hall, 1991.

PROJETO FOOTSCANAGE

1. OBJETIVO

O projeto tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema computacional para apoio a diversas atividades relacionadas à Neonatologia, em especial a identificação de bebês e a determinação da idade gestacional de recém-nascidos prematuros por um método não-invasivo¹. Ambas as atividades descritas são inéditas e a proposta é que sejam realizadas com base em imagens da superfície plantar dos recém-nascidos ("borrão"), obtidas na sala de parto logo após o nascimento.

2. JUSTIFICATIVA

Ao nascimento, se não houve acompanhamento pré-natal adequado, a estimativa da idade gestacional feita pelo pediatra na sala de parto é fundamental para as medidas terapêuticas e diagnósticos sobre o recém-nascido. Porém, é comprovado que os métodos atualmente aplicados não foram baseados em populações de recém-nascidos prematuros, comprometendo sua reprodutibilidade e precisão, além de serem de difícil aplicação e invasivos, já que exigem manuseio considerável para sua realização. Além disso, a evolução tecnológica tem elevado o percentual de sucesso nos tratamentos de prematuros e mostrado a importância da determinação da idade gestacional, que é considerada o principal fator preditivo de sobrevivência. Assim, é fundamental a busca de métodos não invasivos e precisos para identificação da idade gestacional. O método FootScanAge é uma resposta a essa necessidade. Por outro lado, em diversas situações, é necessária a identificação criminal de recém-nascidos. O sistema em desenvolvimento possui todas as características necessárias para também realizar essa tarefa.

3. HISTÓRICO

O projeto teve início em 2000 e é uma parceria entre o Grupo IMAGO do Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná e do Departamento de Pediatria dessa mesma Instituição. Com a construção de um protótipo simplificado do sistema, atualmente em teste no HC-UFPR, alguns resultados promissores já foram obtidos e publicados, tanto no exterior quanto no Brasil:

- (1) A Health Care Information System for Neonatology Support, *Proceedings of 15th IEEE International Conference on Computer Based Medical Systems*;
- (2) Um sistema de recuperação de imagens para apoiar a determinação da idade gestacional em recém-nascidos, *Anais do XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware, Tema: Convergências Tecnológicas, XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*.

Esses resultados foram decorrentes do trabalho de dois alunos de mestrado e de um aluno de doutorado, todos orientados pela profa. Olga Bellon, coordenadora do Grupo IMAGO. Os resultados obtidos validaram as hipóteses levantadas pela Dra. Mônica Cat e ampliaram os horizontes de pesquisa sobre o assunto.

¹A idade gestacional é obtida com precisão quando a gestante realiza pré-natal adequado, o que infelizmente não é a regra geral em nosso país, especialmente no caso de adolescentes e nas camadas menos favorecidas da população, que são responsáveis pela maioria dos casos de prematuridade.

4. O SISTEMA FOOTSCAN

O sistema é composto de duas partes principais, sumariamente descritas abaixo.

(A) Base de dados sobre bebês recém-nascidos: Tendo em vista o grande número de bebês nascidos anualmente no HC-UFPR, bem como a diversidade de variáveis relacionadas aos nascimentos, a base de dados irá permitir aos neonatologistas a inclusão, o compartilhamento e o acesso rápido e confiável a várias informações que podem ser utilizadas para a obtenção de dados estatísticos, úteis para elaborar diagnósticos mais precisos. Uma versão simplificada dessa base já se encontra disponível.

(B) Ferramenta para processamento de imagens da superfície plantar dos recém-nascidos: Essa ferramenta está sendo desenvolvida em 3 fases:

- (1) análise de imagens da superfície plantar, com base em seu formato e característica dos dermatoglifos;
- (2) integração dos dados obtidos na fase 1 com outras informações relevantes constantes na base de dados e aplicação de ferramentas de mineração de dados para identificar correlações úteis ("conhecimento") entre os dados;
- (3) identificação de bebês com base na análise dos dermatoglifos da imagem da superfície plantar. Atualmente, a fase 1 está em conclusão e, junto a fase 2, deverá permitir a comprovação das hipóteses levantadas (Método FootScanAge) para determinar a idade gestacional de recém-nascidos. A figura abaixo ilustra algumas etapas do processo de extração de características da impressão plantar.



5. CONTATO

Profa. Dra. Olga Regina Pereira Bellon
e-mail: olga@inf.ufpr.br
Departamento de Informática - UFPR

Dra. Mônica Nunes Lima Cat
e-mail: monica@hc.ufpr.br
Departamento de Pediatria - UFPR

Número da Pesquisa 2003012825

Nome do Pesquisador
MONICA NUNES LIMA CAT

Local da Pesquisa
DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA

Área do Conhecimento
40101088 Pediatria

Tipo do Projeto
Tese de Doutorado

Data de Início
14/05/2003

Data da aprovação no Depto
14/05/2000

Nome do Orientador
PROF DR IZRAIL CAT

Fase atual da pesquisa
Projeto Novo

Horas semanais dedicadas
3

Data de inclusão no sistema
14/05/2003

Título
Método FootScan Age para Determinação da Idade Gestacional

Ementa

A literatura atual aponta para o fato de que a idade gestacional é o principal fator preditivo de sobrevida e indica que é fundamental a busca de um método preciso de identificação da idade gestacional, considerando as diferenças significativas de sobrevida, neurodesenvolvimento e custos observados entre diferenças de idade gestacional de apenas uma semana. O Método FootScan Age proposto tem como objetivo determinar a idade gestacional, através da imagem digital dos dermatoglifos e sulcos cutâneos da região plantar do recém-nascido.

Equipe de Colaboradore

PROF DRA OLGA REGINA BELLON
MAURICIO SEVERICH
LUCIANO SILVA
JERONIZA NUNES MARCHAUKOSKI
EVERTON VIDAL VIEIRA
CRISTOVAO GORGA