

**José Luiz Barros Pena**

**Alterações seqüenciais da deformação  
miocárdica longitudinal e radial  
(*strain/strain rate*) e das velocidades do  
Doppler tecidual pulsado em neonatos normais**

Tese apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de  
Doutor em Ciências

Área de concentração: Cardiologia  
Orientadora: Dra. Vera Maria Cury  
Salemi

São Paulo  
2005

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Pena, José Luiz Barros

**Alterações seqüenciais da deformação miocárdica longitudinal e radial  
(*strain/strain rate*) e das velocidades do Doppler tecidual pulsado em neonatos  
normais** / José Luiz Barros Pena-- São Paulo, 2005.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.  
Departamento de Cardio-Pneumologia.

Área de concentração: Cardiologia.

Orientadora: Vera Maria Cury Salemi.

Descritores: 1.ULTRA-SONOGRAFIA DOPPLER 2.CARDIOPATIAS  
CONGÊNITAS 3.RECÊM-NASCIDO 4.ECOCARDIOGRAFIA DOPPLER

USP/FM/SBD-320/05

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais (*in memoriam*),  
pela transmissão de dignidade e modelo de nobreza de caráter;

À minha família, representada por irmãs, irmão, cunhada, cunhados,  
sobrinhos, tios, tias, e primos.  
Enumerá-los separadamente seria tarefa difícil, senão impossível.  
Todos representam fundamental importância para mim.  
Obrigado pelo carinho, apoio e alegria da convivência;

Às crianças do nosso país,  
esperando que ajudem a transformar um mundo  
com tantas diferenças sociais.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. George R. Sutherland, modelo de inteligência, ética e sólida formação científica, pelo desprendimento com que me abriu as portas para o aprendizado de uma nova técnica ecocardiográfica, dando-me condições de desenvolver este trabalho.

À Dra. Vera Maria Cury Salemi, que além de orientadora foi amiga em todos os momentos deste trabalho, a quem considero exemplo de profissionalismo, dedicação e integridade.

Ao Prof. Charles Mady, pela acolhida no Curso de Pós-Graduação, responsabilidade e liderança científica, contribuindo para que este trabalho fosse levado a termo.

À Carla Fogaccia da GE Healthcare, pela amizade, apoio e ajuda inestimáveis no empréstimo do equipamento utilizado neste estudo.

Aos Drs. Marconi Gomes da Silva e Sanny Cristina de Castro Faria, médicos residentes do Setor de Ecocardiografia do Hospital Felício Rocho, de Belo Horizonte, pelo grande auxílio e apoio nas diferentes etapas deste trabalho.

Aos médicos do corpo clínico, especialmente o Dr. José Mariano Sales Alves Júnior, médicos residentes, alunos e funcionários da Maternidade Hilda Brandão da Santa Casa de Belo Horizonte, pela ajuda e apoio imprescindíveis durante a coleta dos dados desta tese.

Aos colegas Drs. Aigul Baltabaeva, Anna Marciniak, Anatoli Kiotsekoglou e Tii Karu, do St. George's Hospital de Londres, que gentilmente participaram da pesquisa de variabilidade inter-examinador, dando maior consistência ao trabalho.

Aos Drs. Luc Mertens, Lieven Herbots, Frank Weidemann, Javier Ganame e aos engenheiros Jan d'Hooge e Bart Bijmens, de Leuven, Bélgica, pelos ensinamentos e profícuo convívio durante minha estadia com o grupo.

Ao Prof. Enrico Colossimo e às consultoras estatísticas Aleida Nazareth Soares e Ana Paula Azevedo Travassos pela criteriosa análise estatística e apoio na execução deste trabalho.

Às bibliotecárias do Serviço de Biblioteca e documentação da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, especialmente Marinalva de Souza Aragão e Valéria Vilhena, pela ajuda e atenção exemplares.

Às secretárias do Curso de Pós-graduação Sensu Estrito, Programa de Cardiologia da USP, Neusa Rodrigues Dini, Juliana Lattari Sobrinho e Eva Malheiros G. de Oliveira, pela competência, dedicação e atenção constantes.

Ao Prof. Eduardo Luiz R. Cançado pela amizade hospitaleira, apoio e valiosas sugestões.

Aos colegas do Setor de Ecocardiografia do Hospital Felício Rocho e da Clínica Baeta Vianna, pelo convívio produtivo e amizade.

Às secretárias da Clínica Baeta Vianna, especialmente Laurita de Sousa Alexandrino, pela atenção e colaboração constantes.

À Profa. Ana Mazur Spira, pela colaboração na revisão do texto.

A Marcos Bispo pela cuidadosa formatação do texto, tabelas e gráficos.

Aos amigos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho existisse.

*“Assaz o senhor sabe: a gente quer passar um rio a nado,  
e passa; mas vai dar na outra banda é num ponto muito mais embaixo,  
bem diverso do em que primeiro se pensou”.*  
(Guimarães Rosa - Grande sertão: veredas)

# SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....                                       | X    |
| LISTA DE FIGURAS .....   | XII  |
| LISTA DE GRÁFICOS .....  | XIII |
| LISTA DE TABELAS .....   | XIV  |
| RESUMO .....   | XX   |
| SUMMARY.....   | XXII |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 2    |
| 1.1 - ASPECTOS HISTÓRICOS .....  | 2    |
| 1.2 - CONCEITO E TÉCNICAS .....  | 4    |
| 1.3 - ORIGEM DOS SINAIS DO DOPPLER TECIDUAL .....                            | 7    |
| 1.4 - APLICAÇÕES CLÍNICAS DO DOPPLER TECIDUAL .....                          | 11   |
| A. Sístole .....   | 11   |
| B. Diástole .....  | 12   |
| C. Índices de deformação miocárdica (Strain e Strain rate) .....             | 14   |
| C.1 Strain .....   | 17   |
| C.2 Strain rate .....  | 19   |
| 1.5 - ALTERAÇÕES DO SISTEMA CARDIOVASCULAR DURANTE O PERÍODO PERINATAL ..... | 21   |
| A. Circulação fetal.....   | 21   |
| B. Circulação perinatal .....  | 23   |
| 2. OBJETIVOS .....   | 26   |
| 3. CASUÍSTICA E MÉTODO.....  | 29   |
| 3.1 - CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....   | 29   |
| 3.2 - CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO .....  | 29   |
| 3.3 - CASUÍSTICA .....   | 30   |
| 3.4 - MÉTODO.....  | 31   |
| 3.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA .....  | 36   |
| 4. RESULTADOS .....  | 40   |
| 4.1 - RESULTADOS DE ECOCARDIOGRAFIA MODO-M E BIDIMENSIONAL .....             | 40   |
| 4.2 - RESULTADOS DE DOPPLER PULSADO, CONTÍNUO E EM CORES.....                | 41   |

|  |     |
|--|-----|
| 4.3 - RESULTADOS DE DOPPLER TECIDUAL .....   | 42  |
| 4.3.1 - Análise do Grupo I.....  | 42  |
| 4.3.1.1 - Outras comparações no VE.....  | 51  |
| 4.3.2 - Análise do Grupo II.....   | 57  |
| 4.4 - RESULTADOS DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA ( <i>STRAIN/STRAIN RATE</i> ) ...                          | 63  |
| 4.4.1 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo no Grupo I .....                                     | 67  |
| 4.4.2 - Função regional radial do ventrículo esquerdo no Grupo I.....  | 73  |
| 4.4.3 - Função longitudinal <i>versus</i> Função radial do ventrículo esquerdo no Grupo I.....                   | 74  |
| 4.4.4 - Função regional longitudinal do ventrículo direito no Grupo I .....                                      | 77  |
| 4.4.5 - Deformação regional do ventrículo esquerdo <i>versus</i> ventrículo direito no Grupo I.....              | 80  |
| 4.4.6 - Deformação regional do Grupo II .....  | 82  |
| 4.4.6.1 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo no Grupo II .....                                  | 86  |
| 4.4.6.2 - Função regional radial do ventrículo esquerdo no Grupo II.....   | 86  |
| 4.4.6.3 - Função longitudinal <i>versus</i> Função radial do ventrículo esquerdo no Grupo II .....               | 87  |
| 4.4.6.4 - Função regional longitudinal do ventrículo direito no Grupo II ..                                      | 87  |
| 4.4.6.5 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo <i>versus</i> ventrículo direito no Grupo II ..... | 88  |
| 4.4.7 - Comparação entre os índices de deformação miocárdica obtidos nos Grupos I e II.....                      | 89  |
| 4.4.7.1 - Análise da função radial do VE .....   | 89  |
| 4.4.7.2 - Análise da função longitudinal do VE.....  | 91  |
| 4.4.7.3 - Análise da função longitudinal do VD .....   | 97  |
| 4.4.8 - Reprodutibilidade dos dados .....  | 100 |
| 4.4.9 - Correlação entre as velocidades sistólicas e os índices de deformação miocárdica.....                    | 101 |
| 5. DISCUSSÃO .....   | 107 |
| 5.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....   | 107 |
| 5.2 - ANÁLISE DAS VELOCIDADES DO GRUPO I.....  | 108 |
| 5.3 - ANÁLISE DAS VELOCIDADES DO GRUPO II.....   | 109 |
| 5.4 - ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DO GRUPO I.....   | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.5 - ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DO GRUPO II .....   | 112 |
| 5.6 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DOS GRUPOS I E II<br>.....  | 113 |
| 5.7 - ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE VELOCIDADES SISTÓLICAS E ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO<br>MIOCÁRDICA .....   | 118 |
| 5.8 - LIMITAÇÕES.....  | 119 |
| 5.9 - IMPLICAÇÕES CLÍNICAS .....   | 120 |
| 6. CONCLUSÕES .....  | 123 |
| 7. ANEXOS .....  | 126 |
| ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....   | 126 |
| ANEXO B - PROTOCOLO DO ESTUDO “ALTERAÇÕES SEQUENCIAIS DA DEFORMAÇÃO<br>MIOCÁRDICA LONGITUDINAL E RADIAL ( <i>STRAIN/ STRAIN RATE</i> ) E DAS VELOCIDADES DO<br>DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM NEONATOS NORMAIS” ..... | 129 |
| ANEXO C - INTEROBSERVER VARIABILITY .....  | 141 |
| ANEXO D - TABELAS DO GRUPO II.....   | 145 |
| 8. REFERÊNCIAS .....   | 164 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|           |   |
|-----------|---|
| AD        | átrio direito   |
| AE        | átrio esquerdo  |
| Am        | velocidade diastólica tardia do miocárdio             |
| Ao        | aorta   |
| DdVE      | diâmetro diastólico do VE                             |
| DsVE      | diâmetro sistólico do VE                              |
| DT        | Doppler tecidual                                      |
| Em        | velocidade diastólica inicial do miocárdio            |
| FE        | fração de ejeção                                      |
| GI        | Grupo I   |
| GII       | Grupo II  |
| L         | longitudinal  |
| PAB       | perímetro abdominal                                   |
| PCC       | perímetro cefálico                                    |
| PET       | tomografia por emissão de pósitrons                   |
| PpVEd     | parede posterior do VE medida em diástole             |
| PTC       | perímetro torácico                                    |
| quadros/s | quadros por segundo                                   |
| R         | radial  |
| S         | septal  |
| SIVd      | septo interventricular medido em diástole             |
| Sm        | velocidade sistólica do miocárdio                     |
| SPECT     | tomografia computadorizada por emissão de fóton único |
| SR        | <i>strain rate</i>                                    |
| VD        | ventrículo direito                                    |
| Vdf       | volume diastólico final                               |
| VDf       | volume diastólico final do VE                         |
| VE        | ventrículo esquerdo                                   |
| Vsf       | volume sistólico final                                |
| VSf       | volume sistólico final do VE                          |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                |   |
|----------------|---|
| %              | por cento   |
| <              | menor que   |
| =              | igual a   |
| >              | maior que   |
| ±              | mais ou menos   |
| ≥              | maior ou igual a  |
| bpm            | batimentos por minuto                                   |
| cm/s           | centímetros por segundo                                 |
| L              | comprimento pós-deformação                              |
| L <sub>0</sub> | comprimento inicial do objeto                           |
| m/s            | metros por segundo                                      |
| mg             | miligrama   |
| mHz            | megahertz   |
| mm             | milímetros  |
| ms             | milissegundos   |
| SL             | <i>strain length</i>                                    |
| Δd%            | percentagem de encurtamento sistólico do diâmetro do VE |
| ε              | <i>strain</i>   |
| é              | <i>strain rate</i>                                      |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 - DEFORMAÇÃO DE OBJETO UNIDIMENSIONAL .....  | 18 |
| FIGURA 2 - <i>STRAIN RATE</i> .....   | 20 |
| FIGURA 3 - PAREDES E SEGMENTOS DO VE E DO VD .....  | 34 |
| FIGURA 4 - <i>STRAIN RATE</i> / <i>STRAIN</i> - FUNÇÃO RADIAL(A) E FUNÇÃO LONGITUDINAL(B)....                               | 37 |
| FIGURA 5 - GRADIENTE DE VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL.....  | 47 |
| FIGURA 6 - DOPPLER TECIDUAL PULSADO UTILIZADO PARA MEDIDA DAS VELOCIDADES. ....   | 55 |
| FIGURA 7 - FUNÇÃO LONGITUDINAL X RADIAL .....   | 75 |
| FIGURA 8 - COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DO E SISTÓLICO DO VE NO PRIMEIRO E SEGUNDO<br>EXAMES (TEMPO 1 E TEMPO 2) .....       | 92 |
| FIGURA 9 - COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DO SR E E SISTÓLICOS DO VD NO PRIMEIRO E<br>SEGUNDO EXAMES (TEMPO 1 E TEMPO 2) ..... | 97 |

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Correlação entre a velocidade sistólica ( $S_m$ ) e os índices de deformação miocárdica ( $SR/\epsilon$ ) do segmento basal (b) da parede posterior do VE (função radial)..... 102
- Gráfico 2 - Correlação entre a velocidade sistólica ( $S_m$ ) e os índices de deformação miocárdica ( $SR/\epsilon$ ) do segmento basal (b) da parede septal do VE (função longitudinal) ..... 103
- Gráfico 3 - Correlação entre a velocidades sistólica ( $S_m$ ) e os índices de deformação miocárdica ( $SR/\epsilon$ ) do segmento basal (b) da parede lateral do VE (função longitudinal) ..... 104
- Gráfico 4 - Correlação entre a velocidade sistólica ( $S_m$ ) e os índices de deformação miocárdica ( $SR/\epsilon$ ) do segmento basal (b) da parede livre do VD (função longitudinal)..... 105

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 01GI - DADOS CLÍNICOS DE 55 NEONATOS NORMAIS DO GRUPO I.....   | 30 |
| TABELA 02GI - MEDIDAS ECOCARDIOGRÁFICAS CONVENCIONAIS EM 55 NEONATOS NORMAIS<br>- GRUPO I.....  | 41 |
| TABELA 03GI - MEDIDAS DO DOPPLER CONVENCIONAL EM 55 CRIANÇAS DO GRUPO I .....   | 42 |
| TABELA 04GI - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE PARAESTERNAL<br>TRANSVERSAL (RADIAL) DO VE - GRUPO I.....  | 43 |
| TABELA 05GI - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2<br>CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VE - GRUPO I.....   | 44 |
| TABELA 05GI - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2<br>CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VE - GRUPO I (CONCLUSÃO) .....  | 45 |
| TABELA 06GI - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2<br>CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VD - GRUPO I .....  | 46 |
| TABELA 07GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO RADIAL NO CORTE<br>PARAESTERNAL TRANSVERSAL NO GRUPO I .....   | 49 |
| TABELA 08GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO NO CORTE APICAL 4C PAREDE<br>SEPTAL DO VE NO GRUPO I. ....     | 49 |
| TABELA 09GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 4C PAREDE<br>LATERAL DO VE NO GRUPO I. ....    | 50 |
| TABELA 10GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 2C PAREDE<br>INFERIOR DO VE NO GRUPO I.....    | 50 |
| TABELA 11GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 2C PAREDE<br>ANTERIOR DO VE NO GRUPO I. ....   | 51 |
| TABELA 12GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS<br>VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO ENTRE DIFERENTES PAREDES E<br>SEGMENTOS DO VE NO GRUPO I ..... | 53 |

|  |    |
|--|----|
| TABELA 12GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO ENTRE DIFERENTES PAREDES E SEGMENTOS DO VE NO GRUPO I (CONCLUSÃO)..... | 54 |
| TABELA 13GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM PAREDES E SEGMENTOS DO VD X VE NO GRUPO I.....                      | 56 |
| TABELA 13GI - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM PAREDES E SEGMENTOS DO VD X VE NO GRUPO I (CONCLUSÃO) .....         | 57 |
| TABELA 04GII - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE PARAESTERNAL TRANSVERSAL (RADIAL) DO VE - GRUPO II.....  | 58 |
| TABELA 05GII - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2 CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VE - GRUPO II.....   | 59 |
| TABELA 05GII - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2 CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VE - GRUPO II (CONCLUSÃO) .....  | 60 |
| TABELA 06GII - VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTES APICAL 4 E 2 CÂMARAS (LONGITUDINAL) DO VD - GRUPO II (CONCLUSÃO) .....  | 61 |
| TABELA 14GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO REGIONAL LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I.....   | 64 |
| TABELA 14GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO REGIONAL LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I (CONCLUSÃO) .....                              | 65 |
| TABELA 15GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - FUNÇÃO REGIONAL LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I.....  | 66 |
| TABELA 15GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - FUNÇÃO REGIONAL LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I (CONCLUSÃO) .....   | 67 |
| TABELA 16GI - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> )- COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO I .....                                    | 68 |
| TABELA 16GI <sup>□</sup> <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> )- COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO I .....                         | 69 |
| TABELA 16GI - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> )- COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO I (CONCLUSÃO) 70                           |    |
| TABELA 17GI - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %)- COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO I .....   | 71 |

|  |    |
|--|----|
| TABELA 17GI - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %)- COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO I (CONCLUSÃO).....          | 72 |
| TABELA 18GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO RADIAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I .....                       | 73 |
| TABELA 19GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - FUNÇÃO RADIAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO I .....  | 74 |
| TABELA 20GI - COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DO <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) DAS FUNÇÕES RADIAL X LONGITUDINAL DO VE NO GRUPO I.....      | 76 |
| TABELA 21GI - COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DO <i>STRAIN</i> (UNIDADES %) DAS FUNÇÕES RADIAL X LONGITUDINAL DO VE NO GRUPO I .....                       | 76 |
| TABELA 22GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - VENTRÍCULO DIREITO - GRUPO I.....                                       | 77 |
| TABELA 23GI - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - VENTRÍCULO DIREITO - GRUPO I .....   | 78 |
| TABELA 24GI - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DA PAREDE LIVRE DO VD ATRAVÉS DO <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - GRUPO I .....          | 79 |
| TABELA 25GI - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DA PAREDE LIVRE DO VD ATRAVÉS DO <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - GRUPO I.....                              | 80 |
| TABELA 26GI - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DO VE SEPTAL X VD PAREDE LIVRE ATRAVÉS DO <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - GRUPO I ..... | 81 |
| TABELA 27GI - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DO VE SEPTAL X VD PAREDE LIVRE ATRAVÉS DO <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - GRUPO I.....                     | 82 |
| TABELA 14GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO II.....                | 83 |
| TABELA 14GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO II (CONCLUSÃO) .....   | 84 |
| TABELA 15GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - FUNÇÃO LONGITUDINAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO II.....                                   | 85 |
| TABELA 22GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - VENTRÍCULO DIREITO - GRUPO II.....                                     | 87 |
| TABELA 23GII - VALORES NORMAIS -- <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - VENTRÍCULO DIREITO - GRUPO II.....   | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| TABELA 28GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO - FUNÇÃO RADIAL - TRANSVERSAL POSTERIOR - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ).....             | 90  |
| TABELA 29GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO - FUNÇÃO RADIAL - TRANSVERSAL POSTERIOR - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %). .....                        | 90  |
| TABELA 30GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO - FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 4 CÂMARAS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ).....            | 93  |
| TABELA 31GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 4 CÂMARAS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %). .....                         | 94  |
| TABELA 32GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO - FUNÇÃO LONGITUDINAL APICAL 2 CÂMARAS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ).....              | 95  |
| TABELA 33GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DO TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO ESQUERDO - FUNÇÃO LONGITUDINAL APICAL 2 CÂMARAS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %). .....                         | 96  |
| TABELA 34GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO DIREITO - FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 4 CÂMARAS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ).....                | 98  |
| TABELA 35GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO DIREITO - FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 4 CÂMARAS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %). .....                           | 99  |
| TABELA 36GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO DIREITO - FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 2 CÂMARAS - BASAL INFERIOR <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ )..... | 99  |
| TABELA 37GI/GII - COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS TEMPO 1 X TEMPO 2 - VENTRÍCULO DIREITO - FUNÇÃO LONGITUDINAL - APICAL 2 CÂMARAS - BASAL INFERIOR <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) .....             | 100 |
| TABELA 38 - REPRODUTIBILIDADE DOS DADOS: VARIABILIDADE INTRA-EXAMINADOR E INTER-EXAMINADOR.....   | 101 |

## TABELAS DO ANEXO D

|  |     |
|--|-----|
| TABELA 07GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO NOS VALORES MÉDIOS TRANSVERSAIS NO GRUPO II.....                        | 145 |
| TABELA 08GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 4C PAREDE SEPTAL DO VE NO GRUPO II.....                 | 146 |
| TABELA 09GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 4C PAREDE LATERAL DO VE NO GRUPO II .....               | 147 |
| TABELA 10GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 2C PAREDE INFERIOR DO VE NO GRUPO II.....               | 148 |
| TABELA 11GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM CORTE APICAL 2C PAREDE ANTERIOR DO VE NO GRUPO II .....              | 149 |
| TABELA 12GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO ENTRE DIFERENTES PAREDES E SEGMENTOS DO VE NO GRUPO II .....            | 150 |
| TABELA 12GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO ENTRE DIFERENTES PAREDES E SEGMENTOS DO VE NO GRUPO II (CONCLUSÃO)..... | 151 |
| TABELA 13GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM PAREDES DO VD X VE NO GRUPO II.....                                  | 152 |
| TABELA 13GII - DESCRITIVAS E TESTE T PAREADO PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM PAREDES DO VD X VE NO GRUPO II (CONCLUSÃO) .....                     | 153 |
| TABELA 16GII - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ) - COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO II.....  | 154 |
| TABELA 16GII - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES $^{-1}$ ) - COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO II (CONCLUSÃO).....                              | 155 |
| TABELA 17GII - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO II.....   | 156 |

|  |     |
|--|-----|
| TABELA 17GII - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - COMPARAÇÃO ENTRE COMPONENTES, PAREDES E SEGMENTOS DO VENTRÍCULO ESQUERDO NO GRUPO II ( <i>CONCLUSÃO</i> ) ..... | 157 |
| TABELA 18GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - FUNÇÃO RADIAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO II .....                         | 158 |
| TABELA 19GII - VALORES NORMAIS - <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - FUNÇÃO RADIAL VENTRÍCULO ESQUERDO - GRUPO II .....  | 158 |
| TABELA 24GII - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DA PAREDE LIVRE DO VD ATRAVÉS DO <i>SR</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - GRUPO II .....                     | 159 |
| TABELA 25GII - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DA PAREDE LIVRE DO VD ATRAVÉS DO <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - GRUPO II .....                               | 160 |
| TABELA 26GII - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DO VE SEPTAL X VD PAREDE LIVRE ATRAVÉS DO <i>STRAIN RATE</i> (UNIDADES <sup>-1</sup> ) - GRUPO II .....   | 161 |
| TABELA 27GII - COMPARAÇÃO REGIONAL DOS SEGMENTOS DO VE SEPTAL X VD PAREDE LIVRE ATRAVÉS DO <i>STRAIN</i> (UNIDADE %) - GRUPO II .....                      | 162 |

## RESUMO

Pena JLB. *Alterações seqüenciais da deformação miocárdica longitudinal e radial (strain/strain rate) e das velocidades do Doppler tecidual pulsado em neonatos normais* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2005.177p.

**Introdução:** O Doppler tecidual (DT) surgiu como uma técnica ecocardiográfica para registro das velocidades do miocárdio e evoluiu para a determinação da deformação miocárdica regional com medida do *strain rate* (SR) e *strain* ( $\epsilon$ ) longitudinal e radial unidimensionais. Nosso objetivo foi determinar padrões de normalidade em neonatos e analisar seqüencialmente esses índices em períodos de alta e baixa resistência vascular pulmonar.

**Casuística e Método:** Selecionaram-se 55 crianças com idade média de  $20,14 \pm 14,0$  horas, constituindo o Grupo I (G I). Um segundo exame foi realizado em 30 crianças que retornaram após  $31,9 \pm 2,9$  dias de vida, constituindo o Grupo II (G II). As velocidades do DT pulsado foram obtidas em cortes transversais (R) e longitudinais (L) do ventrículo esquerdo (VE) em posições apical 4 e 2 câmaras e no VD (paredes livre e inferior). Foram medidas velocidades sistólicas (onda Sm), diastólica inicial (Em), diastólica final (Am) de pico e a relação Em/Am. Pelo menos três ciclos cardíacos consecutivos com taxa de quadros/s superior a 300 foram digitalmente obtidos nos cortes mencionados e analisados posteriormente utilizando programa específico para medida das curvas de SR/ $\epsilon$  e seus componentes sistólico, diastólico inicial e final.

**Resultados:** As velocidades demonstraram gradiente bem definido com redução progressiva na direção base-ápice do coração. As velocidades do VD foram superiores às do VE quando comparadas com as medidas nas paredes septal (S), anterior (A) e lateral (L). No GI verificamos diferença significativa entre as medidas do SR/ $\epsilon$  sistólicos do segmento basal da parede S em relação à apical ( $-1,90 \pm 0,61$ ,  $-25,90 \pm 4,90$  vs  $-1,66 \pm 0,25$ , -

24,23 ± 3,08), p=0,04 e p=0,02 e do segmento médio em relação ao apical (p=0,01 e 0,02). A avaliação regional do VD demonstrou  $\epsilon$  sistólico maior no segmento médio em relação ao basal (-33,20 ± 6,34 vs -28,38 ± 4,90, p=0,00) e em relação ao segmento apical (-33,20 ± 6,34 vs -31,95 ± 5,06, p=0,021). Os valores absolutos de SR/ $\epsilon$  e todos os seus componentes foram maiores na direção R quando comparados com a L (SR sistólico 2,99 ± 0,78 s<sup>-1</sup> vs (-)1,90 ± 0,60 s<sup>-1</sup>  $\epsilon$  sistólico 49,72% ± 12,86% vs (-) 25,86% ± 4,83 p=0,00). Quando comparamos os GI e GII verificamos redução do  $\epsilon$  sistólico do VE na direção R e L nas paredes S, L e A em todos os segmentos. O SR sistólico reduziu apenas na porção basal da parede L (-1,91 ± 0,46 s<sup>-1</sup> vs -1,71 ± 0,33 s<sup>-1</sup>, p=0,02). O VD apresentou no GII aumento significativo do  $\epsilon$  sistólico e diastólico inicial em todos os segmentos e paredes. O SR sistólico também apresentou aumento dos valores nos segmentos basal e médio de sua parede livre e na parede inferior. A correlação entre a onda Sm e SR/ $\epsilon$  sistólicos não foi significativa.

**Conclusão:** Os índices regionais de deformação miocárdica constituem técnica clínica reproduzível em neonatos e podem monitorar alterações seqüenciais fisiológicas da circulação neonatal precoce e tardia. São mais robustos que as velocidades na quantificação da função regional.

Descritores: 1.ULTRA-SONOGRAFIA DOPPLER 2.CARDIOPATIAS CONGÊNITAS 3.RECÉM-NASCIDO 4.ECOCARDIOGRAFIA DOPPLER

## SUMMARY

Pena JLB. *Sequential changes of longitudinal and radial deformation (strain/strain rate) and pulsed wave tissue Doppler in normal neonates*. [thesis]. "São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo", 2005. 177p.

**Background:** Color Doppler myocardial imaging (CDMI) has emerged as an echocardiographic technique for determining myocardial velocities and has been further developed to allow the determination of one-dimension regional longitudinal and radial strain rate (SR) and strain ( $\epsilon$ ). Our goal was to determine normal values in neonates and sequentially analyse these indices in periods of high and low pulmonary vascular resistance.

**Study population and methods:** Fifty-five term newborns with mean age of  $20.14 \pm 14.0$  hours were selected to be part of Group I (GI). A second echo study was performed on 30 children that had returned with  $31.9 \pm 2.9$  days after birth, being Group II (GII). Pulsed wave Doppler tissue velocities (PWDTV) were obtained in short axis (R) and longitudinal (L) axis of the left ventricle (LV) in apical 4 and 2 chamber view and in 4 and 2 chamber of the right ventricle (RV), including RV free lateral and inferior walls. Peak systolic ( $S_m$ ), peak early diastolic ( $E_m$ ) and peak late diastolic ( $A_m$ ) motion velocities and  $E_m/A_m$  ratio were measured. At least three consecutive cardiac cycles with frame rate more than 300 fps were stored in digital format from the mentioned views for offline analysis by using dedicated software for measuring peak systolic and peak early and late diastolic SR/ $\epsilon$ .

**Results:** PWTDV have shown a well-defined gradient with progressive peak reduction from base to apex. RV velocities were higher than those of the LV when compared to septal (S), anterior (A) and lateral (L) walls. In GI there was a significant difference between systolic SR/ $\epsilon$  measurement of basal S segment in relation to apical ( $-1.90 \pm 0.61$ ,  $-25.90 \pm 4.90$  vs  $-1.66 \pm 0.25$ ,  $-24.23 \pm 3.08$ ),  $p=0.04$  e  $p=0.02$  and from the mid in relation to the apical segment ( $p=0.01$  e  $0.02$ ). Regional RV longitudinal function showed that

systolic  $\epsilon$  recorded from the mid segment was significantly higher than that recorded from the basal segment ( $-33.20 \pm 6.34$  vs  $-28.38 \pm 4.90$ ,  $p=0.00$ ) and that from the apical segment ( $-33.20 \pm 6.34$  vs  $-31.95 \pm 5.06$ ,  $p=0.021$ ). The absolute and all components of  $SR/\epsilon$  were significantly higher in R direction when compared to the L ones (systolic  $SR 2.99 \pm 0.78 s^{-1}$  vs  $(-)1.90 \pm 0.60 s^{-1}$  systolic  $\epsilon 49.72\% \pm 12.86\%$  vs  $(-)25.86\% \pm 4.83$   $p=0.00$ ). When comparing data from GI and GII, we noticed reduction of LV systolic  $\epsilon$  in the second group for both R and L, in all segments of S, L and A walls. Systolic  $SR$  showed reduction of the values in GII only in the basal segment of the L wall ( $-1.91 \pm 0.46 s^{-1}$  vs  $-1.71 \pm 0.33s^{-1}$ ,  $p=0.02$ ). Regional RV function showed systolic and early diastolic  $\epsilon$  significantly higher in all segments of wall in GII. Systolic  $SR$  also showed higher values in the basal and mid segments of RV free lateral and inferior wall in GII when comparing to GI. The correlation between peak systolic velocity  $S_m$  and peak systolic  $SR/\epsilon$  was not significant.

**Conclusion:** Regional myocardial deformation indices are reproducible clinical techniques in neonates and can monitor physiological sequential circulatory changes of the early and late neonatal period. They are more robust than velocities in the quantification of the regional myocardial function.

Key words: 1. DOPPLER ULTRASOUND 2. CONGENITAL HEART DISEASE 3. NEONATE 4. DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY

# 1. INTRODUÇÃO

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 - ASPECTOS HISTÓRICOS

O emprego da técnica do Doppler em suas diversas modalidades, incluindo o Doppler pulsado, contínuo e em cores, para avaliação das velocidades dos fluxos sanguíneos nas câmaras cardíacas e grandes vasos, como parte integrante do exame ecocardiográfico, constitui prática usual e bem estabelecida (Nishimura et al. 1985; Weyman, 1994).

O Doppler tecidual é uma modalidade relativamente recente, que se emprega para a medida e quantificação das velocidades dentro do miocárdio, ou seja, tecido sólido em tempo real (Miyatake et al., 1984; Sutherland et al., 1994).

Yoshida e colaboradores foram os primeiros a obter informações acerca da mobilidade cardíaca em 1961. Em 1972 Kostis e seu grupo descreveram o emprego do Doppler pulsado regional como capaz de registrar velocidades instantâneas da parede posterior do coração. O primeiro relato da quantificação da função regional pelo Doppler foi feito por Isaz e colaboradores em 1989, utilizando o Doppler pulsado para registrar a mobilidade da parede posterior do ventrículo esquerdo em indivíduos normais e em pacientes com alterações da função regional. O Doppler tecidual bidimensional em cores foi relatado pela primeira vez em 1992 por McDicken e cols. Procedeu-se então a estudos detalhados com a utilização de espectros *in vitro* que confirmaram a acurácia dos algoritmos

codificadores da velocidade nos tecidos (Fleming et al., 1994; Miyatake et al, 1995).

O implemento de *software* específico nos equipamentos comerciais fez com que surgisse uma série de relatos confirmando a aplicabilidade da técnica. Tais relatos iniciais indicavam que o registro de padrões de velocidades regionais poderia ter valor na quantificação da função regional do miocárdio. Para superar as taxas muito baixas de quadros por segundo do Doppler em cores (14 a 20 quadros/s), uma aquisição utilizando o modo-M foi proposta por Fleming et al. em 1994.

Tal metodologia permitiu a representação dos gradientes miocárdicos transmuralis (ou seja, *strain rates* radiais), com ótima resolução temporal e espacial. Uematsu et al., em 1995, demonstraram que a estimativa do gradiente local era relativamente independente da movimentação global do coração. Gorcsan et al. em 1996 confirmaram, em um estudo experimental, que as velocidades regionais poderiam refletir, de forma acurada, mudanças farmacologicamente induzidas na deformação radial. Surgiram então estudos experimentais baseados no papel potencial da estimativa da velocidade miocárdica regional na definição de diferentes substratos induzidos pela isquemia, avaliando-se o gradiente de velocidade miocárdica radial, que foram confirmados por diversos estudos clínicos (Derumeaux et al., 1998).

A medida das velocidades regionais, derivadas do Doppler tecidual com número maior de quadros/segundo (quadros/s) passou a ser utilizada como uma tentativa de quantificação dos exames de estresse. A resposta

normal dos segmentos ao exercício (bicicleta ergométrica) e à infusão de dobutamina foi inicialmente relatada por Wilkenshof e colaboradores em 1998. Estudos posteriores, baseados tanto na velocidade regional quanto na deformação miocárdica, exploraram esse campo. Outros importantes problemas clínicos estudados pelo Doppler tecidual incluem função diastólica regional (englobando mudanças que ocorrem com o avançar da idade), cardiomiopatias, função ventricular direita, diagnóstico de locais de pré-excitação ventricular, rejeição pós-transplante cardíaco e alterações da função ventricular nas cardiopatias congênitas. Os dados de velocidades regionais dos tecidos através do Doppler pulsado constituíram a base para os estudos genéticos das miopatias em ratos. Entretanto, o mais importante avanço do Doppler tecidual foi a introdução da deformação regional baseada na velocidade (*strain/strain rate*). Esta abordagem ao processamento regional dos dados das velocidades foi inicialmente descrita por Heimdal et al. em 1998. A metodologia vem sendo subsequentemente validada em ambientes clínicos e experimentais.

## 1.2 - CONCEITO E TÉCNICAS

Os princípios físicos do Doppler tecidual são similares aos das outras modalidades de Doppler. Todas as considerações teóricas relativas à origem do efeito Doppler, amplitude dos ecos refletidos, efeitos da angulação do feixe incidente, etc. também se aplicam ao Doppler tecidual (Weyman, 1994).

Existem duas fontes principais contribuindo para o efeito Doppler dos sinais que retornam do ultra-som: as hemácias, que se movimentam dentro do fluxo sanguíneo e as paredes ventriculares, valvas cardíacas e qualquer outra estrutura sólida que tenha movimentação mais lenta. As velocidades do fluxo sanguíneo geralmente alcançam até 150 cm/s enquanto que as dos tecidos sólidos raramente apresentam cifras superiores a 20 cm/s (Sengupta et al., 2002). Entretanto a força do sinal das hemácias é muito mais baixa (cerca de 40 dB). Dessa forma o espectro dos sinais de Doppler apresenta dois componentes: uma banda com alta frequência e baixa amplitude correspondendo ao fluxo sanguíneo e uma outra com baixa frequência e alta amplitude relacionada à movimentação do coração. Os equipamentos capazes de demonstrar o Doppler tecidual são dotados com um sistema de filtro que vai reduzir os sinais de alta frequência e baixa amplitude (García-Fernández et al., 1998). Além disso, uma amplificação do ganho é usada para aumentar os sinais miocárdicos de baixa velocidade e eliminar os sinais de fluxo sanguíneo que estão dentro das câmaras cardíacas (Sutherland et al., 1999).

Uma escala apropriada para detectar baixas velocidades deve ser incorporada com a finalidade de se obter apresentação ideal e proporcionar medidas acuradas.

Da mesma forma que os sistemas convencionais de Doppler, o Doppler tecidual apresenta três diferentes modalidades de apresentação: bidimensional em cores, modo-M e pulsado. As modalidades apresentam vantagens e desvantagens. Para exibir as velocidades do miocárdio o

Doppler bidimensional em cores emprega métodos de auto-correlação, semelhantes àqueles utilizados no Doppler em cores convencional.

Os mapas de cores apresentados representam a velocidade média do miocárdio e não a velocidade de pico (Sutherland et al., 1999). Uma das vantagens do Doppler tecidual bidimensional em cores é que a orientação espacial das velocidades do miocárdio pode ser sobreposta à imagem bidimensional em tempo real. O Doppler tecidual modo-M em cores pode ser utilizado para demonstrar as diferenças entre as velocidades do endocárdio e epicárdio, calculando-se o gradiente de velocidade, que é indicador da contratilidade miocárdica regional (Uematsu et al., 1995). Como limitações podemos citar a resolução temporal dificultada causada por um tempo de processamento mais longo relacionado com análise de correlação e necessidade de análise *off-line* para quantificação dos mapas de cor das velocidades, que normalmente requer muito tempo.

O Doppler tecidual pulsado, ao contrário do colorido, oferece resolução temporal aumentada e habilidade para quantificar o pico das velocidades do endocárdio. Ele demonstra um espectro de velocidades de pico no eixo y e de tempo no eixo x (Sengupta et al., 2002; Waggoner, Bierig, 2001).

A resolução temporal do Doppler tecidual pulsado é cerca de 250 pulsos/s, enquanto que o número de quadros/s obtido ao Doppler em cores é da ordem de 150 a 200 quadros/s (Kukulski et al., 2000). Tal técnica não requer análise *off line* e demonstra de forma instantânea a informação na representação espectral. Uma pequena amostra de volume (2,0 mm de

comprimento axial) é utilizada para colocação no miocárdio entre o endocárdio e o epicárdio. A amostra de volume pode ser colocada em qualquer local na imagem bidimensional tanto nos cortes paraesternais quanto nos apicais. As limitações dessa modalidade ocorrem porque a quantificação regional de velocidades miocárdicas só pode ser feita em locais selecionados, sendo impossível obter dados de mais de um local simultaneamente. Além disso, a amostra não é capaz de distinguir se o examinador se encontra na camada endocárdica ou epicárdica. Uma das grandes vantagens dessa modalidade, além da resolução temporal, é a habilidade de quantificar as velocidades de pico e não as médias.

### 1.3 - ORIGEM DOS SINAIS DO DOPPLER TECIDUAL

A origem dos sinais das velocidades do Doppler tecidual é relacionada à arquitetura e orientação das fibras do miocárdio. Grant, em 1965, descreveu a arquitetura miocárdica como um sincício de fibras interconectadas. As fibras epicárdicas movimentam-se no sentido dos ponteiros do relógio, numa orientação helicoidal, da base para o ápice, enquanto as fibras endocárdicas movimentam-se em sentido contrário aos ponteiros do relógio. O ápice é relativamente estacionário e composto de uma camada de fibras musculares muito finas. As fibras miocárdicas localizadas nas camadas subendocárdicas e subepicárdicas apresentam orientação predominantemente longitudinal (Rushmer et al., 1953).

Estudos têm demonstrado que o miocárdio ventricular esquerdo é constituído então por fibras circunferenciais e longitudinais (Greenbaum et

al., 1981). A contração das fibras longitudinais precede a contração das circunferenciais durante a fase inicial da sístole, resultando em um formato esférico do ventrículo esquerdo (Jones et al., 1990).

A tensão desenvolve inicialmente nas fibras longitudinais durante a ativação ventricular inicial, assim a contração ao nível do eixo longo ocorre antes de serem alcançadas as fibras orientadas circunferencialmente na região média do miocárdio. Dessa forma, a fase inicial da sístole está associada a uma contração assíncrona entre o eixo longo e o eixo curto do ventrículo esquerdo. O relaxamento do miocárdio está mais relacionado às fibras circunferenciais em comparação às fibras longitudinais, sendo tal fato atribuído à tensão prévia armazenada que começou a ser liberada no período de relaxamento diastólico isovolumétrico. Dessa forma, a função no eixo longitudinal é parcialmente dependente das fibras subendocárdicas e estas fibras, por sua vez, são mais susceptíveis à redução do fluxo coronariano.

Teoricamente, as velocidades regionais e os índices de *strain* e *strain rate* podem ser calculados nas direções radial, longitudinal e circunferencial em cada segmento das paredes dos ventrículos esquerdo e direito. Porém, na prática, somente os índices de função longitudinal podem ser obtidos em todos os segmentos das paredes. A obtenção das medidas da função radial está limitada a alguns segmentos do ventrículo esquerdo. Embora alguns autores tenham tentado medir a função circunferencial registrando as velocidades, os dados mostraram ser de pouco valor na aplicabilidade clínica (Sutherland et al., 2005). No corte

paraesternal eixo longitudinal do VE as miofibras apresentam orientação que é perpendicular à amostra de volume do Doppler pulsado tecidual. Devemos lembrar que as velocidades miocárdicas podem ser influenciadas pelo ângulo, movimentação excessiva do coração na parede torácica e translação cardíaca. Para análise da função das fibras radiais e circunferenciais é necessário avaliar as velocidades através do corte paraesternal eixo curto do VE.

Dessa forma utiliza-se o Doppler tecidual pulsado preferencialmente nos cortes ecográficos apicais (duas e quatro câmaras e eixo longo). Os cortes apicais são mais facilmente exequíveis e constituem um método de avaliação do encurtamento e alongamento do eixo longo do VE.

A amostra de volume pode ser colocada nos segmentos basais do VE, adjacentes ao anel mitral para análise das velocidades miocárdicas sistólicas e diastólicas nas paredes septal, lateral, anterior, inferior, ântero-septal e pósterio-inferior. Podemos obter ainda as velocidades nos segmentos médio e apical do VE. A análise das velocidades no segmento apical dos ventrículos fica dificultada pela pouca mobilidade desta região, com conseqüente redução dos picos das velocidades e muitas vezes há movimentação do ápice em direção ao segmento basal (Pai RG, Gill KS, 1998a). Para análise da função radial regional, utilizamos o corte paraesternal eixo curto dos ventrículos, ao nível da região septal, segmento basal e ao nível da parede posterior, nos segmentos basal e médio. A experiência tem mostrado que raramente é possível obter velocidades nos segmentos apicais da parede posterior (Sutherland et al., 2005). O

ventrículo direito pode ser estudado apenas em sua função regional longitudinal, nos segmentos basal, médio e apical de sua parede livre, na posição quatro câmaras e no segmento basal em duas câmaras. Enfim, podemos utilizar o Doppler tecidual pulsado em quase todos os segmentos recentemente estandardizados pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (Cerqueira et al., 2002).

As medidas incluem picos de velocidades ou amplitudes do(s) componente(s) sistólico (Sm), um ou dois componentes diastólicos (ondas Em e Am), a relação Em/Am, a duração e integral tempo-velocidade das ondas Sm, Em e Am, intervalo de tempo de contração isovolumétrica em eixos curto e apical (medida da onda Q do ECG até o início da onda Sm), medidas da onda Q do ECG até início das ondas Em e Am (Pai RG, Gill KS, 1998a; García-Fernández et al., 1998; Waggoner AD, Bierig SM, 2001) e medida do tempo de relaxamento isovolumétrico (medida do final da onda Sm até o início da onda Em). Diversos pesquisadores demonstraram a utilidade do Doppler pulsado tecidual na análise das funções sistólica e diastólica em pacientes adultos (Gulati et al., 1996; Azevedo et al., 1996; Sohn et al., 1997; Pai RG, Gill KS, 1998b; Severino et al., 1998).

Entretanto, existem muito pouco relatos de valores normais na população pediátrica, sendo que na literatura existem trabalhos com faixa etária bastante variável, chegando até a 19 anos (Rychik, Tian, 1996; Mori et al., 2000). Recentemente, Mori et al., 2004, estudaram um grupo de neonatos através do Doppler tecidual dentro das primeiras 24 horas de nascimento e outro até sete dias, verificando que ocorreram mudanças nos

valores ecocardiográficos do Doppler pulsado, no período neonatal precoce, provavelmente como reflexo de diferenças ocorridas nas adaptações dos ventrículos após o nascimento. Entretanto, não há na literatura, estudo que verifique as alterações após 30 dias com avaliação também da função radial e que inclua as novas técnicas de deformação miocárdica (*strain/strain rate*).

#### 1.4 - APLICAÇÕES CLÍNICAS DO DOPPLER TECIDUAL

##### A. *Sístole*

Sabemos que pacientes idosos apresentam velocidades sistólicas e também diastólicas menores se comparadas com as de pacientes mais jovens (Alam et al., 1999; Yamada et al., 1999). Diversos autores relataram que a velocidade sistólica ( $S_m$ ) tomada como média em diferentes posições apresentou boa correlação ( $r = 0,85$ ) com a fração de ejeção global do VE (Gulati et al., 1996; Nagueh et al., 1997). Há raros relatos que obtiveram velocidades do anel tricúspide (Alam et al., 1999). A doença coronária altera medidas de  $S_m$  e alguns pesquisadores demonstraram redução da velocidade em segmentos da parede lateral de pacientes com acometimento da artéria coronária circunflexa, embora a contratilidade da parede estivesse normal pela ecocardiografia bidimensional (Palmes et al., 2000).

Estudos têm surgido salientando a importância do Doppler tecidual em cores na determinação da resposta do miocárdio na presença de isquemia e resposta à efetividade da reperfusão (Derumeaux et al., 1998).

O Doppler tecidual tem sido também empregado na ecocardiografia de estresse. Os segmentos isquêmicos, durante infusão de dobutamina tiveram um aumento no pico de velocidade de Sm inferior a 90%. A falta de aumento da velocidade de Sm após protocolo de estresse com dobutamina indica isquemia com sensibilidade de 83% e especificidade de 87% (Yamada et al. 1998).

### ***B. Diástole***

Nas últimas duas décadas a Ecocardiografia Doppler tem assumido a posição de principal ferramenta complementar na avaliação da função diastólica. Entretanto os índices de enchimento ventricular esquerdo apresentam limitações, especialmente no chamado padrão de pseudonormalidade e estão muito sujeitos a variações da pré e pós-carga (Garcia et al., 1998). Isaz et al., 1993, foram os primeiros a utilizar o Doppler pulsado tecidual em corte apical quatro câmaras para obtenção das velocidades diastólicas. Provou-se, em estudos subseqüentes, que havia variação regional das velocidades Em e Am, à semelhança das velocidades sistólicas. A relação Em/Am é normalmente maior que 1,0 e a velocidade da onda Em normalmente é superior a 9 cm/s (Rodriguez L et al., 1996; Pai, Gill, 1998a; Yamada H et al., 1999). Mesmo na ocorrência de fibrilação atrial, a medida da velocidade Em foi acurada na identificação de função diastólica alterada (Sohn et al., 1999b).

Diversos pesquisadores têm relatado que, embora o pico de velocidade da onda E da valva mitral ao Doppler esteja alterado por mudanças na pré-carga ou pressão do átrio esquerdo (capilar pulmonar), a

velocidade da onda E não muda muito e efeitos da pré-carga parecem ser corrigidos pela relação E/Em (Nagueh et al. 1977; Sohn et al., 1997a). Dessa forma, muitos pesquisadores agora sugerem que a medida da onda Em é relativamente independente das cargas e superior aos índices convencionais do Doppler da valva mitral na avaliação do relaxamento do ventrículo esquerdo.

Há poucos trabalhos abordando função diastólica em crianças, especialmente em neonatos. A maioria analisa fluxos de enchimento do ventrículo esquerdo (valva mitral), fazendo distinção entre grupos de faixas etárias distintas (Harada et al., 1995; Schmitz et al., 1998; Harada et al., 1999; Kozák-Bárány et al., 2001).

Menos freqüentes são os estudos abordando fluxos das veias pulmonares em crianças (Harada et al., 1996) e função diastólica do ventrículo direito (Yasuoka et al., 1999; Okada et al., 2000). Mesmo o estudo da velocidade de propagação do fluxo da valva mitral ao modo-M em cores (Takatsuji et al., 1996) em neonatos ainda não foi feito de forma sistemática.

Após rever a literatura, concluímos que apesar de existirem diferentes relatos acerca do Doppler tecidual e função ventricular, padrões aceitáveis de valores de referência não estão estabelecidos para crianças, especialmente no período neonatal. Não existe também uma relação dos valores do Doppler tecidual comparando o padrão das funções sistólica e diastólica dos ventrículos direito e esquerdo. Da mesma forma, não encontramos na literatura comparação entre as medidas nas primeiras

horas de vida (ainda com a resistência vascular pulmonar alta) com aquelas obtidas em quatro semanas de vida (resistência pulmonar normalizada). A obtenção de valores de referência visa auxiliar de forma mais precisa na avaliação da função miocárdica em doenças cardíacas com geometrias ventriculares complexas, nas quais os índices convencionais são falhos e inadequados.

### *C. Índices de deformação miocárdica (Strain e Strain rate)*

Como a função miocárdica é definida como a habilidade do músculo cardíaco em desenvolver força, duas propriedades do músculo do ponto de vista mecânico são fundamentais: movimentação e deformação. De fato, quando uma força age em um corpo rígido, a Segunda Lei de Newton nos diz que essa força resultará em uma aceleração do corpo, que vai se manifestar como uma mudança na maneira em que o objeto se move. Além do mais, quando o corpo é elástico, essa mesma força pode ocasionar uma deformação no referido corpo. A extensão e direção dessa deformação, em relação à força, depende das propriedades elásticas do corpo (D'hooge, Rademakers, 2005).

A mobilidade regional do endocárdio é amplamente utilizada como modelo para avaliação da função miocárdica regional. Foi através desse conceito que muitos estudos angiográficos, nucleares e ecocardiográficos bidimensionais basearam-se (Quinones et al., 1981). Entretanto, uma melhor descrição da função miocárdica regional pode ser dada pela determinação do espessamento e afilamento da parede local, os quais

podem não estar necessariamente relacionados com a mobilidade endocárdica.

A técnica ideal para se descrever a função miocárdica regional seria aquela capaz de definir as características de deformação da parede em três dimensões e em tempo real. No momento atual a deformação regional tridimensional pode ser adquirida através da ressonância magnética enquanto a tomografia computadorizada e a tomografia por emissão de positron (SPECT/PET) são capazes de adquirir espessamento e afinamento das paredes em três dimensões (Budoff et al., 2005). Porém, nenhuma dessas técnicas em tempo real com a resolução temporal usada na prática clínica é capaz de definir todos os eventos mecânicos miocárdicos. Por outro lado, a aquisição em tempo real dos parâmetros de espessamento e afinamento podem ser obtidos através da ultra-sonografia pela escala de cinza e registro do modo-M, mas somente em uma dimensão e em um número limitado de regiões do miocárdio. Apesar da tendência de muitos autores em considerar que o encurtamento circunferencial é o principal componente da função sistólica ventricular sabemos que o espessamento da parede não ultrapassa 0,5 cm, enquanto a excursão da base ventricular em direção ao ápice é de aproximadamente 2,0 cm na sístole (Silva, 2003). O músculo cardíaco pode ser considerado um tecido incompressível e o seu volume (não a massa) permanece constante durante a deformação. Isso significa que a sua deformação longitudinal é inversamente proporcional às alterações observadas em sua espessura. Ou seja, quanto mais o músculo se

alonga, mais ele se afila, e, quanto mais ele se encurta, mais ele se espessa.

O Doppler tecidual é uma técnica ultra-sonográfica relativamente recente que, com seu formato atual, pode-se obter grande número de frames ou quadros/s (em geral acima de 180 quadros/s), podendo definir todas as velocidades miocárdicas médias ao longo de suas linhas de imagem. Vários estudos clínicos examinaram seu papel diagnóstico na determinação da função miocárdica regional de dados de velocidades em um grande número de doenças (Sengupta et al., 2002). Embora dados encorajadores tenham sido obtidos, ficou claro que o emprego isolado das velocidades do miocárdio tem duas importantes limitações: a amplitude da velocidade interrogada é dependente do ângulo no qual a região está sendo estudada e a movimentação global do coração, rotação e contração dos segmentos miocárdicos adjacentes vão influenciar a estimativa regional das velocidades.

Com o objetivo de superar alguns desses problemas a técnica do *strain rate* (SR) ultrasônico, ou em outras palavras, a taxa de deformação imaginológica, foi desenvolvida através da estimativa dos gradientes espaciais das velocidades miocárdicas. Através das curvas do *strain rate*, o *strain* ( $\epsilon$ ) local (isto é, as curvas de deformação regional) podem ser obtidas.

Essas novas técnicas de deformação miocárdica introduzem conceitos derivados de engenharia mecânica dos quais muitos ecocardiografistas não estão familiarizados. O método do *strain rate* através do Doppler tecidual

foi desenvolvido na “Norwegian University of Science and Technology” em Trondheim, na Noruega, resultando em tema central de duas teses de doutoramento, sendo uma em tecnologia (Heimdal, 1999) e outra em Medicina (Støylen, 2001). O método foi originalmente validado em modelo mecânico em cooperação com a Universidade de Leuven, Bélgica (Heimdal et al., 1998a), e descrito como um método em artigo clássico por Heimdal et al. em 1998b. Seguiram-se várias publicações, relacionando a obtenção da técnica e aplicabilidade clínica, relacionando-a com a ecocardiografia convencional, angiografia e ressonância nuclear magnética (Støylen et al., 1999; Voigt et al., 2000; Edvardsen et al., 2002). Urheim et al., 2000, validaram a técnica comparando o  $\epsilon$  ultrassônico com aquele obtido pela sonomicrometria e verificaram que os índices de deformação miocárdica também podem ser influenciados por alterações da pré-carga.

### C.1 Strain

*Strain* é definido como a deformação de um objeto em relação à sua forma original. Apesar do conceito apresentar certa complexidade, se imaginarmos um objeto unidimensional, as únicas deformações possíveis que ele pode sofrer são o alongamento ou encurtamento. A quantidade relativa da deformação expressa em porcentagem, constitui o *strain*.

O *strain* utiliza o símbolo  $\epsilon$  e pode ser definido pela equação abaixo:

$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$$

(1)

Onde  $\varepsilon$  é o *strain*,  $L_0$  é o comprimento original,  $L$  é o comprimento do objeto após a deformação. Desde que a mudança no comprimento é sempre relativa ao seu comprimento inicial, ele constitui uma quantidade sem dimensão e sempre expressa em porcentagem. Por convenção a equação (1) é definida de forma que o alongamento é representado por um valor positivo para o *strain*, enquanto que o encurtamento é representado por um valor negativo (Figura 1).

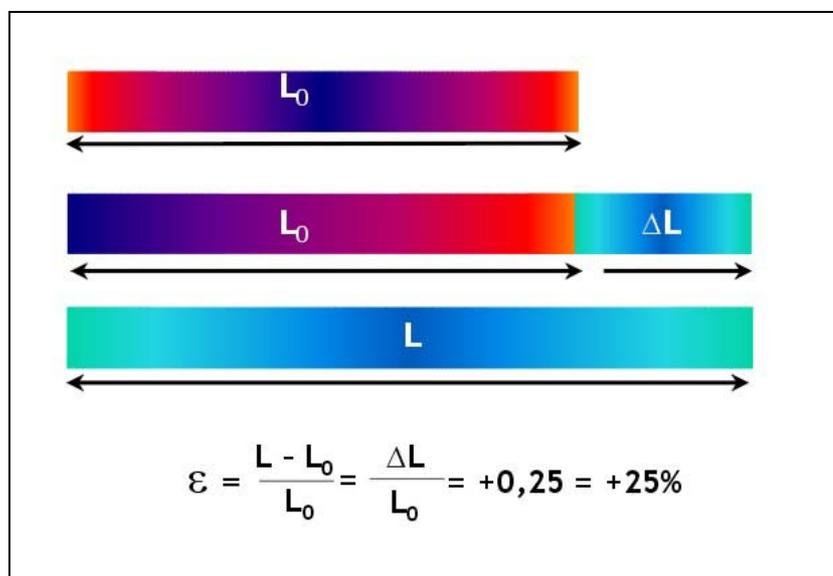


Figura 1 - Deformação de objeto unidimensional

A deformação (*strain*) de um objeto unidimensional está limitada ao seu alongamento ou encurtamento. Neste caso houve 25% de alongamento em relação a sua forma original ( $L_0$ ) e assim de acordo com a fórmula de Lagrangian existe um strain positivo de 25% ou 0,25. Este *strain* pode então ocorrer em taxas de repetição (SR) diferentes.

Quando o comprimento de um objeto não é apenas conhecido antes e depois da deformação, mas também durante o processo da deformação, o *strain* instantâneo pode ser definido e pode ser chamado de *strain* de Lagrangian. Entretanto, a deformação pode também ser expressa em relação ao comprimento existente em um instante de tempo prévio ( $dt$ ) que é um intervalo de tempo infinitesimalmente pequeno. Em outras

palavras, nesta definição de *strain* instantâneo, o valor de referência não é constante ao longo do tempo, mas modifica-se durante o processo de deformação, e é chamado de *strain* Eulerian ou natural.

Para as aplicações cardíacas ele tem sido o mais sugerido, pois nesse caso os valores medidos são menos dependentes da definição do comprimento inicial (D'hooge et al., 2000).

Toda essa teoria se emprega para a deformação unidimensional. Entretanto, um objeto em duas dimensões pode deformar-se ao longo dos eixos de x e y e pode deslocar-se e distorcer-se em direção às bordas direita ou esquerda. Matematicamente todos os componentes podem ser agrupados, constituindo em nove componentes de *strain* que definirão a deformação completa de um objeto tridimensional.

### C.2 Strain rate

Strain rate (SR) é a velocidade (taxa) na qual a deformação ( $\epsilon$ ) ocorre. Em outras palavras, constitui na deformação ou *strain* por unidade de tempo. Ele é representado pelo símbolo  $\dot{\epsilon}$  e pode ser definido pela equação abaixo:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\Delta\epsilon}{\Delta t}$$

(2)

A unidade do SR é 1/s ou  $s^{-1}$ . Embora  $s^{-1}$  seja de fato o mesmo que hertz (Hz), é preferível utilizá-la, já que a unidade Hz normalmente é usada para expressar uma mudança periódica.

Essa nova técnica avalia o gradiente de velocidades entre dois pontos próximos do miocárdio, o que parece ser um método mais lógico para avaliação da contratilidade segmentar.

Assim, o *strain rate* é a medida da velocidade de deformação do miocárdio, definida pela fórmula  $(V_2 - V_1)/d$ , onde  $V_1$  e  $V_2$  são as velocidades de encurtamento do miocárdio em dois pontos separados por uma distância  $d$  (Heimdal et al., 1998) (Figura 2).

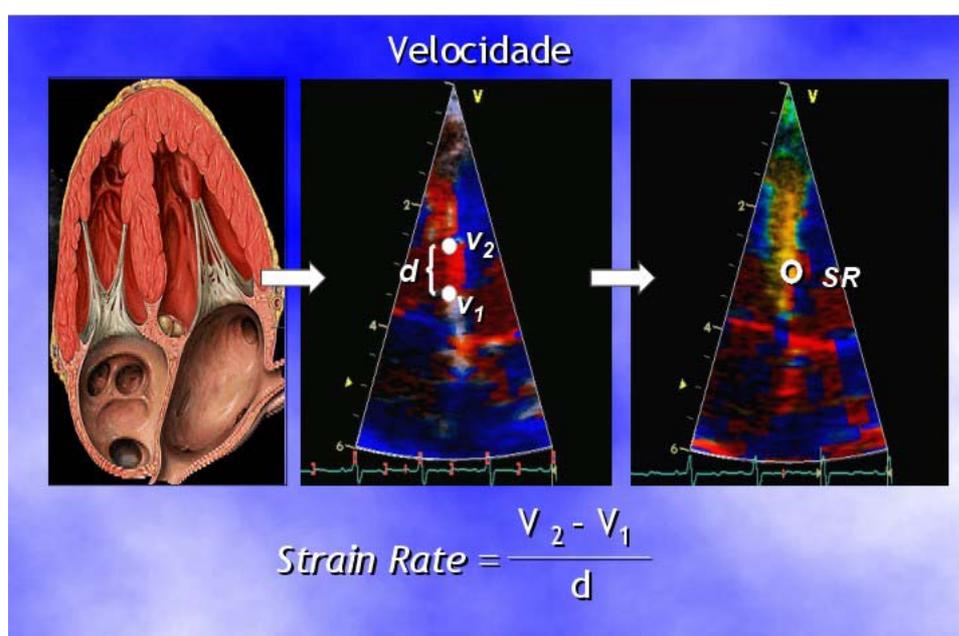


Figura 2 - *Strain Rate*

Diferente do DT, que mede a velocidade de movimentação de um dado ponto do miocárdio em relação ao transdutor (em cm/s), o strain rate (SR) mede as velocidades de movimentação do miocárdio em dois pontos adjacentes, ou seja a variação da velocidade destes 2 pontos naquela distância  $d$  (em mm). Essa distância  $d$  pode ser ajustada pelo operador e geralmente é cerca de 10 a 12 mm em pacientes adultos. Distâncias menores aumentam o grau de ruído, enquanto distâncias maiores diminuem a resolução do método. Esta medida fornece o gradiente intramiocárdico de velocidades por unidade de tempo (pós processado) e representa a taxa de deformação da fibra.

Essa medida fornece o gradiente intramiocárdico de velocidades por unidade de tempo. O SR é negativo durante o encurtamento, positivo durante o alongamento e teoricamente é mais adequado para a deformação

diastólica, isto é, a taxa de alongamento ou afilamento será positiva durante a diástole. Dessa forma dois objetos podem ter a mesmo valor de *strain*, mas diferentes taxas de deformação (SR). Como o SR é obtido através dos gradientes espaciais das velocidades a partir do emprego do Doppler tecidual, essas velocidades na verdade são projeções do verdadeiro vetor tridimensional de velocidades. Dessa forma, o SR pode ser medido de qualquer segmento miocárdico no qual a deformação seja paralela à imagem do setor ecocardiográfico (Kowalski et al., 2001). Este é um campo relativamente novo na ecocardiografia que parece ser muito promissor na avaliação da contratilidade regional, função sistólica e viabilidade miocárdica (Hoffmann et al., 2002). Não há, na literatura atual, nenhum trabalho utilizando essa técnica em neonatos.

## 1.5 - ALTERAÇÕES DO SISTEMA CARDIOVASCULAR DURANTE O PERÍODO PERINATAL

### A. *Circulação fetal*

A circulação fetal difere da extra-uterina, anatômica e funcionalmente. Ela é estruturada para suprir as necessidades de um organismo em crescimento rápido e num ambiente de hipóxia relativa (Mattos, 1999). Assim, durante a vida fetal os únicos órgãos de respiração são a placenta e os pulmões da mãe. Os pulmões do feto são preenchidos por líquido constituído por uma secreção especializada elaborada pelo epitélio respiratório (Stopfkunchen, 1987).

A circulação fetal tem que se adaptar a essa situação, apresentando as seguintes características:

- Os ventrículos direito e esquerdo trabalham em paralelo e não em série;
- O ventrículo direito (VD) ejeta cerca de dois terços do débito cardíaco total e predominantemente nutre os órgãos da porção inferior do corpo, incluindo a placenta;
- Existem shunts através do ductus arteriosus Botalli, através do forame oval e através do ductus venosus Arantii;
- Uma alta resistência pulmonar previne que haja fluxo pulmonar;
- A circulação da placenta, caracterizada por baixa pressão ocasiona uma baixa resistência vascular sistêmica;
- Existe uma equalização das pressões na aorta e na artéria pulmonar devido ao grande e patente canal arterial.

A maior parte do conhecimento sobre a circulação fetal deriva de estudos em fetos de carneiro, o que, devido às diferenças entre espécies, limita de certa forma a extrapolação de parâmetros hemodinâmicos e funcionais para humanos (Rudolph, Heymann, 1970; Geis et al., 1975).

## ***B. Circulação perinatal***

As mudanças no padrão do fluxo sanguíneo na época do nascimento e durante o período neonatal precoce são causados ou caracterizados pelos seguintes eventos:

- Com a expulsão fetal uma certa quantidade de fluido (5,0-10,0 ml) é passivamente eliminada da orofaringe e via aérea superior;
- O rechaço das paredes do tórax força a entrada de ar nas vias aéreas proximais. Esse fenômeno é seguido pela primeira inspiração ativa com pressão intrapleural negativa de até 80 cm<sup>2</sup> de água. Na adaptação à respiração do ar, o líquido ainda existente no pulmão deve ser eliminado para ser substituído pelo ar. Esse processo leva cerca de quatro a seis horas e é bastante provável que as catecolaminas tenham um papel causal nessa ocorrência;
- A pressão arterial pulmonar e a resistência vascular pulmonar reduzem rapidamente após o nascimento favorecendo um aumento no fluxo sanguíneo pulmonar de cinco a dez vezes. As mudanças iniciais e mais dramáticas ocorrem nas artérias pré-capilares (Hall, Haworth, 1987; Haworth, 1988). Cinco minutos após o nascimento as células endoteliais tornam-se mais achatadas, fazendo com que a parede do vaso fique mais fina e o diâmetro do lúmen aumente. Artérias pequenas e musculares, ainda não abertas, permanecem recrutadas na circulação pulmonar durante os primeiros quatro dias de vida. Os níveis de pressão arterial pulmonar do adulto são

alcançados em três a quatro semanas de vida. Num terceiro estágio, o remodelamento da trama vascular pulmonar continua até a vida adulta;

- A retirada da circulação placentária de baixa resistência aumenta levemente a resistência vascular sistêmica;
- O aumento do retorno de fluxo ao átrio esquerdo através das veias pulmonares, associado ao aumento da resistência vascular sistêmica faz com que a pressão do átrio esquerdo se eleve acima da do átrio direito, proporcionando fechamento do forame oval imediatamente após o nascimento;
- O canal arterial Botalli fecha funcionalmente 10 a 96 horas após o nascimento na maioria das crianças. O fechamento anatômico do canal em geral ocorre em duas a três semanas;
- Os ventrículos direito e esquerdo agora trabalham em série;
- O *ductus venosus* em geral fecha de uma a três horas após a eliminação da circulação placentária umbilical;
- O aumento da resistência vascular sistêmica junto com a dramática queda na resistência vascular pulmonar causa um reverso de fluxo através do canal arterial, o que contribui para o grande aumento no fluxo sanguíneo pulmonar, resultando num aumento da pré-carga do ventrículo esquerdo.

## **2. OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS

1. Estabelecer valores de referência da função sistólica e diastólica, longitudinal e radial para os ventrículos esquerdo e direito, utilizando-se o Doppler tecidual pulsado nas diferentes paredes e seus segmentos, em diferentes cortes ecográficos, em neonatos normais, durante as primeiras horas de vida;
2. Medir os índices de deformação miocárdica (*strain* e *strain rate*), nas direções radial e longitudinal, em diferentes paredes e segmentos dos ventrículos esquerdo e direito, obtendo-se valores normais para essa faixa etária, com o estabelecimento de valores de referência;
3. Comparar os valores das velocidades e índices de deformação miocárdica (*strain* e *strain rate*) entre as direções radial e longitudinal, entre os ventrículos esquerdo e direito e entre os diferentes segmentos das paredes;
4. Repetir o exame dos mesmos neonatos com cerca de quatro semanas, para registrar possíveis diferenças que possam ocorrer nas velocidades do Doppler tecidual e nos índices de deformação miocárdica (*strain* e *strain rate*), entre os períodos de alta e baixa resistência pulmonar;

5. Correlacionar as medidas obtidas pelo Doppler tecidual com as obtidas pelos índices de deformação miocárdica (*strain* e *strain rate*) durante a sístole, em dois períodos de vida de neonatos normais, para determinar o papel dos métodos na avaliação das mudanças hemodinâmicas de carga que ocorrem nesse grupo de pacientes.

### **3. CASUÍSTICA E MÉTODO**

### 3. CASUÍSTICA E MÉTODO

#### 3.1 - CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram incluídas neste estudo crianças recém-nascidas, de ambos os sexos, com idade gestacional normal, que apresentaram gestação a termo, sem complicações, com peso igual ou superior a 2.500g, índice de Apgar, no primeiro e quinto minutos, (baseado na frequência cardíaca, respiração, tônus muscular, cor da pele e irritabilidade reflexa) igual ou superior a 7 (Menkes, Sarnat, 2000), sem alterações ao exame clínico cardiológico no berçário e sem alterações ao exame ecocardiográfico Doppler basal. O forame oval permeável foi considerado achado normal nesta faixa etária e a persistência do canal arterial até o terceiro dia de vida foi considerado achado fisiológico.

#### 3.2 - CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídas do estudo crianças com idade superior a 96 horas, que apresentaram alterações ao exame físico detectadas pelo pediatra, prematuras, crianças com baixo peso, com evidências de sofrimento fetal, índice de Apgar no primeiro e quinto minutos inferior a 7, alterações no exame ecocardiográfico Doppler basal, história de doenças crônicas tais como hipertensão, diabetes, alcoolismo, tabagismo ou uso de drogas ilícitas pela mãe.

### 3.3 - CASUÍSTICA

De um total de 187 crianças, 55 foram estudadas num primeiro exame realizado na Maternidade Hilda Brandão, da Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte, com idade média de  $20,14 \pm 14,0$  horas, durante os meses de setembro a dezembro de 2004, constituindo o Grupo I. Deste grupo inicial, 30 crianças retornaram para um segundo exame que foi realizado após  $31,9 \pm 2,9$  dias de vida, constituindo o Grupo II.

O Grupo I foi constituído por 29 crianças do sexo masculino (52,7%). O peso e comprimento médios foram respectivamente  $3174 \pm 374$  g e  $49,21 \pm 2,25$  cm. Em todas as crianças foram medidos os perímetros cefálico, torácico e abdominal. O parto foi normal, via vaginal na maioria dos casos, perfazendo 76,4% do total. A idade média da mãe foi  $25,31 \pm 6,19$  anos. A idade média gestacional foi  $39,01 \pm 1,18$  semanas. Alguns dados clínicos encontram-se agrupados na Tabela 01GI.

Tabela 01GI - Dados clínicos de 55 neonatos normais do Grupo I

|        | Idade Gestacional<br>(semanas) | Peso<br>(g) | Comp.<br>(cm) | Superfície Corpórea<br>(m <sup>2</sup> ) | PTC<br>(cm) | PCC<br>(cm) | PAB<br>(cm) | Índice de Apgar |
|--------|--------------------------------|-------------|---------------|--|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Média  | 39,01                          | 3.174,36    | 49,21         | 0,200                                    | 32,69       | 34,09       | 31,01       | 9,09            |
| DP     | 1,18                           | 374,42      | 2,25          | 0,015                                    | 1,48        | 1,38        | 1,68        | 0,35            |
| Mínimo | 37,00                          | 2.545,00    | 43,00         | 0,170                                    | 30,00       | 32,00       | 28,00       | 8,00            |
| Máximo | 42,00                          | 4.015,00    | 56,00         | 0,230                                    | 36,00       | 37,00       | 35,00       | 10,00           |

Comp = comprimento; PTC = perímetro torácico; PCC = perímetro cefálico; PAB = perímetro abdominal. Índice de Apgar = Valor obtido no 5<sup>o</sup> minuto.

### 3.4 - MÉTODO

Todas as crianças foram submetidas inicialmente a exame clínico completo realizado por pediatra experiente, incluindo exame do aparelho cardiovascular. O estudo foi aprovado e realizado de acordo com as recomendações das Comissões de Ética do Instituto do Coração da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e da Maternidade Hilda Brandão da Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte. Todos os pais das crianças assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ver Anexo A).

O exame ecocardiográfico foi realizado com o equipamento Vivid 7® (GE-Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega), dotado de segunda harmônica e transdutor infantil multi-freqüencial eletrônico de 5,0 a 8,0 MHz. Os exames foram gravados em vídeo-cassete em tempo real e em formato digital (*compact disc*) para posterior análise. Todos os neonatos foram examinados acompanhados da mãe e às vezes do pai, deitados em decúbito dorsal, em ambiente calmo e com baixa luminosidade. Não houve qualquer tipo de sedação. Procedeu-se ao exame ecocardiográfico completo, com análise segmentar seqüencial (Tynan et al., 1979), com cortes ultra-sônicos em posições subcostal, paraesternal, apical e supraesternal na modalidade bidimensional e com utilização de Doppler pulsado e em cores.

Obtivemos uma derivação eletrocardiográfica com a colocação de três eletrodos infantis (Meditrace®) no tórax da criança. Foram obtidos, ao modo-M, dimensões da aorta (Ao), átrio esquerdo (AE), diâmetro diastólico

do ventrículo direito (VD), diâmetros diastólico e sistólico do ventrículo esquerdo (DdVE e DsVE), espessuras diastólicas do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo esquerdo (SIVd e PpVEd), volumes diastólico e sistólico finais do VE (Vdf e Vsf), fração de encurtamento do ventrículo esquerdo ( $\Delta d\%$ ) e fração de ejeção (FE) pelo método de Teichholz (Teichholz et al., 1976). Todas as medidas foram realizadas observando-se as recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (Schiller et al., 1989). A movimentação do septo interventricular foi verificada (discinética ou não), assim como a presença de forame oval. O canal arterial, se presente, teve o seu diâmetro medido em mm e o fluxo caracterizado como contínuo ou de predominância sistólica ao Doppler contínuo. Com a utilização do Doppler pulsado medimos o pico de velocidade da valva pulmonar em cm/s e o tempo de ejeção em ms. A valva tricúspide foi interrogada através do Doppler pulsado, sendo medido o tempo entre o seu fechamento até a abertura em ms. A insuficiência, se presente, foi melhor caracterizada com o emprego do Doppler contínuo e o pico de velocidade determinado para cálculo da pressão sistólica em artéria pulmonar, através da equação simplificada de Bernoulli (Nishimura et al., 1985). A pressão do átrio direito foi estimada em 5 mmHg para todas as crianças.

As valvas mitral e aórtica, assim como as valvas tricúspide e pulmonar foram registradas através do Doppler pulsado com os *clicks* de fechamento e abertura para caracterização posterior da temporização dos

eventos cardíacos. A velocidade de propagação do fluxo mitral em cm/s pelo modo-M em cores foi medida em posição apical quatro câmaras.

Procedemos então à obtenção do Doppler tecidual, empregando o Doppler tecidual pulsado em diferentes pontos do miocárdio, com amostra de volume reduzida (1,5 cm) e procurando colocá-la na porção central do miocárdio. Obtivemos as velocidades radiais, em corte paraesternal eixo transversal do ventrículo esquerdo, nos segmentos basal septal, basal posterior e médio posterior. Em seguida medimos as velocidades longitudinais do miocárdio do VE no corte apical 4 câmaras ao nível das paredes septal (segmentos basal, médio e apical) e lateral (segmentos basal, médio e apical); no corte apical duas câmaras ao nível das paredes inferior (segmentos basal, médio e apical) e anterior (segmentos basal, médio e apical). As velocidades do ventrículo direito foram obtidas nos cortes apicais, na posição apical 4 câmaras (segmentos basal, médio e apical) e na posição apical 2 câmaras (segmento basal). Atenção especial foi dada ao alinhamento do feixe do Doppler e das paredes para que a angulação fosse menor que 20° (Figura 3).

Três ciclos cardíacos consecutivos foram medidos durante respiração normal do neonato. Baseados nos padrões de velocidades das paredes foram medidas as velocidades de pico das ondas Sm, Em e Am, obtendo-se a média, desvio padrão e a relação Em/Am.

Os tempos de contração e relaxamento isovolumétricos do VE e VD foram medidos ao nível dos segmentos basal do septo interventricular e da parede livre do VD, respectivamente.

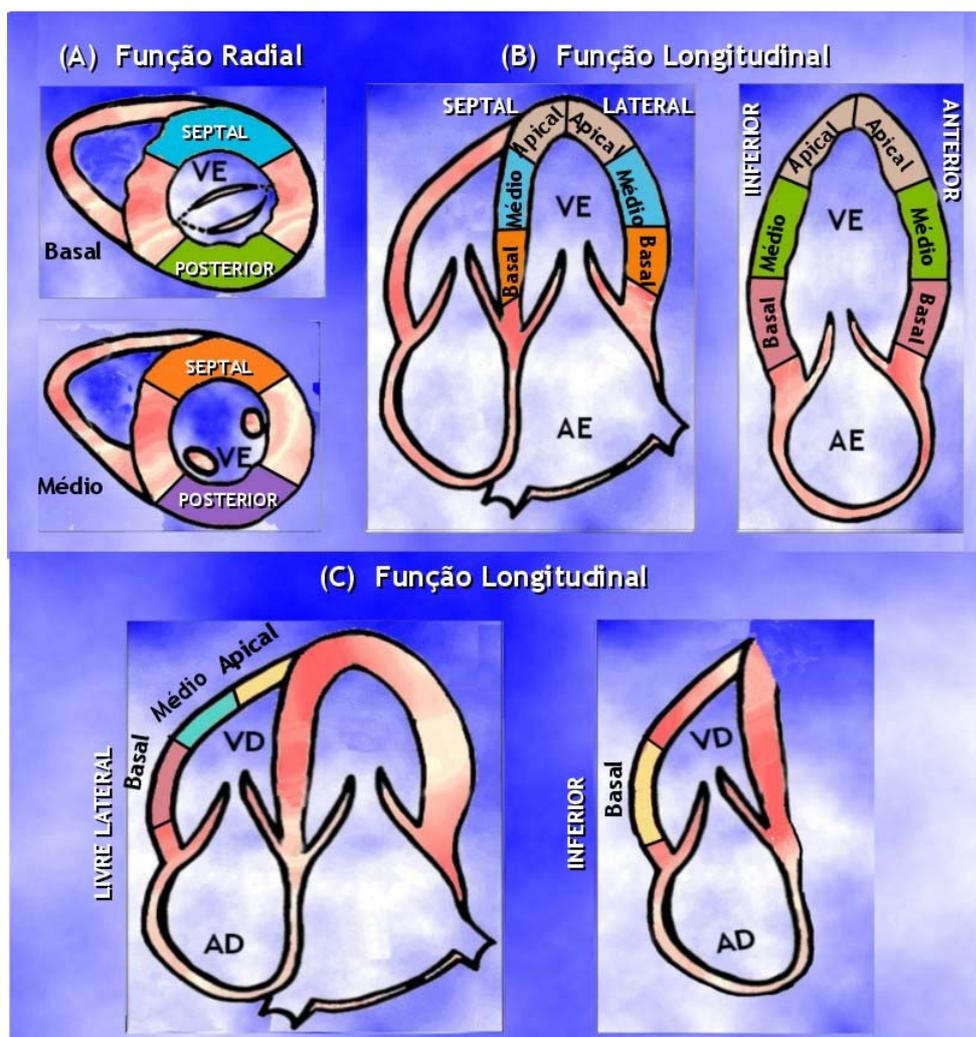


Figura 3 - Paredes e segmentos do VE e do VD

(A) No canto superior esquerdo representação esquemática de corte paraesternal eixo transversal dos ventrículos, nos segmentos basal e médio, relacionados às paredes septal e posterior, para avaliação da função radial. (B) No canto superior direito cortes apical de 4 e 2 câmaras das paredes septal, lateral, inferior e anterior com todos os seus segmentos (basal, médio e apical) para estudo da função longitudinal. (C) No canto inferior esquerdo corte apical 4 câmaras demonstrando segmentos basal, médio e apical da parede livre do ventrículo direito. No canto inferior direito corte apical 2 câmaras demonstrando segmento basal da parede posterior do VD. Ambos os cortes são utilizados para avaliação da função longitudinal.

Para a medida dos índices de deformação miocárdica (*strain/strain rate*) ajustes especiais no equipamento foram feitos para se obter uma taxa de quadros/s maior possível, com redução do ângulo setor do equipamento para 30° ou menos, redução da profundidade, utilização do recurso *tilt* para melhor alinhamento com o objetivo de manter cada parede no centro

do setor do feixe ultra-sônico, além do ajuste apropriado da escala de velocidade para se evitar o fenômeno de *aliasing*.

Foram registrados e armazenados digitalmente (em *compact disc*) três ciclos cardíacos completos e consecutivos em cada um dos diferentes cortes ecocardiográficos: corte paraesternal eixo transversal do VE segmento basal, corte paraesternal eixo transversal do VE segmento médio, apenas da parede posterior, para estudo da função radial; corte apical 4 câmaras paredes septal e lateral, 2 câmaras paredes inferior e anterior, corte apical 4 e 2 câmaras do VD, paredes livre lateral e inferior, para estudo da função longitudinal.

Em todos os estudos o número de quadros/s foi igual ou superior a 300 *frames/sec*. As imagens digitalizadas foram transferidas para computador dotado de programa específico de análise (Echo PAC PC™ aplicação SW by GE Vingmed Ultrasound versão 3.0.0. build 1375, versão beta de junho de 2003).

Dessa forma foi possível a computação dos valores do *strain rate* e *strain* regionais unidimensionais.

Inicialmente procedemos a temporização dos eventos cardíacos, medindo a abertura e fechamento das valvas aórtica e mitral através do Doppler pulsado para análise do ventrículo esquerdo e das valvas pulmonar e tricúspide para análise do ventrículo direito. Em seguida selecionamos os cortes ecográficos obtidos previamente, ajustando o comprimento da distância medida (SL = *strain length*) para 6 mm, utilizada nas medidas

radiais e longitudinais. Na análise propriamente dita ajustamos a área de amostra a uma altura de 1,0 mm, comprimento de 1,0 mm e ângulo de 0°.

Para cada curva de *strain rate* e *strain* foram realizadas as seguintes medidas: picos sistólico, diastólico inicial e final. Foram realizadas três medidas consecutivas para obtenção da média e desvio padrão em cada segmento das paredes nos cortes transversais e longitudinais (Figura 4, Anexo B).

### 3.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

O protocolo do estudo foi feito em um banco de dados construído em EpiData, versão 3.02 (Odense, Denmark) em que numa primeira etapa, dados gerais a respeito da criança e sua mãe, assim como medidas diretas realizadas durante o exame, como as do modo-M e Doppler pulsado tecidual foram anotadas. As imagens digitalizadas foram analisadas numa segunda etapa, para a medida dos índices de deformação miocárdica (*strain/strain rate*). Posteriormente, todos esses dados foram transferidos para o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, Chicago, IL) versão 12.0. Seguiu-se, após a verificação da consistência dos dados, com a análise descritiva das variáveis. As informações foram resumidas principalmente em tabelas e em alguns gráficos e sintetizadas por medidas de tendência central (média e mediana) e de variabilidade (desvio padrão). Os valores de referência, com abrangência de 95% da amostra foram obtidos pelo método da curva de Gauss e os dados calculados como média e  $\pm 2$  desvios-padrão (Soares, 1999).

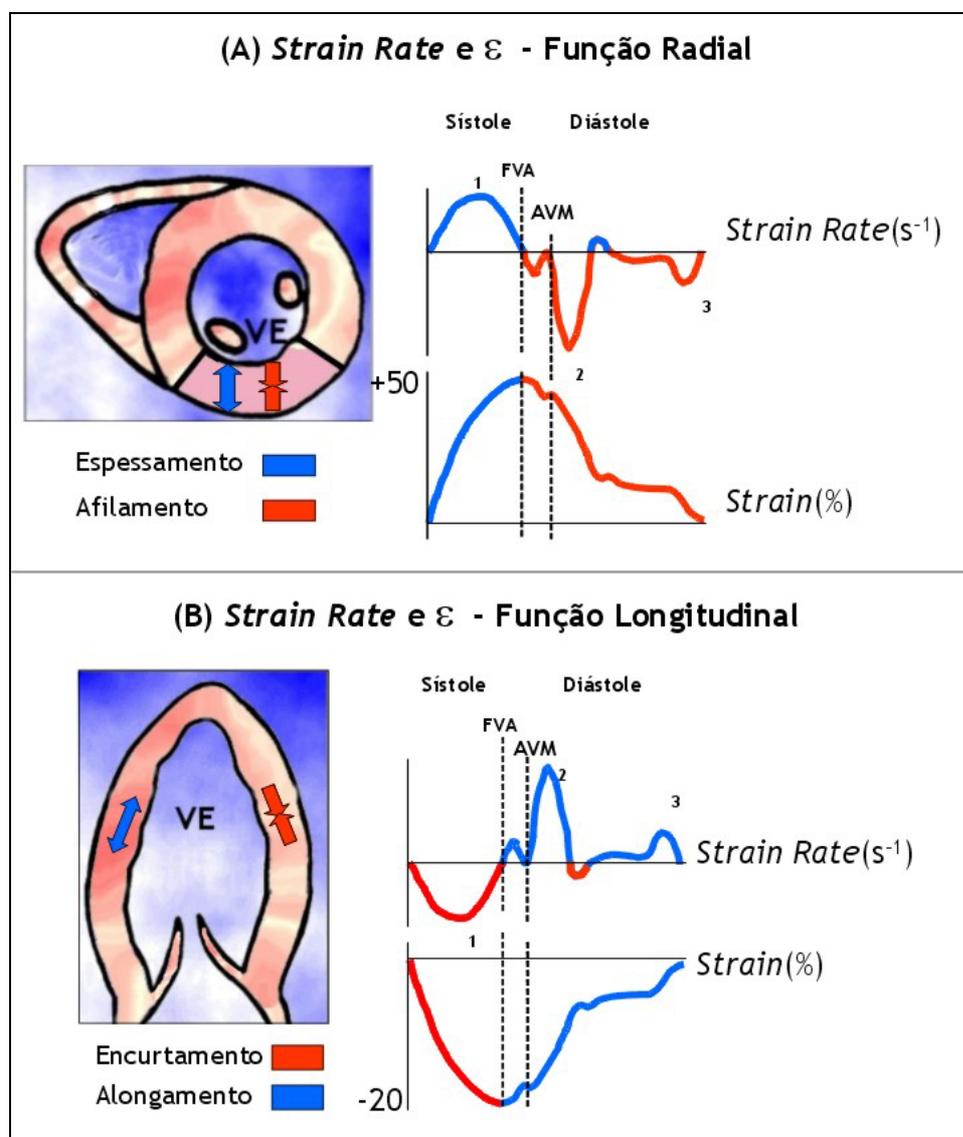


Figura 4 - *Strain Rate* / *Strain* - Função Radial(A) e Função Longitudinal(B)

Em A imagem bidimensional obtida em corte paraesternal ao nível dos músculos papilares. O SR sistólico de pico (1) foi utilizado como parâmetro de função sistólica e os picos inicial (2) e final (3) foram utilizados para estudar a função diastólica. A curva do  $\varepsilon$  sistólico também é ascendente durante a sístole devido ao espessamento e descendente durante a diástole (afilamento), sendo que seu componente diastólico inicial é menos claramente identificado.

Em B a imagem bidimensional foi obtida em corte apical 4 câmaras. O SR sistólico de pico (1) foi utilizado como parâmetro de função sistólica e os picos inicial (2) e final (3) foram utilizados para estudar a função diastólica. A curva do  $\varepsilon$  sistólico é descendente durante a sístole devido ao encurtamento e ascendente durante a diástole (alongamento), sendo que seu componente diastólico inicial é menos claramente identificado.

Foram comparadas medidas obtidas nos diferentes segmentos do ventrículo esquerdo, entre os diferentes segmentos do ventrículo direito e

ainda comparação entre os dois ventrículos com seus diferentes segmentos. Além disso, foram ainda comparadas as medidas obtidas no exame inicial (menos de 24 horas de vida) com aquelas obtidas após quatro semanas entre os mesmos indivíduos. As comparações entre as variáveis coletadas dos mesmos pacientes nos dois diferentes exames foram feitas através do teste *t* de *Student* pareado, utilizando um nível de significância (alfa) de 0,05 ou 5%.

Testamos ainda a correlação entre a velocidade sistólica e os índices de deformação miocárdica através do coeficiente de correlação de Spearman em segmentos selecionados de algumas paredes do coração. Essa correlação foi visualizada através de diagramas de dispersão.

A reprodutibilidade dos dados foi estudada através da variabilidade inter-examinador feita pelo autor e mais quatro investigadores experientes na técnica do Serviço de Ecocardiografia do *St. George's Hospital* de Londres, totalizando 24 medidas de diferentes segmentos para cada examinador, incluindo *strain* e *strain rate* sistólicos e do final da diástole (Anexo B). A variabilidade intra-examinador foi realizada nos mesmos segmentos, pelo autor, em duas ocasiões, com intervalo de seis semanas.

## **4. RESULTADOS**

## 4. RESULTADOS

No Grupo I constituído por 55 neonatos, o primeiro exame ecocardiográfico com Doppler foi realizado em  $20,14 \pm 14,0$  horas após o nascimento. Houve leve predominância do sexo masculino entre os neonatos (52,7%). Forame oval permeável com “shunt” esquerda-direita foi detectado em 50 crianças (90,9%).

O septo interventricular apresentou movimentação discinética em 81,4% dos neonatos, provavelmente por sobrecarga das câmaras direitas. O canal arterial persistente foi detectado em 37 crianças, correspondendo a 67,3% dos casos.

O diâmetro do canal medido ao exame bidimensional foi  $2,62 \pm 0,64$  mm e o fluxo ao Doppler teve predominância do padrão contínuo (94,3% dos casos).

### 4.1 - RESULTADOS DE ECOCARDIOGRAFIA MODO-M E BIDIMENSIONAL

Os dados ecocardiográficos convencionais de medidas do modo-M direcionadas pelo exame bidimensional estão dispostos na Tabela 02GI.

Tabela 02GI - Medidas ecocardiográficas convencionais em 55 neonatos normais - Grupo I

| Medidas  | Média ± DP   | Mediana | Mínima - Máxima |
|----------|--------------|---------|-----------------|
| AO (mm)  | 10,32 ± 0,79 | 10,20   | 8,90 - 12,80    |
| AE (mm)  | 13,05 ± 1,46 | 13,00   | 9,10 - 16,50    |
| VD (mm)  | 10,15 ± 1,95 | 10,20   | 5,50 - 14,60    |
| VEs (mm) | 10,92 ± 2,06 | 11,30   | 1,13 - 16,50    |
| VEd (mm) | 18,18 ± 2,17 | 18,40   | 13,70 - 25,50   |
| SIV (mm) | 3,16 ± 0,33  | 3,20    | 2,50 - 3,80     |
| Pp (mm)  | 2,89 ± 0,32  | 2,80    | 2,30 - 3,70     |
| VDF (ml) | 10,07 ± 2,98 | 9,94    | 4,73 - 23,52    |
| VSF (ml) | 2,93 ± 1,09  | 2,85    | 0,92 - 7,71     |
| FE ( % ) | 71,03 ± 5,55 | 70,89   | 57,96 - 84,83   |
| Δd ( % ) | 37,89 ± 4,53 | 37,80   | 48,62 - 101,27  |

Ao = aorta; AE = átrio esquerdo; VD = diâmetro diastólico do ventrículo direito; VEs = diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo; VEd = diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; SIV = espessura diastólica do septo interventricular; Pp = espessura diastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo; VDF = volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSF = volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FE = fração de ejeção do ventrículo esquerdo; Δd% = percentagem de encurtamento sistólico do diâmetro do ventrículo esquerdo.

#### 4.2 - RESULTADOS DE DOPPLER PULSADO, CONTÍNUO E EM CORES

O Doppler pulsado e em cores demonstrou sinais de insuficiência tricúspide em 22 neonatos (40%) do Grupo I, permitindo o cálculo da pressão sistólica em artéria pulmonar através da equação simplificada de Bernoulli (Nishimura et al., 1985).

Nenhuma criança apresentou sinais de hiperfluxo pulmonar medido ao Doppler pulsado (Tabela 03GI).

Tabela 03GI - Medidas do Doppler convencional em 55 crianças do Grupo I

| Medidas    | Velocidade de pico do fluxo pulmonar (cm/s) | Velocidade de pico da insuficiência tricúspide (cm/s) | Pressão sistólica em artéria pulmonar (mmHg) |
|------------|---|---|--|
| N          | 55  | 22  | 22   |
| Média e DP | 73,30 ± 10,55                               | 254,68 ± 45,81  | 30,94 ± 13,10                                |
| Média      | 72,97                                       | 242,94  | 30,26  |
| Mínimo     | 48,62                                       | 188,97  | 19,14  |
| Máximo     | 101,27                                      | 351,89  | 49,56  |

N= número de crianças em que as medidas foram realizadas; DP = desvio-padrão.

### 4.3 - RESULTADOS DE DOPPLER TECIDUAL

#### 4.3.1 - Análise do Grupo I

As velocidades medidas em cm/s foram feitas durante o exame ecocardiográfico utilizando o Doppler pulsado em diferentes paredes dos ventrículos, durante a contração e relaxamento inicial e tardio (ondas Sm, Em e Am).

Em algumas crianças não foi possível medir segmentos ou paredes inteiras por causa de artefatos causados por movimentação ou choro. A frequência cardíaca das crianças variou, durante o exame de 100 a 145 batimentos por minuto, sendo que em alguns casos aguardamos redução da frequência cardíaca para evitar fusão das ondas Em e Am na curva espectral.

As medidas do Grupo I estão agrupadas nas Tabelas 04GI e 05GI.

Tabela 04GI - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte paraesternal transversal (radial) do VE - Grupo I

| Corte                    | Segmento        | Onda      | Média ± DP  | Min-Max     | N  |
|--------------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|----|
| Paraesternal Transversal | Basal Septal    | Sm (cm/s) | 3,16 ± 0,99 | 1,17 - 6,78 | 51 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 3,74 ± 1,33 | 2,09 - 9,13 |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 3,02 ± 1,19 | 1,52 - 8,45 |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,30 ± 0,33 | 0,63 - 1,31 |    |
|                          | Basal Posterior | Sm (cm/s) | 4,56 ± 0,78 | 3,14 - 6,40 | 50 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 5,70 ± 1,50 | 2,89 - 8,79 |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 4,16 ± 1,30 | 2,50 - 7,34 |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,47 ± 0,47 | 0,60 - 2,53 |    |
|                          | Médio Posterior | Sm (cm/s) | 4,08 ± 0,83 | 1,65 - 5,97 | 51 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 5,73 ± 1,62 | 2,31 - 9,60 |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 3,84 ± 1,27 | 2,07 - 7,55 |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,62 ± 0,63 | 0,60 - 3,53 |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

Tabela 05GI - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VE - Grupo I

| Corte               | Segmento e Parede | Onda        | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|---------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal Septal      | Sm (cm/s)   | 4,62 ± 0,63 | 3,32-6,52  | 54 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 5,30 ± 1,08 | 2,83-8,07  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 5,58 ± 1,13 | 3,54-8,12  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 0,98 ± 0,24 | 0,57-1,63  |    |
|                     | Médio Septal      | Sm (cm/s)   | 3,00 ± 0,54 | 1,90-4,58  | 48 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 4,74 ± 1,12 | 2,70-7,55  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 3,99 ± 0,97 | 2,39-7,33  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,24 ± 0,38 | 0,66-2,33  |    |
|                     | Apical Septal     | Sm (cm/s)   | 1,91 ± 0,44 | 0,95-1,91  | 47 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 3,00 ± 0,99 | 1,64-6,63  | 46 |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 2,61 ± 0,68 | 1,51-2,61  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,20 ± 0,41 | 0,55-2,47  |    |
|                     | Basal Lateral     | Sm (cm/s)   | 5,34 ± 1,09 | 2,97-7,51  |    |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 6,69 ± 1,26 | 3,73-8,78  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 5,83 ± 1,42 | 2,49-10,02 |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,20 ± 0,26 | 0,54-1,77  |    |
|                     | Médio Lateral     | Sm (cm/s)   | 3,54 ± 0,94 | 1,98-6,18  | 45 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 5,20 ± 1,28 | 2,03-7,23  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 4,18 ± 1,15 | 2,15-6,87  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,30 ± 0,36 | 0,62-2,14  |    |
| Apical Lateral      | Sm (cm/s)         | 2,89 ± 0,63 | 1,18-4,03   | 45         |    |
|                     | Em (cm/s)         | 3,03 ± 0,79 | 1,44-4,68   | 46         |    |
|                     | Am (cm/s)         | 2,69 ± 0,83 | 1,53-4,95   |            |    |
|                     | Em/Am             | 1,20 ± 0,34 | 0,53-1,88   |            |    |

*continua*

Tabela 05GI - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VE - Grupo I (conclusão)

| Corte               | Segmento / Parede | Onda        | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|---------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|----|
| Apical 2<br>Câmaras | Basal /Inferior   | Sm (cm/s)   | 5,39 ± 0,80 | 3,45-7,11  | 44 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 6,95 ± 1,61 | 2,83-10,08 |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 7,04 ± 1,50 | 3,96-10,84 |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,02 ± 0,28 | 0,63-2,04  |    |
|                     | Médio /Inferior   | Sm (cm/s)   | 3,43 ± 0,62 | 2,12-5,08  | 43 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 5,34 ± 1,16 | 3,78-8,76  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 4,94 ± 1,11 | 2,44-7,59  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,12 ± 0,26 | 0,60-1,65  |    |
|                     | Apical /Inferior  | Sm (cm/s)   | 2,23 ± 0,59 | 1,34-4,06  | 43 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 3,51 ± 0,93 | 1,97-5,80  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 2,82 ± 0,75 | 1,34-4,90  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,31 ± 0,37 | 0,56-2,05  |    |
|                     | Basal /Anterior   | Sm (cm/s)   | 4,42 ± 1,00 | 2,57-6,77  | 44 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 5,69 ± 1,39 | 3,25-5,69  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 4,96 ± 1,46 | 2,39-8,87  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,20 ± 0,32 | 0,70-2,01  |    |
|                     | Médio /Anterior   | Sm (cm/s)   | 2,87 ± 0,58 | 1,77-4,34  | 43 |
|                     |                   | Em (cm/s)   | 4,21 ± 1,05 | 2,17-7,25  |    |
|                     |                   | Am (cm/s)   | 3,30 ± 1,08 | 1,64-6,30  |    |
|                     |                   | Em/Am       | 1,38 ± 0,45 | 0,58-2,32  |    |
| Apical /Anterior    | Sm (cm/s)         | 2,05 ± 0,65 | 1,20-3,87   | 43         |    |
|                     | Em (cm/s)         | 2,88 ± 0,64 | 1,92-5,03   |            |    |
|                     | Am (cm/s)         | 2,52 ± 1,02 | 1,30-6,30   |            |    |
|                     | Em/Am             | 1,28 ± 0,40 | 0,30-2,42   |            |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

A tabela 06GI demonstra as velocidades longitudinais da parede do ventrículo direito obtidas nos cortes de quatro e duas câmaras em posição apical.

Tabela 06GI - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VD - Grupo I

| Corte    | Segmento / Parede     | Onda      | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|----------|-----------------------|-----------|-------------|------------|----|
| Apical 4 |                       | Sm (cm/s) | 6,40 ± 1,10 | 4,31-8,99  |    |
| Câmaras  | Basal / Parede Livre  | Em (cm/s) | 7,37 ± 1,36 | 4,33-10,42 | 52 |
|          |                       | Am (cm/s) | 8,07 ± 1,46 | 4,59-11,79 |    |
|          |                       | Em/Am     | 0,94 ± 0,23 | 0,46-1,59  |    |
|          |                       | Sm (cm/s) | 4,50 ± 1,06 | 2,65-4,50  |    |
|          | Médio / Parede Livre  | Em (cm/s) | 6,46 ± 1,60 | 3,20-11,57 | 46 |
|          |                       | Am (cm/s) | 6,84 ± 1,31 | 3,88-9,77  |    |
|          |                       | Em/Am     | 0,99 ± 0,32 | 0,41-1,99  |    |
|          |                       | Sm (cm/s) | 3,46 ± 1,13 | 1,56-6,62  |    |
|          | Apical / Parede Livre | Em (cm/s) | 4,98 ± 1,23 | 2,71-8,05  | 45 |
|          |                       | Am (cm/s) | 5,36 ± 1,16 | 3,65-8,44  |    |
|          |                       | Em/Am     | 0,97 ± 0,30 | 0,40-1,71  |    |
|          |                       | Sm (cm/s) | 5,34 ± 1,32 | 2,67-8,51  |    |
| Apical 2 |                       | Sm (cm/s) | 5,34 ± 1,32 | 2,67-8,51  |    |
| Câmaras  | Basal / Inferior      | Em (cm/s) | 6,69 ± 1,47 | 3,16-9,16  | 46 |
|          |                       | Am (cm/s) | 7,18 ± 1,43 | 3,50-10,31 |    |
|          |                       | Em/Am     | 0,95 ± 0,22 | 0,54-1,37  |    |
|          |                       | Sm (cm/s) | 5,34 ± 1,32 | 2,67-8,51  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

A análise das velocidades demonstrou padrão de curva com morfologia diferente durante a sístole e a diástole, tanto a nível radial e longitudinal, quanto em diferentes paredes. Existiu uma tendência global de gradiente entre os diferentes segmentos das paredes, com redução progressiva dos picos das velocidades no ápice dos ventrículos (Figura 5).

A análise estatística pareada demonstrou, na análise da função radial, gradiente significativo da onda Sm entre os segmentos basal e médio da parede posterior (4,54 cm/s ± 0,80 *versus* 4,14 cm/s ± 0,68, p=0,001).

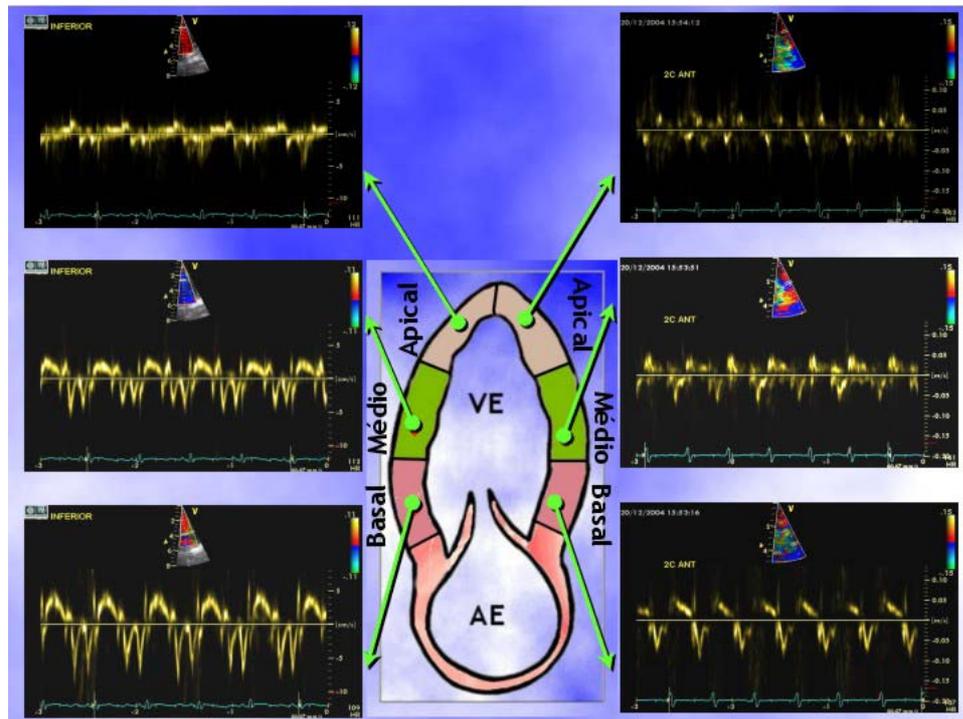


Figura 5 - Gradiente de velocidades do Doppler Tecidual

Varição típica das curvas de velocidade do Doppler pulsado regional, obtido nos segmentos basal, médio e apical das paredes inferior e anterior. A imagem bidimensional representa a posição apical 2 câmaras. Podemos verificar que há redução dos picos de velocidades de todas as ondas (Sm, Em e Am) nas duas paredes, demonstrando que existe gradiente de velocidade da base do coração em direção ao ápice. Podemos ainda observar que os picos de velocidades das ondas da parede inferior são superiores aos da parede anterior, com exceção do ápice.

Da mesma forma verificamos diferença estatisticamente significativa entre os picos de velocidade da onda Sm entre os segmentos basal, médio e apical das paredes septal, lateral, inferior e anterior do VE. O ventrículo direito também demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os segmentos de sua parede livre.

A onda Em apresentou comportamento semelhante em todos os segmentos, com exceção dos segmentos basal posterior e médio posterior ( $5,45 \text{ cm/s} \pm 1,44$  versus  $5,69 \text{ cm/s} \pm 1,68$ ,  $p=0,330$ ), ao corte paraesternal eixo transversal e padrão estatisticamente semelhante entre os segmentos

basal e médio da parede septal ( $5,07 \text{ cm/s} \pm 1,05$  versus  $4,76 \text{ cm/s} \pm 1,15$ ,  $p=0,086$ ) ao corte apical quatro câmaras.

A onda Am teve comportamento semelhante nos segmentos das paredes dos ventrículos esquerdo e direito, com exceção dos segmentos basal posterior e médio posterior ( $4,09 \text{ cm/s} \pm 1,32$  versus  $3,78 \text{ cm/s} \pm 1,32$ ,  $p=0,061$ ), ao corte paraesternal eixo transversal do VE.

A relação das ondas Em/Am foi significativamente maior quando comparamos os segmentos basal e médio da parede posterior e basal da parede septal e quando comparamos o segmento basal com o segmento médio da parede posterior (função radial).

Nas paredes septal e inferior a mesma relação foi maior nos segmentos médio e apical em relação ao basal. Tal comportamento não ficou evidente com as paredes lateral e anterior (vide Tabelas de 07GI a 11GI).

Tabela 07GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado radial no corte paraesternal transversal no Grupo I

| Segmento/Parede       | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|-----------------------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Basal/ Septal<br>X    | Sm (cm/s) | 3,17 ± 0,85 | 4,54 ± 0,80 | 39 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 3,62 ± 1,12 | 5,45 ± 1,44 |    | 0,000* |
|                       | Am (cm/s) | 3,03 ± 1,26 | 4,09 ± 1,32 |    | 0,000* |
| Basal/ Posterior      | Em/Am     | 1,28 ± 0,33 | 1,44 ± 0,48 |    | 0,114  |
| Basal/ Septal<br>X    | Sm (cm/s) | 3,19 ± 0,85 | 4,17 ± 0,69 | 40 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 3,68 ± 1,17 | 5,71 ± 1,66 |    | 0,000* |
|                       | Am (cm/s) | 3,04 ± 1,25 | 3,77 ± 1,31 |    | 0,003* |
| Médio/ Posterior      | Em/Am     | 1,29 ± 0,33 | 1,66 ± 0,67 |    | 0,004* |
| Basal/ Posterior<br>X | Sm (cm/s) | 4,54 ± 0,80 | 4,14 ± 0,68 | 39 | 0,001* |
|                       | Em (cm/s) | 5,45 ± 1,44 | 5,69 ± 1,68 |    | 0,330  |
|                       | Am (cm/s) | 4,09 ± 1,32 | 3,78 ± 1,32 |    | 0,061  |
| Médio/ Posterior      | Em/Am     | 1,44 ± 0,48 | 1,65 ± 0,68 |    | 0,023* |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 08GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado no corte apical 4C parede septal do VE no Grupo I.

| Segmento   | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p       |
|------------|-----------|-------------|-------------|----|---------|
| Basal<br>X | Sm (cm/s) | 4,53 ± 0,58 | 3,00 ± 0,55 | 39 | 0,0000* |
|            | Em (cm/s) | 5,07 ± 1,05 | 4,76 ± 1,15 |    | 0,0860  |
|            | Am (cm/s) | 5,35 ± 1,04 | 3,96 ± 1,03 |    | 0,0000* |
| Médio      | Em/Am     | 0,98 ± 0,24 | 1,26 ± 0,38 |    | 0,0000* |
| Basal<br>X | Sm (cm/s) | 4,50 ± 0,56 | 1,93 ± 0,46 | 39 | 0,0000* |
|            | Em (cm/s) | 5,06 ± 1,06 | 3,03 ± 1,07 |    | 0,0000* |
|            | Am (cm/s) | 5,34 ± 1,06 | 2,57 ± 0,70 | 38 | 0,0000* |
| Apical     | Em/Am     | 0,98 ± 0,24 | 1,23 ± 0,43 |    | 0,0000* |
| Médio<br>X | Sm (cm/s) | 2,99 ± 0,55 | 1,95 ± 0,43 | 38 | 0,0000* |
|            | Em (cm/s) | 4,75 ± 1,17 | 3,03 ± 1,07 |    | 0,0000* |
|            | Am (cm/s) | 3,97 ± 1,05 | 2,57 ± 0,70 |    | 0,0000* |
| Apical     | Em/Am     | 1,26 ± 0,38 | 1,23 ± 0,43 |    | 0,7270  |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 09GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 4C parede lateral do VE no Grupo I.

| Segmento | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|----------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Basal    | Sm (cm/s) | 5,39 ± 1,13 | 3,59 ± 0,97 | 37 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 6,68 ± 1,24 | 5,14 ± 1,31 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 5,82 ± 1,45 | 4,24 ± 1,24 |    | 0,000* |
| Médio    | Em/Am     | 1,20 ± 0,26 | 1,28 ± 0,38 |    | 0,170  |
| Basal    | Sm (cm/s) | 3,59 ± 0,97 | 2,36 ± 0,62 | 37 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 5,14 ± 1,31 | 2,98 ± 0,81 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 4,24 ± 1,24 | 2,72 ± 0,85 |    | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,28 ± 0,38 | 1,17 ± 0,36 |    | 0,175  |
| Médio    | Sm (cm/s) | 5,39 ± 1,13 | 2,36 ± 0,62 | 37 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 6,68 ± 1,24 | 2,98 ± 0,81 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 5,82 ± 1,45 | 2,72 ± 0,85 |    | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,20 ± 0,26 | 1,17 ± 0,36 |    | 0,647  |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 10GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 2C parede inferior do VE no Grupo I.

| Segmento | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|----------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Basal    | Sm (cm/s) | 5,46 ± 0,79 | 3,50 ± 0,62 | 36 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 6,87 ± 1,60 | 5,29 ± 1,19 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 7,03 ± 1,53 | 4,95 ± 1,18 |    | 0,000* |
| Médio    | Em/Am     | 1,01 ± 0,29 | 1,11 ± 0,27 |    | 0,019* |
| Basal    | Sm (cm/s) | 5,46 ± 0,79 | 2,25 ± 0,62 | 36 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 6,87 ± 1,60 | 3,52 ± 0,95 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 7,03 ± 1,53 | 2,80 ± 0,77 |    | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,01 ± 0,29 | 1,32 ± 0,36 |    | 0,000* |
| Médio    | Sm (cm/s) | 3,50 ± 0,62 | 2,25 ± 0,62 | 36 | 0,000* |
|          | Em (cm/s) | 5,29 ± 1,19 | 3,52 ± 0,95 |    | 0,000* |
|          | Am (cm/s) | 4,95 ± 1,18 | 2,80 ± 0,77 |    | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,11 ± 0,27 | 1,32 ± 0,36 |    | 0,004* |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 11GI - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 2C parede anterior do VE no Grupo I.

| Segmento | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N           | p      |        |
|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|
| Basal    | Sm (cm/s) | 4,43 ± 1,03 | 2,92 ± 0,58 | 36          | 0,000* |        |
|          | X         | Em (cm/s)   | 5,73 ± 1,37 | 4,26 ± 1,10 | 36     | 0,000* |
|          |           | Am (cm/s)   | 4,95 ± 1,53 | 3,30 ± 1,08 | 36     | 0,000* |
| Médio    | Em/Am     | 1,22 ± 0,34 | 1,40 ± 0,46 | 36          | 0,018* |        |
| Basal    | Sm (cm/s) | 4,43 ± 1,03 | 2,14 ± 0,67 | 36          | 0,000* |        |
|          | X         | Em (cm/s)   | 5,73 ± 1,37 | 2,91 ± 0,67 | 36     | 0,000* |
|          |           | Am (cm/s)   | 4,95 ± 1,53 | 2,55 ± 1,09 | 36     | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,22 ± 0,34 | 1,29 ± 0,41 | 36          | 0,388  |        |
| Médio    | Sm (cm/s) | 2,92 ± 0,58 | 2,14 ± 0,67 | 36          | 0,000* |        |
|          | X         | Em (cm/s)   | 4,26 ± 1,10 | 2,91 ± 0,67 | 36     | 0,000* |
|          |           | Am (cm/s)   | 3,30 ± 1,08 | 2,55 ± 1,09 | 36     | 0,000* |
| Apical   | Em/Am     | 1,40 ± 0,46 | 1,29 ± 0,41 | 36          | 0,168  |        |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico na diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

#### 4.3.1.1 - Outras comparações no VE

O comportamento dos componentes das velocidades nos diferentes segmentos das paredes dos ventrículos foi o seguinte:

A onda Sm apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível dos segmentos basal, médio e apical com velocidades mais altas na parede lateral quando comparadas com as medidas na parede septal. A parede inferior apresentou picos de velocidade da onda Sm estatisticamente superiores à parede anterior, em todos os segmentos (Tabela 12GI). Quando comparamos o pico de velocidade da onda Sm nos cortes paraesternal transversal e apical 4 câmaras, verificamos que os picos

de velocidade foram maiores na parede septal com exceção do segmento basal posterior, eixo curto do VE, ( $4,56 \text{ cm/s} \pm 0,78$  versus  $4,57 \text{ cm/s} \pm 0,57$   $p=0,913$ ).

A onda Em apresentou picos de velocidade significativamente maiores na parede inferior que na parede anterior em todos os segmentos. Na parede lateral a onda Em apresentou pico de velocidade superior à parede septal na porção basal. Na comparação dos picos de velocidades entre os cortes paraesternal transversal e apical 4 câmaras houve comportamento alternante: a onda Em teve pico de velocidade maior no segmento basal septal longitudinal em relação ao basal septal radial e o contrário ocorreu com o segmento médio.

A onda Am teve comportamento mais variável, apresentando picos de velocidade maiores na parede inferior em relação à parede anterior, com exceção do segmento apical. Ela demonstrou ainda redução da velocidade de pico estatisticamente significativa quando comparamos o segmento basal septal no corte paraesternal eixo transversal ao nível dos ventrículos com o segmento basal da parede septal no corte apical 4 câmaras ( $3,02 \pm 1,19 \text{ cm/s}$  versus  $5,57 \pm 1,12 \text{ cm/s}$ ) e ainda na comparação do segmento posterior no corte paraesternal eixo transversal dos ventrículos ( $4,16 \pm 1,30 \text{ cm/s}$ ) com o mesmo segmento basal da parede septal no corte apical 4 câmaras ( $5,58 \pm 1,13 \text{ cm/s}$ ).

O comportamento da relação Em/Am foi maior na parede anterior quando comparada à inferior (segmentos basal e médio), na parede lateral (segmento basal) em relação à septal. Da mesma forma a relação Em/Am

foi maior no corte transversal paredes septal e posterior quando comparada com a parede septal no corte apical 4 câmaras (Tabela 12GI e Figura 6).

Tabela 12GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado entre diferentes paredes e segmentos do VE no Grupo I

| Corte/Segmento/Parede | Onda          | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p           |
|-----------------------|---------------|-------------|-------------|----|-------------|
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X    | Sm (cm/s)     | 5,39 ± 0,81 | 4,40 ± 1,01 | 43 | 0,000*      |
|                       | Em (cm/s)     | 6,96 ± 1,62 | 5,74 ± 1,37 |    |             |
|                       | Am (cm/s)     | 7,00 ± 1,49 | 4,95 ± 1,47 |    |             |
|                       | 2C Ap/Bas/Ant | Em/Am       | 1,02 ± 0,28 |    |             |
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X    | Sm (cm/s)     | 3,43 ± 0,62 | 2,87 ± 0,58 | 43 | 0,000*      |
|                       | Em (cm/s)     | 5,34 ± 1,16 | 4,21 ± 1,05 |    |             |
|                       | Am (cm/s)     | 4,94 ± 1,11 | 3,30 ± 1,08 |    |             |
|                       | 2C Ap/Bas/Ant | Em/Am       | 1,12 ± 0,26 |    |             |
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X    | Sm (cm/s)     | 2,23 ± 0,59 | 2,05 ± 0,65 | 43 | 0,128       |
|                       | Em (cm/s)     | 3,51 ± 0,93 | 2,88 ± 0,64 |    | 0,000       |
|                       | Am (cm/s)     | 2,82 ± 0,75 | 2,52 ± 1,02 |    | 0,062       |
|                       | 2C Ap/Bas/Ant | Em/Am       | 1,31 ± 0,37 |    | 1,28 ± 0,40 |
| 4C Ap/Bas/Sep<br>X    | Sm (cm/s)     | 4,55 ± 0,56 | 5,34 ± 1,09 | 45 | 0,000*      |
|                       | Em (cm/s)     | 5,26 ± 1,08 | 6,69 ± 1,26 |    | 0,174       |
|                       | Am (cm/s)     | 5,48 ± 1,13 | 5,83 ± 1,42 |    | 0,000*      |
|                       | 4C Ap/Bas/Lat | Em/Am       | 0,99 ± 0,23 |    | 1,20 ± 0,26 |
| 4C Ap/Med/Sep<br>X    | Sm (cm/s)     | 3,00 ± 0,55 | 3,54 ± 0,94 | 45 | 0,002*      |
|                       | Em (cm/s)     | 4,71 ± 1,13 | 5,20 ± 1,28 |    | 0,065       |
|                       | Am (cm/s)     | 4,01 ± 0,99 | 4,18 ± 1,15 |    | 0,371       |
|                       | 4C Ap/Med/Lat | Em/Am       | 1,23 ± 0,38 |    | 1,30 ± 0,36 |
| 4C Ap/Api/Sep<br>X    | Sm (cm/s)     | 1,94 ± 0,42 | 2,31 ± 0,62 | 44 | 0,000*      |
|                       | Em (cm/s)     | 3,00 ± 1,01 | 3,03 ± 0,80 |    | 0,897       |
|                       | Am (cm/s)     | 2,59 ± 0,69 | 2,69 ± 0,84 |    | 0,518       |
|                       | 4C Ap/Api/Lat | Em/Am       | 1,21 ± 0,42 |    | 1,20 ± 0,35 |

*continua*

Tabela 12GI - Descritivas e teste *t* pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado entre diferentes paredes e segmentos do VE no Grupo I (*conclusão*).

| Corte/Segmento/Parede | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|-----------------------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Trans/Bas/Sep<br>X    | Sm (cm/s) | 3,16 ± 0,99 | 4,59 ± 0,57 | 51 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 3,74 ± 1,33 | 5,27 ± 1,09 |    |        |
|                       | Am (cm/s) | 3,02 ± 1,19 | 5,59 ± 1,12 |    |        |
| 4C Ap/Bas/Sep         | Em/Am     | 1,31 ± 0,33 | 0,97 ± 0,23 |    |        |
| Trans/Bas/Pos<br>X    | Sm (cm/s) | 4,56 ± 0,78 | 4,57 ± 0,57 | 50 | 0,913  |
|                       | Em (cm/s) | 5,70 ± 1,50 | 5,26 ± 1,10 |    | 0,055  |
|                       | Am (cm/s) | 4,16 ± 1,30 | 5,58 ± 1,13 |    | 0,000* |
| 4C Ap/Bas/Sep         | Em/Am     | 1,47 ± 0,47 | 0,97 ± 0,24 |    |        |
| Trans/Med/Pos<br>X    | Sm (cm/s) | 4,16 ± 0,80 | 3,00 ± 0,54 | 47 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 5,83 ± 1,61 | 4,71 ± 1,11 |    | 0,425  |
|                       | Am (cm/s) | 3,83 ± 1,31 | 4,00 ± 0,97 |    | 0,000* |
| 4C Ap/Med/Sep         | Em/Am     | 1,66 ± 0,64 | 1,23 ± 0,37 |    | 0,000* |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; Ap = corte apical; Trans = corte transversal; Bas = segmento basal; Med = segmento médio; Api = segmento apical; Inf = parede inferior; Ant = parede anterior; Sep = parede septal; Lat = parede lateral; Pos = parede posterior; \* = valor p com significância estatística.

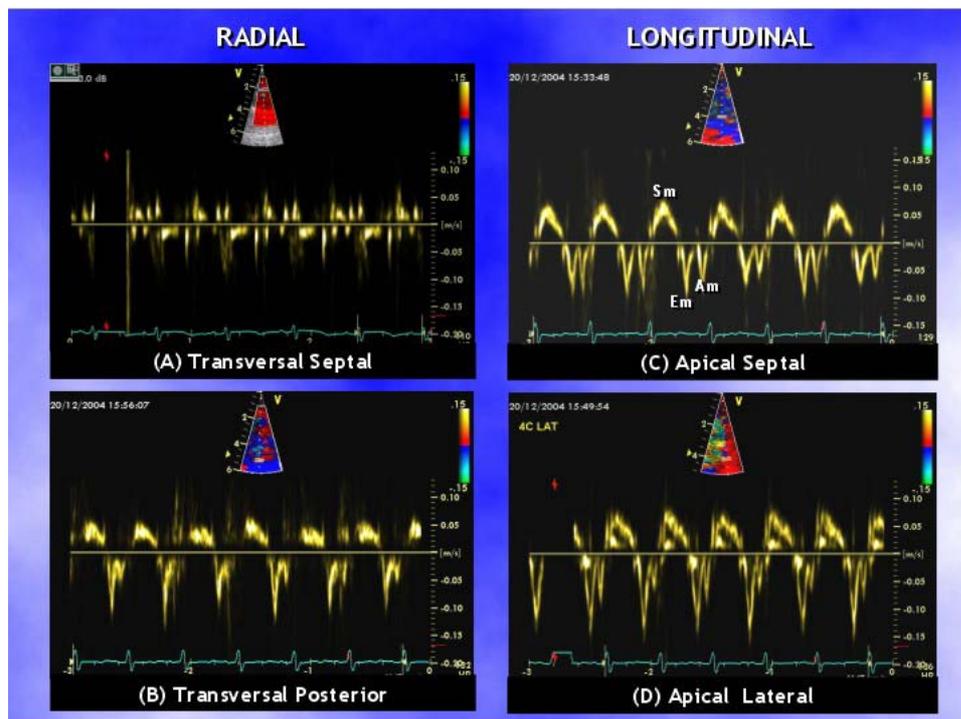


Figura 6 - Doppler tecidual pulsado utilizado para medida das velocidades.

À esquerda, em (A) a amostra de volume foi colocada na parede septal corte transversal dos ventrículos, com velocidade sistólica (onda Sm) negativa e velocidades diastólicas (ondas Em e Am) positivas. Em (B) a amostra de volume foi colocada na porção média da parede posterior e a onda Em é predominante. Em (C) a amostra de volume foi colocada na parede septal segmento basal na posição apical 4 câmaras para estudo da função longitudinal, demonstrando onda Sm positiva e ondas Em e Am negativas e em (D) a amostra de volume foi colocada na parede lateral no segmento correspondente. Observamos que a onda Em da parede lateral é superior à da parede septal, assim como a relação onda Em/Am.

Quando comparamos as velocidades longitudinais entre os ventrículos esquerdo e direito, incluindo as paredes inferior, anterior e lateral do VE, verificamos picos de velocidades da onda Sm do ventrículo direito persistentes e significativamente superiores em relação aos picos de velocidade do ventrículo esquerdo ( $p=0,00$ ). A onda Em da parede livre do VD apresentou pico de velocidade superior à onda Em do VE nas paredes lateral, anterior e septal em todos os segmentos estudados. Apenas o segmento basal da parede inferior do VE não mostrou pico de velocidade

estatisticamente menor em relação ao VD ( $6,96 \pm 1,62$  cm/s *versus*  $7,35 \pm 1,43$  cm/s),  $p=0,223$ .

A onda Am do VD apresentou pico de velocidade superior à onda Am do VE comparando as paredes lateral, inferior e septal, englobando todos os segmentos. Já a relação onda Em/Am foi inferior no VD em relação ao VE (devido ao pico de velocidade maior da onda Am), exceto nos segmentos basal das paredes inferior e septal (Tabela 13GI).

Tabela 13GI - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em paredes e segmentos do VD x VE no Grupo I

| Ventrículo Corte/<br>Segmento/Parede | Onda      | Média ± DP      | Média ± DP      | N  | p      |
|--------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|----|--------|
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | $6,40 \pm 1,17$ | $5,31 \pm 1,09$ | 44 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | $7,38 \pm 1,43$ | $6,64 \pm 1,24$ |    | 0,008* |
|                                      | Am (cm/s) | $8,18 \pm 1,46$ | $5,76 \pm 1,36$ |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Bas/Lat                     | Em/Am     | $0,93 \pm 0,22$ | $1,20 \pm 0,27$ |    |        |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | $4,48 \pm 1,08$ | $3,52 \pm 0,95$ | 44 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | $6,38 \pm 1,58$ | $5,18 \pm 1,29$ |    | 0,001* |
|                                      | Am (cm/s) | $6,91 \pm 1,26$ | $4,17 \pm 1,16$ |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Med/Lat                     | Em/Am     | $0,95 \pm 0,28$ | $1,30 \pm 0,37$ |    |        |
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | $3,41 \pm 1,11$ | $2,27 \pm 0,63$ | 44 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | $4,91 \pm 1,15$ | $3,00 \pm 0,77$ |    | 0,000* |
|                                      | Am (cm/s) | $5,37 \pm 1,17$ | $2,67 \pm 0,84$ |    | 0,001* |
| VE 4C Ap/Api/Lat                     | Em/Am     | $0,95 \pm 0,29$ | $1,20 \pm 0,35$ |    |        |
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | $6,40 \pm 1,19$ | $5,39 \pm 0,81$ | 43 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | $7,35 \pm 1,43$ | $6,96 \pm 1,62$ |    | 0,223  |
|                                      | Am (cm/s) | $8,16 \pm 1,48$ | $7,00 \pm 1,49$ |    | 0,000* |
| VE 2C Ap/Bas/Inf                     | Em/Am     | $0,93 \pm 0,23$ | $1,02 \pm 0,28$ |    | 0,103  |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | $4,50 \pm 1,08$ | $3,43 \pm 0,62$ | 43 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | $6,36 \pm 1,59$ | $5,34 \pm 1,16$ |    | 0,000* |
|                                      | Am (cm/s) | $6,85 \pm 1,19$ | $4,94 \pm 1,11$ |    | 0,005* |
| VE 2C Ap/Med/Inf                     | Em/Am     | $0,96 \pm 0,28$ | $1,12 \pm 0,26$ |    |        |

*continua*Tabela 13GI - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em paredes e segmentos do VD x VE no Grupo I (*conclusão*)

| Ventriculo/Corte/<br>Segmento/Parede | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | 3,42 ± 1,12 | 2,23 ± 0,59 | 43 | 0,000* |
|                                      | Em (cm/s) | 4,96 ± 1,12 | 3,51 ± 0,93 |    |        |
|                                      | Am (cm/s) | 5,40 ± 1,17 | 2,82 ± 0,75 |    |        |
| VE 2C Ap/Api/Inf                     | Em/Am     | 0,96 ± 0,29 | 1,31 ± 0,37 |    |        |
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | 3,43 ± 1,12 | 1,92 ± 0,42 | 43 | 0,000  |
|                                      | Em (cm/s) | 4,96 ± 1,12 | 3,01 ± 1,02 |    |        |
|                                      | Am (cm/s) | 5,39 ± 1,18 | 2,59 ± 0,70 |    |        |
| VE 4C Ap/Api/Sep                     | Em/Am     | 0,96 ± 0,29 | 1,22 ± 0,42 |    |        |
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | 6,40 ± 1,10 | 4,62 ± 0,63 | 52 | 0,000  |
|                                      | Em (cm/s) | 7,37 ± 1,36 | 5,31 ± 1,07 |    | 0,000  |
|                                      | Am (cm/s) | 8,07 ± 1,46 | 5,55 ± 1,15 |    | 0,000  |
| VE 4C Ap/Bas/Sep                     | Em/Am     | 0,94 ± 0,23 | 0,99 ± 0,24 |    | 0,273  |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X                 | Sm (cm/s) | 4,50 ± 1,06 | 2,99 ± 0,53 | 46 | 0,000  |
|                                      | Em (cm/s) | 6,46 ± 1,60 | 4,77 ± 1,13 |    |        |
|                                      | Am (cm/s) | 6,84 ± 1,31 | 3,98 ± 0,98 |    |        |
| VE 4C Ap/Med/Sep                     | Em/Am     | 0,99 ± 0,32 | 1,26 ± 0,38 |    |        |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; Ap = corte apical; Trans = corte transversal; Bas = segmento basal; Med = segmento médio; Api = segmento apical; Inf = parede inferior; Ant = parede anterior; Sep = parede septal; Lat = parede lateral; PL = parede livre do VD; \* = valor p com significância estatística.

#### 4.3.2 - Análise do Grupo II

O Grupo II foi constituído por 30 crianças com cerca de  $31,9 \pm 2,9$  dias, que retornaram para repetição do exame. Em todas elas o canal arterial havia fechado e o forame oval não estava pérvio. Como não houve sedação, o número de segmentos das paredes obtidos para o estudo com o

Doppler tecidual pulsado foi menor devido ao fato da criança estar mais ativa em comparação ao exame inicial, causando dificuldades para a obtenção destes dados que são coletados de forma imediata e instantânea. A frequência cardíaca neste grupo variou de 120 a 170 bpm durante o exame, sendo que em alguns casos tivemos que aguardar a redução da frequência cardíaca para evitar fusão das ondas Em e Am e em outros não conseguimos obter a curva do Doppler pulsado tecidual instantaneamente.

As medidas das velocidades estão agrupadas nas Tabelas 04GII, 05GII e 06GII. De maneira global, percebemos um aumento global dos picos de velocidades de ambos os ventrículos, nas diferentes paredes e segmentos, quando comparados àqueles obtidos no Grupo I.

Tabela 04GII - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte paraesternal transversal (radial) do VE - Grupo II

| Corte                    | Segmento        | Onda      | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|--------------------------|-----------------|-----------|-------------|------------|----|
| Paraesternal Transversal | Basal Septal    | Sm (cm/s) | 3,72 ± 0,98 | 2,29-6,57  | 17 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 4,75 ± 0,96 | 3,62-7,52  |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 4,44 ± 0,94 | 3,10-6,43  |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,10 ± 0,25 | 0,77-1,71  |    |
|                          | Basal Posterior | Sm (cm/s) | 5,63 ± 0,71 | 4,32-7,12  | 19 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 7,82 ± 2,20 | 4,16-12,36 |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 6,33 ± 1,37 | 3,91-9,22  |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,29 ± 0,39 | 0,59-1,91  |    |
|                          | Médio Posterior | Sm (cm/s) | 5,44 ± 0,92 | 4,20-7,98  | 19 |
|                          |                 | Em (cm/s) | 8,40 ± 1,99 | 5,37-12,73 |    |
|                          |                 | Am (cm/s) | 5,74 ± 1,54 | 3,81-9,07  |    |
|                          |                 | Em/Am     | 1,54 ± 0,44 | 0,71-2,34  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico na diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

Tabela 05GII - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VE - Grupo II

| Corte            | Segmento | Onda      | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|------------------|----------|-----------|-------------|------------|----|
| Apical 4 câmaras |          |           |             |            |    |
| Basal Septal     |          | Sm (cm/s) | 6,14 ± 0,89 | 5,02-8,75  | 24 |
|                  |          | Em (cm/s) | 8,54 ± 1,79 | 5,72-12,57 |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 8,19 ± 1,53 | 5,83-12,80 |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,07 ± 0,25 | 0,67-1,69  |    |
| Médio Septal     |          | Sm (cm/s) | 4,28 ± 1,08 | 2,81-7,35  | 22 |
|                  |          | Em (cm/s) | 7,47 ± 1,51 | 5,00-10,93 |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 5,82 ± 1,87 | 4,04-11,43 |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,36 ± 0,34 | 0,66-2,08  |    |
| Apical Septal    |          | Sm (cm/s) | 2,76 ± 0,54 | 2,12-4,08  | 21 |
|                  |          | Em (cm/s) | 4,98 ± 1,31 | 3,19-9,43  |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 4,04 ± 1,29 | 2,29-7,58  |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,30 ± 0,28 | 0,58-1,71  |    |
| Basal Lateral    |          | Sm (cm/s) | 6,22 ± 1,47 | 3,40-9,12  | 21 |
|                  |          | Em (cm/s) | 9,13 ± 2,38 | 5,82-14,10 |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 7,45 ± 1,84 | 4,45-12,33 |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,26 ± 0,31 | 0,74-1,82  |    |
| Médio Lateral    |          | Sm (cm/s) | 4,34 ± 1,21 | 2,14-6,28  | 21 |
|                  |          | Em (cm/s) | 7,63 ± 2,17 | 4,29-12,19 |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 5,83 ± 1,88 | 2,79-9,54  |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,40 ± 0,46 | 0,69-2,74  |    |
| Apical Lateral   |          | Sm (cm/s) | 3,10 ± 0,70 | 1,52-4,22  | 21 |
|                  |          | Em (cm/s) | 5,17 ± 1,20 | 3,21-7,34  |    |
|                  |          | Am (cm/s) | 3,91 ± 0,82 | 2,28-6,02  |    |
|                  |          | Em/Am     | 1,36 ± 0,33 | 0,74-2,02  |    |

Continua

Tabela 05GII - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VE - Grupo II (*conclusão*)

| Corte            | Segmento        | Onda      | Média ± DP  | Min-Max    | N  |
|------------------|-----------------|-----------|-------------|------------|----|
| Apical 2 câmaras |                 |           |             |            |    |
|                  | Basal Inferior  | Sm (cm/s) | 6,74 ± 1,04 | 4,24-8,96  | 20 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 9,85 ± 2,21 | 6,65-15,14 |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 8,90 ± 1,87 | 5,49-12,97 |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,14 ± 0,26 | 0,68-1,73  |    |
|                  | Médio Inferior  | Sm (cm/s) | 4,51 ± 0,62 | 3,24-5,69  | 20 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 7,48 ± 1,28 | 5,45-10,13 |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 6,31 ± 0,87 | 4,64-8,35  |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,22 ± 0,28 | 0,70-1,94  |    |
|                  | Apical Inferior | Sm (cm/s) | 3,05 ± 0,51 | 2,07-3,83  | 19 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 5,18 ± 1,31 | 2,96-7,43  |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 4,04 ± 0,88 | 2,41-5,41  |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,34 ± 0,38 | 0,55-2,15  |    |
|                  | Basal Anterior  | Sm (cm/s) | 5,28 ± 1,17 | 3,27-7,83  | 18 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 8,38 ± 2,14 | 5,33-12,53 |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 6,50 ± 2,00 | 4,20-10,36 |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,37 ± 0,40 | 0,70-1,97  |    |
|                  | Médio Anterior  | Sm (cm/s) | 3,80 ± 1,05 | 2,55-6,66  | 17 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 6,51 ± 1,42 | 4,84-10,74 |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 4,73 ± 1,37 | 3,28-8,57  |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,43 ± 0,25 | 1,02-1,80  |    |
|                  | Apical Anterior | Sm (cm/s) | 2,87 ± 0,49 | 1,90-3,55  | 17 |
|                  |                 | Em (cm/s) | 4,58 ± 1,37 | 3,15-8,51  |    |
|                  |                 | Am (cm/s) | 3,35 ± 0,88 | 1,67-5,35  |    |
|                  |                 | Em/Am     | 1,38 ± 0,30 | 1,01-2,33  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico na diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

Tabela 06GII - Velocidades do Doppler tecidual pulsado em cortes apical 4 e 2 câmaras (longitudinal) do VD - Grupo II (*conclusão*)

| Corte               | Segmento               | Onda      | Média ± DP   | Min-Max    | N  |
|---------------------|------------------------|-----------|--------------|------------|----|
| Apical 4<br>câmaras | Basal Parede<br>Livre  | Sm (cm/s) | 8,52 ± 1,64  | 6,25-11,30 | 21 |
|                     |                        | Em (cm/s) | 11,42 ± 3,30 | 6,57-20,90 |    |
|                     |                        | Am (cm/s) | 10,11 ± 2,30 | 6,65-13,90 |    |
|                     |                        | Em/Am     | 1,18 ± 0,35  | 0,59-1,91  |    |
|                     | Médio Parede<br>Livre  | Sm (cm/s) | 6,26 ± 1,30  | 4,03-8,73  | 19 |
|                     |                        | Em (cm/s) | 9,72 ± 2,51  | 6,20-15,60 |    |
|                     |                        | Am (cm/s) | 8,82 ± 2,92  | 5,49-16,07 |    |
|                     |                        | Em/Am     | 1,18 ± 0,38  | 0,60-1,90  |    |
|                     | Apical Parede<br>Livre | Sm (cm/s) | 4,05 ± 0,63  | 2,83-5,17  | 19 |
|                     |                        | Em (cm/s) | 6,53 ± 1,68  | 3,09-9,10  |    |
|                     |                        | Am (cm/s) | 5,64 ± 1,50  | 3,35-9,51  |    |
|                     |                        | Em/Am     | 1,20 ± 0,26  | 0,56-1,62  |    |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal Inferior         | Sm (cm/s) | 7,25 ± 1,61  | 5,13-10,63 | 20 |
|                     |                        | Em (cm/s) | 8,90 ± 2,04  | 5,16-12,70 |    |
|                     |                        | Am (cm/s) | 8,87 ± 2,73  | 3,24-14,73 |    |
|                     |                        | Em/Am     | 1,09 ± 0,38  | 0,54-2,24  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; n = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico na diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am.

Novamente verificamos uma tendência global de gradiente entre os diferentes segmentos das paredes, com redução progressiva dos picos das velocidades no ápice dos ventrículos. Tal fato foi claramente demonstrado nas paredes septal, lateral, inferior e anterior com seus respectivos segmentos (vide Tabelas 08GII, 09GII, 10GII e 11GII no Anexo D). As velocidades radiais mostraram comportamento muito semelhantes àqueles obtidos no Grupo I, com aumento significativo das ondas Sm, Em e Am em relação à parede septal. Entretanto, não houve diferença quando

comparamos as ondas Sm, Em e Am do segmento basal posterior com as respectivas ondas do segmento médio da mesma parede (corte paraesternal corte transversal) (vide tabela 07GII no Anexo D).

Na comparação entre as paredes do ventrículo esquerdo e seus respectivos segmentos, verificamos que a parede inferior apresentou picos de velocidade da onda Sm estatisticamente superiores à parede anterior, em todos os segmentos. Entretanto não houve predominância de picos de velocidades mais altos na parede lateral em relação à septal, como observado no Grupo I. Os picos de velocidade da onda Sm da parede septal foram superiores aos medidos no corte paraesternal transversal do VE em todos os segmentos.

A onda Em demonstrou picos de velocidade maiores na parede inferior em relação à parede anterior, exceto no segmento apical ( $p=0,11$ ). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as paredes septal e lateral nos diferentes segmentos. Da mesma forma a onda Em só teve aumento significativo no segmento basal da parede septal quando comparada ao segmento basal da parede septal transversal.

A onda Am, da mesma forma apresentou velocidades de pico superiores na parede inferior, incluindo todos os segmentos em comparação com a parede anterior. Não houve diferença estatisticamente significativa dos picos de velocidade das paredes septal e lateral nos diferentes segmentos. A parede septal apical apresentou velocidades superiores às dos segmentos basal septal e posterior do VE corte paraesternal transversal.

A relação onda Em/Am foi maior nas porções basal e média da parede anterior em relação à parede inferior e na porção basal da parede lateral em relação à septal (vide Tabela 12GII no Anexo D).

Na comparação pareada das velocidades do VD em relação ao VE, verificamos que a onda Sm mostrou aumento dos picos de velocidade de forma consistente na parede livre do VD em comparação com as paredes lateral, inferior e septal do VE com todos os segmentos. A onda Em também apresentou pico de velocidade maior no VD quando comparado com as paredes lateral e septal do VE. Apenas não houve significância estatística quando comparamos o pico de velocidade do segmento basal do VD com o basal da parede inferior ( $11,49 \pm 3,47$  cm/s versus  $9,73 \pm 2,21$  cm/s),  $p=0,07$ . Os picos de velocidade da onda Am dos segmentos do VD foram persistentemente superiores aos obtidos nas paredes anterior, inferior e septal. A relação Em/Am do VD não demonstrou diferença significativa, quando comparada à relação das outras paredes e segmentos, com exceção da parede septal, segmento médio ( $1,37 \pm 0,37$ ), em relação ao segmento médio da parede livre do VD ( $1,18 \pm 0,38$ ),  $p = 0,043$  (vide Tabela 13GII no Anexo D).

#### 4.4 - RESULTADOS DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA (*STRAIN/STRAIN RATE*)

As imagens em movimento, com cerca de três ciclos cardíacos com o Doppler tecidual (*clips*) foram captadas no formato digital e analisadas posteriormente com técnica já descrita. Os dados tiveram qualidade

satisfatória e muito poucos segmentos das paredes anterior (n=6), lateral (n=3), inferior (n=1) e septal (n=1), principalmente relacionados à diástole inicial ou final, foram eliminados da análise final (cerca de 3%). Essa pequena porcentagem foi excluída devido principalmente a artefatos de reverberação. Em todas as crianças realizamos medidas do *strain rate* (SR) sistólico, diastólico inicial e final e *strain* ( $\epsilon$ ) sistólico, diastólico inicial e final, analisando as funções longitudinal e radial. Obtivemos assim os valores do Grupo I (neonatos com  $20,14 \pm 14,0$  horas de vida) e Grupo II (neonatos com  $31,9 \pm 2,9$  dias de vida). As tabelas 14GI e 15GI demonstram, a seguir, os valores do SR sistólico, diastólico inicial e final e  $\epsilon$  sistólico, diastólico inicial e final da função longitudinal do Grupo I.

Tabela 14GI - Valores normais - *Strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função regional longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo I

| Corte               | Segmento/Parede | Componente         | Média $\pm$ DP   | Min / Max       | N  |
|---------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal Septal    | Sistólico          | $-1,89 \pm 0,60$ | $-4,26 / -1,23$ | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | $3,19 \pm 1,57$  | $1,12 / 9,28$   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | $2,39 \pm 0,90$  | $1,12 / 4,56$   |    |
|                     | Médio Septal    | Sistólico          | $-1,82 \pm 0,46$ | $-4,17 / -1,16$ | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | $2,86 \pm 1,28$  | $1,22 / 7,84$   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | $2,10 \pm 0,97$  | $0,70 / 5,74$   |    |
|                     | Apical Septal   | Sistólico          | $-1,66 \pm 0,25$ | $-2,35 / -1,1$  | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | $3,16 \pm 1,30$  | $1,33 / 8,77$   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | $2,28 \pm 1,24$  | $1,16 / 6,15$   |    |
|                     | Basal Lateral   | Sistólico          | $-1,83 \pm 0,37$ | $-3,08 / -1,17$ | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | $3,15 \pm 1,53$  | $1,16 / 7,18$   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | $2,12 \pm 1,29$  | $0,42 / 6,70$   |    |

*continua*

Tabela 14GI - Valores normais - *Strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função regional longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo I (conclusão)

| Corte               | Segmento/Parede | Componente         | Média ± DP   | Min / Max     | N  |
|---------------------|-----------------|--------------------|--------------|---------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Médio Lateral   | Sistólico          | -1,67 ± 0,30 | -3,35 / -1,19 | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 2,96 ± 1,19  | 1,04 / 6,98   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,04 ± 1,09  | 0,45 / 5,50   |    |
|                     | Apical Lateral  | Sistólico          | -1,66 ± 0,22 | -2,29 / -1,2  | 52 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 2,82 ± 1,14  | 0,57 / 7,00   | 53 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 1,87 ± 0,79  | 0,90 / 4,79   | 53 |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal Inferior  | Sistólico          | -1,81 ± 0,32 | -3,09 / -1,1  | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 3,00 ± 0,90  | 0,67 / 5,09   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,16 ± 0,81  | 0,77 / 4,14   |    |
|                     | Médio Inferior  | Sistólico          | -1,84 ± 0,31 | -3,08 / -1,29 | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 2,88 ± 0,99  | 1,18 / 5,36   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,08 ± 0,93  | 0,79 / 6,20   |    |
|                     | Apical Inferior | Sistólico          | -1,90 ± 0,31 | -2,8 / -1,33  | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 3,33 ± 1,18  | 1,27 / 6,16   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,42 ± 0,82  | 1,26 / 5,26   |    |
|                     | Basal Anterior  | Sistólico          | -1,89 ± 0,43 | -3,37 / -1,36 | 51 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 3,36 ± 1,54  | 1,08 / 7,93   | 51 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,42 ± 1,36  | 0,91 / 8,11   | 50 |
|                     | Médio Anterior  | Sistólico          | -1,71 ± 0,29 | -2,67 / -1,18 | 52 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 3,38 ± 1,78  | 0,81 / 11,21  | 52 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,22 ± 1,11  | 0,67 / 6,14   | 51 |
|                     | Apical Anterior | Sistólico          | -1,58 ± 0,30 | -2,62 / -0,9  | 50 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 2,94 ± 1,22  | 1,11 / 6,17   | 50 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 2,30 ± 1,37  | 0,66 / 6,82   | 49 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

Tabela 15GI - Valores Normais - *Strain* (unidade %) - Função regional longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo I

| Corte               | Segmento/Parede | Componente         | Média ± DP    | Min / Max       | N  |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal Septal    | Sistólico          | -25,86 ± 4,83 | -42,03 / -21,03 | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 17,43 ± 4,57  | 7,87 / 29,37    |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,70 ± 3,14   | 1,37 / 14,33    |    |
|                     | Médio Septal    | Sistólico          | -24,85 ± 3,40 | -33,73 / -18,8  | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 17,15 ± 3,71  | 11,27 / 27,07   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,40 ± 2,17   | 3,03 / 11,47    |    |
|                     | Apical Septal   | Sistólico          | -24,23 ± 3,08 | -33,83 / -19,7  | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,05 ± 3,11  | 9,13 / 22,87    |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,21 ± 2,30   | 2,93 / 13,07    |    |
|                     | Basal Lateral   | Sistólico          | -24,46 ± 3,82 | -35,93 / -19,4  | 53 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,81 ± 3,58  | 10,30 / 26,73   |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,15 ± 2,54   | 3,43 / 13,33    |    |
|                     | Médio Lateral   | Sistólico          | -24,36 ± 3,53 | -34,07 / -19,4  | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,98 ± 3,20  | 9,37 / 25,97    |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,34 ± 3,02   | 2,30 / 17,30    |    |
|                     | Apical Lateral  | Sistólico          | -24,40 ± 3,48 | -35,13 / -18,27 | 53 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 17,16 ± 3,67  | 9,90 / 29,47    |    |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,14 ± 2,72   | 2,67 / 17,53    |    |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal Inferior  | Sistólico          | -25,11 ± 3,13 | -33,53 / -20,07 | 54 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,41 ± 3,46  | 7,87 / 26,97    | 52 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 8,24 ± 2,76   | 3,67 / 16,53    | 53 |
|                     | Médio Inferior  | Sistólico          | -25,37 ± 3,09 | -36,1 / -20,8   | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,78 ± 3,00  | 8,33 / 24,33    | 53 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,62 ± 2,36   | 3,60 / 15,03    | 54 |
|                     | Apical Inferior | Sistólico          | -25,41 ± 3,63 | -34,17 / -20,87 | 55 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 16,62 ± 2,98  | 10,20 / 26,17   | 54 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 8,11 ± 2,38   | 2,87 / 13,93    | 55 |
|                     | Basal Anterior  | Sistólico          | -25,81 ± 5,55 | -47,43 / -19,33 | 51 |
|                     |                 | Diastólico Inicial | 17,88 ± 4,44  | 10,80 / 31,67   | 50 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,04 ± 3,00   | 2,83 / 17,30    | 51 |

continua

Tabela 15GI - Valores Normais - *Strain* (unidade %) - Função regional longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo I (*conclusão*)

| Corte               | Segmento/Parede | Componente         | Média ± DP    | Min / Max       | N  |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|----|
| Apical 2<br>Câmaras |                 | Sistólico          | -25,28 ± 4,19 | -39,57 / -20,47 | 51 |
|                     | Médio Anterior  | Diastólico Inicial | 17,49 ± 4,24  | 10,30 / 30,43   | 50 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,31 ± 4,17   | 2,43 / 30,40    | 51 |
| Apical Anterior     |                 | Sistólico          | -24,61 ± 3,17 | -33,47 / -20,77 | 49 |
|                     | Apical Anterior | Diastólico Inicial | 16,93 ± 3,35  | 8,60 / 25,57    | 48 |
|                     |                 | Diastólico Final   | 7,19 ± 2,39   | 2,90 / 11,80    | 49 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

#### 4.4.1 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo no Grupo I

A parede septal foi a que apresentou diferenças mais pronunciadas nas medidas dos índices de deformação miocárdica. Verificamos diferença significativa quando comparamos as medidas do SR e ε sistólicos do segmento basal em relação ao apical ( $-1,90 \pm 0,61$ ,  $-25,90 \pm 4,90$  versus  $-1,66 \pm 0,25$ ,  $-24,23 \pm 3,08$ ),  $p=0,04$  e  $p=0,02$ . Na comparação entre os segmentos médio e apical, o SR demonstrou redução significativa no segmento apical ( $-1,82 \pm 0,46$ , versus  $-1,66 \pm 0,25$ ),  $p=0,01$ , assim como o ε ( $-25,89\% \pm 4,87\%$ , vs  $-24,23\% \pm 3,08\%$ ),  $p=0,02$ . Já os dois componentes diastólico inicial e final do SR demonstraram aumento significativo da medida no segmento apical em relação ao médio da parede inferior. O ε diastólico inicial demonstrou redução significativa de sua percentagem no segmento apical quando comparado aos basal e médio e apical da parede septal. Verificamos ainda não homogeneidade do SR sistólico na parede lateral, apresentando redução estatisticamente significativa na comparação entre os segmentos basal e médio ( $-1,83 \pm 0,37$ , versus  $-1,67 \pm 0,30$ ),

$p=0.010$  e basal e apical ( $-1,84 \pm 0,37$  versus  $-1,66 \pm 0,22$ );  $p= 0,002$ . A parede anterior também apresentou diferença no valor do SR sistólico na comparação entre os segmentos basal e médio em relação ao segmento apical. O  $\epsilon$  sistólico não demonstrou diferença entre os segmentos das paredes anterior, lateral e inferior. (Tabelas 16GI e 17GI).

Tabela 16GI - *Strain Rate* (unidades  $^{-1}$ )- Comparação entre componentes, paredes e segmentos do ventrículo esquerdo no Grupo I

| Corte               | Componente | Parede   | Segmento | Média  | N  | p      |
|---------------------|------------|----------|----------|--------|----|--------|
| Apical 4<br>Câmaras |            |          | Basal    | -1,90  | 55 | 0,280  |
|                     |            |          | Médio    | -1,82  |    |        |
|                     | Sistólico  | Septal   | Basal    | -1,90  | 54 | 0,004* |
|                     |            |          | Apical   | -1,66  |    |        |
|                     |            |          | Médio    | -1,82  | 54 | 0,010* |
|                     |            |          | Apical   | -1,66  |    |        |
|                     | Lateral    |          | Basal    | -1,83  | 53 | 0,010* |
|                     |            |          | Médio    | -1,67  |    |        |
|                     |            |          | Basal    | -1,84  | 51 | 0,002* |
|                     |            |          | Apical   | -1,66  |    |        |
|                     | Médio      | -1,67    | 52       | 0,839  |    |        |
|                     | Apical     | -1,66    |          |        |    |        |
| Apical 2<br>Câmaras |            |          | Basal    | -1,81  | 54 | 0,318  |
|                     |            |          | Médio    | -1,85  |    |        |
|                     | Sistólico  | Inferior | Basal    | -1,81  | 54 | 0,146  |
|                     |            |          | Apical   | -1,90  |    |        |
|                     |            |          | Médio    | -1,85  | 55 | 0,339  |
|                     |            |          | Apical   | -1,90  |    |        |
|                     | Anterior   |          | Basal    | -1,84  | 48 | 0,079  |
|                     |            |          | Médio    | -1,72  |    |        |
|                     |            |          | Basal    | -1,85  | 47 | 0,003* |
|                     |            |          | Apical   | -1,60  |    |        |
|                     | Médio      | -1,71    | 49       | 0,027* |    |        |
|                     | Apical     | -1,59    |          |        |    |        |

*continua*

Tabela 16GI: *Strain Rate* (unidades  $s^{-1}$ )- Comparação entre componentes, paredes e segmentos do ventrículo esquerdo no Grupo I

| Corte               | Componente          | Parede             | Segmento | Média  | N    | p      |       |
|---------------------|---------------------|--------------------|----------|--------|------|--------|-------|
| Apical 4<br>Camaras | Diastólico Inicial  | Septal             | Basal    | 3,19   | 55   | 0,114  |       |
|                     |                     |                    | Médio    | 2,88   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Basal    | 3,20   | 54   | 0,822  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 3,16   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Médio    | 2,88   | 54   | 0,135  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 3,16   |      |        |       |
|                     | Apical 2<br>Camaras | Diastólico Inicial | Inferior | Basal  | 3,15 | 53     | 0,403 |
|                     |                     |                    |          | Médio  | 2,95 |        |       |
|                     |                     |                    | Anterior | Basal  | 3,17 | 52     | 0,118 |
|                     |                     |                    |          | Apical | 2,81 |        |       |
|                     |                     |                    | Anterior | Médio  | 2,98 | 53     | 0,447 |
|                     |                     |                    |          | Apical | 2,82 |        |       |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Inicial  | Inferior           | Basal    | 3,00   | 54   | 0,440  |       |
|                     |                     |                    | Médio    | 2,88   |      |        |       |
|                     |                     | Anterior           | Basal    | 3,00   | 54   | 0,096  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 3,32   |      |        |       |
|                     |                     | Anterior           | Médio    | 2,88   | 55   | 0,032* |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 3,33   |      |        |       |
|                     | Diastólico Final    | Septal             | Basal    | 3,38   | 48   | 0,898  |       |
|                     |                     |                    | Médio    | 3,42   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Basal    | 3,34   | 47   | 0,222  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 2,95   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Médio    | 3,37   | 49   | 0,130  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 2,91   |      |        |       |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Inicial  | Septal             | Basal    | 2,38   | 55   | 0,069  |       |
|                     |                     |                    | Médio    | 2,10   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Basal    | 2,34   | 54   | 0,702  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 2,28   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Médio    | 2,11   | 54   | 0,391  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 2,28   |      |        |       |
|                     | Diastólico Final    | Septal             | Basal    | 2,14   | 53   | 0,742  |       |
|                     |                     |                    | Médio    | 2,06   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Basal    | 2,16   | 52   | 0,145  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 1,87   |      |        |       |
|                     |                     | Lateral            | Médio    | 2,06   | 53   | 0,285  |       |
|                     |                     |                    | Apical   | 1,86   |      |        |       |

*continua*

Tabela 16GI - *Strain Rate* (unidades  $s^{-1}$ )- Comparação entre componentes, paredes e segmentos do ventrículo esquerdo no Grupo I (*conclusão*)

| Corte               | Componente       | Parede   | Segmento | Média  | N     | p      |       |
|---------------------|------------------|----------|----------|--------|-------|--------|-------|
| Apical 2<br>Câmaras |                  |          | Basal    | 2,16   | 54    | 0,713  |       |
|                     |                  |          | Médio    | 2,10   |       |        |       |
|                     |                  | Inferior | Basal    | 2,16   | 54    | 0,077  |       |
|                     |                  |          | Apical   | 2,40   |       |        |       |
|                     | Diastólico Final |          | Médio    | 2,08   | 55    | 0,038* |       |
|                     |                  |          | Apical   | 2,42   |       |        |       |
|                     | Anterior         |          |          | Basal  | 2,52  | 47     | 0,336 |
|                     |                  |          |          | Médio  | 2,27  |        |       |
|                     |                  |          |          | Basal  | 2,49  | 46     | 0,619 |
|                     |                  |          |          | Apical | 2,34  |        |       |
|                     |                  | Médio    | 2,23     | 48     | 0,786 |        |       |
|                     |                  | Apical   | 2,30     |        |       |        |       |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 17GI - *Strain* (unidade %)- Comparação entre componentes, paredes e segmentos do ventrículo esquerdo no Grupo I

| Corte            | Componente         | Parede   | Segmento | Média  | N      | p      |        |
|------------------|--------------------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Apical 4 câmaras | Sistólico          | Septal   | Basal    | -25,85 | 55     | 0,280  |        |
|                  |                    |          | Médio    | -24,85 |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | -25,89 | 54     |        | 0,021* |
|                  |                    |          | Apical   | -24,23 |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | -24,91   | 54     | 0,010* |        |        |
|                  |                    | Apical   | -24,23   |        |        |        |        |
|                  |                    | Lateral  | Basal    | -24,46 |        | 53     | 0,971  |
|                  |                    |          | Médio    | -24,44 |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | -24,29 | 51     | 0,723  |        |
|                  |                    |          | Apical   | -24,52 |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | -24,33   | 53     | 0,899  |        |        |
|                  |                    | Apical   | -24,4    |        |        |        |        |
| Apical 2 câmaras | Sistólico          | Inferior | Basal    | -25,11 |        | 54     | 0,654  |
|                  |                    |          | Médio    | -25,35 |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | -25,11 | 54     | 0,610  |        |
|                  |                    |          | Apical   | -25,39 |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | -25,37   | 55     | 0,952  |        |        |
|                  |                    | Apical   | -25,41   |        |        |        |        |
|                  |                    | Anterior | Basal    | -24,9  |        | 47     | 0,567  |
|                  |                    |          | Médio    | -25,24 |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | -25,05 | 46     | 0,372  |        |
|                  |                    |          | Apical   | -24,61 |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | -25,42   | 48     | 0,088  |        |        |
|                  |                    | Apical   | -24,53   |        |        |        |        |
| Apical 4 Câmaras | Diastólico Inicial | Septal   | Basal    | 17,43  |        | 55     | 0,649  |
|                  |                    |          | Médio    | 17,15  |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | 17,43  | 54     | 0,033* |        |
|                  |                    |          | Apical   | 16,05  |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | 17,18    | 54     | 0,024* |        |        |
|                  |                    | Apical   | 16,05    |        |        |        |        |
|                  |                    | Lateral  | Basal    | 16,81  |        | 53     | 0,725  |
|                  |                    |          | Médio    | 17,01  |        |        |        |
|                  |                    |          | Basal    | 16,88  | 51     | 0,645  |        |
|                  |                    |          | Apical   | 17,2   |        |        |        |
|                  |                    | Médio    | 17,03    | 53     | 0,775  |        |        |
|                  |                    | Apical   | 17,16    |        |        |        |        |

continua

Tabela 17GI - *Strain* (unidade %)- Comparação entre componentes, paredes e segmentos do ventrículo esquerdo no Grupo I (*conclusão*)

| Corte               | Componente            | Parede   | Segmento | Média | N     | p     |
|---------------------|-----------------------|----------|----------|-------|-------|-------|
| Apical 2<br>Câmaras | Diastólico<br>Inicial | Inferior | Basal    | 16,41 | 52    | 0,576 |
|                     |                       |          | Médio    | 16,76 |       |       |
|                     |                       |          | Basal    | 16,41 | 52    | 0,775 |
|                     |                       |          | Apical   | 16,21 |       |       |
|                     |                       | Médio    | 16,78    | 53    | 0,419 |       |
|                     |                       | Apical   | 16,26    |       |       |       |
|                     |                       | Anterior | Basal    | 17,19 | 46    | 0,902 |
|                     |                       |          | Médio    | 17,26 |       |       |
| Basal               | 17,42                 |          | 44       | 0,362 |       |       |
| Apical              | 16,90                 |          |          |       |       |       |
| Médio               | 17,48                 | 46       | 0,358    |       |       |       |
| Apical              | 16,87                 |          |          |       |       |       |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Final      | Septal   | Basal    | 7,80  | 55    | 0,327 |
|                     |                       |          | Médio    | 7,40  |       |       |
|                     |                       |          | Basal    | 7,83  | 54    | 0,191 |
|                     |                       |          | Apical   | 7,21  |       |       |
|                     |                       | Médio    | 7,42     | 54    | 0,545 |       |
|                     |                       | Apical   | 7,21     |       |       |       |
|                     |                       | Lateral  | Basal    | 7,15  | 53    | 0,591 |
|                     |                       |          | Médio    | 7,39  |       |       |
| Basal               | 7,12                  |          | 51       | 0,808 |       |       |
| Apical              | 7,22                  |          |          |       |       |       |
| Médio               | 7,23                  | 54       | 0,847    |       |       |       |
| Apical              | 7,14                  |          |          |       |       |       |
| Apical 2<br>Câmaras | Diastólico Final      | Inferior | Basal    | 8,17  | 53    | 0,245 |
|                     |                       |          | Médio    | 7,6   |       |       |
|                     |                       |          | Basal    | 8,24  | 54    | 0,797 |
|                     |                       |          | Apical   | 8,12  |       |       |
|                     |                       | Médio    | 7,62     | 54    | 0,196 |       |
|                     |                       | Apical   | 8,12     |       |       |       |
|                     |                       | Anterior | Basal    | 6,58  | 47    | 0,343 |
|                     |                       |          | Médio    | 6,97  |       |       |
| Basal               | 6,58                  |          | 46       | 0,133 |       |       |
| Apical              | 7,23                  |          |          |       |       |       |
| Médio               | 6,84                  | 48       | 0,377    |       |       |       |
| Apical              | 7,19                  |          |          |       |       |       |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* valor p com significância estatística.

#### 4.4.2 - Função regional radial do ventrículo esquerdo no Grupo I

A função radial do VE foi quantificada com a utilização do corte paraesternal eixo transversal ao nível dos ventrículos, pesquisada apenas em parede posterior ao nível dos segmentos basal e médio. Não foi feita medida da parede septal, pois as curvas apresentam formas mistas devido a dupla composição de camadas do septo interventricular (Sutherland et al., 2004). Verificamos não existir diferença estatisticamente significativa do SR e  $\epsilon$  sistólico em relação aos segmentos basal e médio da parede posterior do VE. As Tabelas 18GI e 19GI representam os dados obtidos de SR e  $\epsilon$  com seus componentes sistólico e diastólico inicial e final.

Tabela 18GI - Valores normais - *Strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função radial ventrículo esquerdo - Grupo I

| Corte                       | Segmento/Parede | Componente         | Média $\pm$ DP   | Min / Max      | N  |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------|----|
| Paraesternal<br>Transversal | Basal/Posterior | Sistólico          | 2,98 $\pm$ 0,78  | 1,65 / 5,10    | 55 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -5,53 $\pm$ 1,70 | -8,88 / -2,11  |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -3,89 $\pm$ 1,73 | -9,91 / -1,80  |    |
|                             | Médio/Posterior | Sistólico          | 2,86 $\pm$ 0,63  | 1,30 / 4,69    | 55 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -6,23 $\pm$ 2,03 | -11,09 / -1,21 |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -3,78 $\pm$ 1,63 | -10,21 / -1,60 |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas.

Tabela 19GI - Valores Normais - *Strain* (unidade %) - Função radial ventrículo esquerdo - Grupo I

| Corte                       | Segmento/Parede | Componente         | Média ± DP     | Min / Max       | N  |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|----|
| Paraesternal<br>Transversal | Basal/Posterior | Sistólico          | 49,72 ± 12,86  | 31,85 / 91,93   | 55 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -36,98 ± 10,88 | -64,77 / -17    |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -11,48 ± 5,62  | -29,33 / -3,33  |    |
|                             | Médio/Posterior | Sistólico          | 55,72 ± 12,13  | 36,63 / 90,17   | 55 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -40,97 ± 9,31  | -63,97 / -18,43 |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -13,00 ± 5,33  | -31,3 / -2,88   |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

#### 4.4.3 - Função longitudinal *versus* Função radial do ventrículo esquerdo no Grupo I

Todas as curvas longitudinais do SR foram negativas em sístole, indicando encurtamento miocárdico local e positivas em diástole, indicando alongamento miocárdico local. As curvas radiais mostraram padrão contrário às longitudinais, já que durante a sístole o miocárdio se espessa na direção radial e se afila durante a diástole. As mesmas diferenças foram apresentadas nas curvas do ε (Figura 7).

Os valores absolutos do SR radial, com todos os seus componentes, na parede posterior, segmentos basal e médio foram significativamente superiores aos do SR longitudinal, parede septal (SR sistólico  $2,99 \pm 0,78 \text{ s}^{-1}$  vs  $(-1,90 \pm 0,60 \text{ s}^{-1})$ ; SR diastólico inicial  $(-5,53 \pm 1,67 \text{ s}^{-1})$  vs  $3,19 \pm 1,57 \text{ s}^{-1}$ ; R diastólico final  $(-3,78 \pm 1,63 \text{ s}^{-1})$  vs  $2,39 \pm 0,90 \text{ s}^{-1}$ ,  $p=0,00$ ).

Os valores do  $\epsilon$  sistólico, diastólico inicial e final da função radial foram cerca do dobro dos valores obtidos em direção longitudinal ( $\epsilon$  sistólico  $49,72\% \pm 12,86\%$  vs  $(-) 25,86\% \pm 4,83\%$ ;  $\epsilon$  diastólico inicial  $(-) 36,98\% \pm 10,89\%$  vs  $17,43\% \pm 4,57\%$ ;  $\epsilon$  diastólico final  $(-) 11,48\% \pm 5,62\%$  vs  $7,70\% \pm 3,14\%$ ;  $p < 0,001$ ); (vide Tabelas 20GI e 21GI).

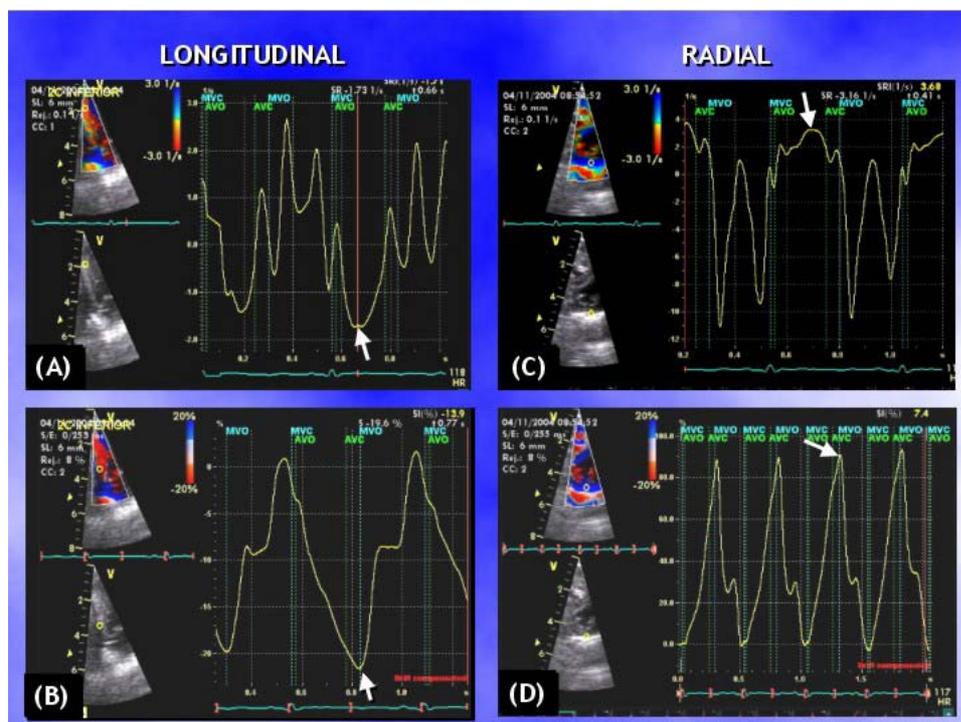


Figura 7 - Função Longitudinal x Radial

À esquerda imagem bidimensional obtida em corte apical 2 câmaras com amostra de volume colocada na porção basal da parede inferior. Em (A) curva de SR com componente sistólico negativo (encurtamento) e em (B) curva do  $\epsilon$  com componente sistólico negativo. À direita (C, D) curva radial obtida em parede posterior do corte transversal dos ventrículos ao nível dos músculos papilares. O SR sistólico é positivo (espessamento), assim como o  $\epsilon$  sistólico. As setas indicam o local onde foram medidos os componentes sistólicos do SR/ $\epsilon$ .

Tabela 20GI - Comparação entre as medidas do *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ ) das funções radial x longitudinal do VE no Grupo I

| Componente         | Segmento | Parede    | Média | N  | p      |
|--------------------|----------|-----------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Basal    | Posterior | 2,99  | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 1,90  |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | 2,86  | 55 |        |
|                    |          | Septal    | 1,82  |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal    | Posterior | -5,53 | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 3,19  |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | -6,23 | 55 |        |
|                    |          | Septal    | 2,88  |    |        |
| Diastólico Final   | Basal    | Posterior | -3,78 | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 2,39  |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | -3,67 | 55 |        |
|                    |          | Septal    | 2,10  |    |        |

N= número de crianças em que as medidas foram comparadas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 21GI - Comparação entre as medidas do *strain* (unidades %) das funções radial x longitudinal do VE no Grupo I

| Componente         | Segmento | Parede    | Média  | N  | p      |
|--------------------|----------|-----------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Basal    | Posterior | 49,72  | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 25,86  |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | 53,80  | 55 |        |
|                    |          | Septal    | 24,85  |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal    | Posterior | -36,98 | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 17,43  |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | -40,14 | 54 |        |
|                    |          | Septal    | 17,19  |    |        |
| Diastólico Final   | Basal    | Posterior | -11,48 | 55 | 0,000* |
|                    |          | Septal    | 7,70   |    |        |
|                    | Médio    | Posterior | -12,53 | 55 |        |
|                    |          | Septal    | 7,40   |    |        |

N= número de crianças em que as medidas foram comparadas; \*= valor p com significância estatística.

#### 4.4.4 - Função regional longitudinal do ventrículo direito no Grupo I

O estudo da deformação do ventrículo direito foi realizado apenas em direção longitudinal, avaliando-se a parede livre com seus segmentos basal, médio e apical e a parede inferior (segmento basal).

As Tabelas 22GI e 23GI demonstram os valores obtidos de SR e  $\epsilon$  sistólicos e diastólicos inicial e final.

Tabela 22GI - Valores normais - *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - ventrículo direito - Grupo I

| Corte               | Segmento/Parede     | Componente         | Média $\pm$ DP   | Min / Máx     | N  |
|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal/Parede Livre  | Sistólico          | -1,93 $\pm$ 0,52 | -3,75 / -1,08 | 55 |
|                     |                     | Diastólico Inicial | 2,76 $\pm$ 0,77  | 1,31 / 5,54   | 55 |
|                     |                     | Diastólico Final   | 2,09 $\pm$ 0,85  | 0,73 / 4,57   | 55 |
|                     | Médio/Parede Livre  | Sistólico          | -1,91 $\pm$ 0,45 | -3,63 / -1,14 | 55 |
|                     |                     | Diastólico Inicial | 3,00 $\pm$ 1,00  | 0,86 / 5,20   | 55 |
|                     |                     | Diastólico Final   | 2,57 $\pm$ 0,99  | 0,74 / 5,33   | 55 |
|                     | Apical/Parede Livre | Sistólico          | -2,13 $\pm$ 0,50 | -4,02 / -1,41 | 55 |
|                     |                     | Diastólico Inicial | 3,74 $\pm$ 1,35  | 1,65 / 7,48   | 54 |
|                     |                     | Diastólico Final   | 3,33 $\pm$ 1,34  | 1,08 / 7,22   | 54 |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal/Inferior      | Sistólico          | -1,81 $\pm$ 0,40 | -3,55 / -1,21 | 55 |
|                     |                     | Diastólico Inicial | 2,78 $\pm$ 1,14  | 0,84 / 6,33   | 55 |
|                     |                     | Diastólico Final   | 2,13 $\pm$ 0,83  | 0,86 / 4,88   | 54 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas.

Tabela 23GI - Valores normais - *strain* (unidade %) - ventrículo direito - Grupo I

| Corte               | Segmento/Parede        | Componente         | Média ± DP    | Min / Máx       | N  |
|---------------------|------------------------|--------------------|---------------|-----------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal/Parede<br>Livre  | Sistólico          | -28,38 ± 4,90 | -39,53 / -20,2  | 55 |
|                     |                        | Diastólico Inicial | 20,43 ± 4,52  | 12,60 / 31,20   | 54 |
|                     |                        | Diastólico Final   | 8,35 ± 3,21   | 3,13 / 21,97    | 55 |
|                     | Médio/Parede<br>Livre  | Sistólico          | -33,20 ± 6,34 | -49,77 / -22,8  | 55 |
|                     |                        | Diastólico Inicial | 22,61 ± 5,15  | 13,13 / 43,80   | 55 |
|                     |                        | Diastólico Final   | 10,72 ± 4,07  | 4,30 / 22,30    | 55 |
|                     | Apical/Parede<br>Livre | Sistólico          | -31,95 ± 5,06 | -42,27 / -22,17 | 55 |
|                     |                        | Diastólico Inicial | 21,02 ± 4,01  | 13,97 / 29,03   | 55 |
|                     |                        | Diastólico Final   | 10,87 ± 3,42  | 4,60 / 18,17    | 55 |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal/Inferior         | Sistólico          | -27,09 ± 3,90 | -37,93 / -20,53 | 55 |
|                     |                        | Diastólico Inicial | 19,00 ± 3,73  | 10,93 / 29,03   | 55 |
|                     |                        | Diastólico Final   | 8,12 ± 2,70   | 3,47 / 16,10    | 55 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

A avaliação regional do VD revelou que o ε sistólico foi significativamente superior no segmento médio da parede livre do VD em relação ao segmento basal (-33,20 ± 6,34 *versus* -28,38 ± 4,90, p=0,00) e em relação ao segmento apical (-33,20 ± 6,34 *versus* -31,95 ± 5,06, p=0,021). Os valores do SR e ε no segmento basal da parede inferior em posição apical duas câmaras foram inferiores àqueles obtidos na posição apical quatro câmaras. Quando comparamos o segmento basal com o apical da parede livre do VD verificamos que tanto o SR quanto o ε sistólico apresentam valores superiores no segmento apical. O comportamento dos

componentes diastólico inicial e final ocorreu da mesma forma. (vide Tabelas 24GI e 25GI).

Tabela 24GI - Comparação regional dos segmentos da parede livre do VD através do *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - Grupo I

| Corte               | Componente         | Segmento | Média | N      | p      |        |        |
|---------------------|--------------------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico          | Basal    | -1,93 | 55     | 0,392  |        |        |
|                     |                    | Médio    | -1,85 |        |        |        |        |
|                     |                    | Basal    | -1,93 | 55     |        | 0,037* |        |
|                     |                    | Apical   | -2,13 |        |        |        |        |
|                     |                    | Médio    | -1,85 | 54     |        |        | 0,002* |
|                     |                    | Apical   | -2,33 |        |        |        |        |
|                     | Diastólico Inicial | Basal    | 2,76  | 55     | 0,092  |        |        |
|                     |                    | Médio    | 3,00  |        |        |        |        |
|                     |                    | Basal    | 2,76  | 54     |        | 0,000* |        |
|                     |                    | Apical   | 3,74  |        |        |        |        |
|                     |                    | Médio    | 2,98  | 54     |        |        | 0,000* |
|                     |                    | Apical   | 3,74  |        |        |        |        |
| Diastólico Final    | Basal              | 2,09     | 55    | 0,005* |        |        |        |
|                     | Médio              | 2,57     |       |        |        |        |        |
|                     | Basal              | 2,08     | 54    |        | 0,000* |        |        |
|                     | Apical             | 3,33     |       |        |        |        |        |
|                     | Médio              | 2,58     | 54    |        |        | 0,001* |        |
|                     | Apical             | 3,33     |       |        |        |        |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 25GI - Comparação regional dos segmentos da parede livre do VD através do *strain* (unidade %) - Grupo I

| Corte               | Componente         | Segmento | Média  | N      | p      |
|---------------------|--------------------|----------|--------|--------|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico          | Basal    | -28,38 | 55     | 0,012* |
|                     |                    | Médio    | -33,2  |        |        |
|                     |                    | Basal    | -28,38 | 55     |        |
|                     |                    | Apical   | -31,95 |        |        |
|                     |                    | Médio    | -33,2  | 55     |        |
|                     |                    | Apical   | -31,95 |        |        |
|                     | Diastólico Inicial | Basal    | 20,43  | 54     | 0,017* |
|                     |                    | Médio    | 22,64  |        |        |
|                     |                    | Basal    | 20,43  | 54     |        |
|                     |                    | Apical   | 21,09  |        |        |
|                     |                    | Médio    | 22,61  | 55     |        |
|                     |                    | Apical   | 21,02  |        |        |
| Diastólico Final    | Basal              | 8,35     | 55     | 0,000* |        |
|                     | Médio              | 10,72    |        |        |        |
|                     | Basal              | 8,35     | 55     |        |        |
|                     | Apical             | 10,87    |        |        |        |
|                     | Médio              | 10,72    | 55     |        |        |
|                     | Apical             | 10,87    |        |        |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas;\*= valor p com significância estatística.

#### 4.4.5 - Deformação regional do ventrículo esquerdo *versus* ventrículo direito no Grupo I

Na comparação dos dados entre os ventrículos esquerdo e direito, verificamos que houve diferença estatisticamente significativa do  $\epsilon$  sistólico dos segmentos basal, médio e apical com valores medidos no VD superiores aos do VE (vide Tabelas 26GI e 27GI). O SR sistólico também mostrou diferença significativa neste grupo inicial de pacientes com valores

aumentados no segmento apical do VD em relação ao VE. Os componentes diastólicos inicial e final demonstraram alterações nos segmentos médio e apical.

Tabela 26GI - Comparação regional dos segmentos do VE septal x VD parede livre através do *strain rate* (unidades  $^{-1}$ ) - Grupo I

| Componente         | Segmento/Parede      | Média | N  | p      |
|--------------------|----------------------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Basal /Septal        | -1,89 | 55 | 0,635  |
|                    | Basal /Parede Livre  | -1,93 |    |        |
|                    | Médio /Septal        | -1,82 | 55 | 0,710  |
|                    | Médio /Parede Livre  | -1,85 |    |        |
|                    | Apical /Septal       | -1,66 | 54 | 0,000* |
|                    | Apical /Parede Livre | -2,15 |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal/Septal         | 3,19  | 55 | 0,069  |
|                    | Basal/Parede Livre   | 2,76  |    |        |
|                    | Médio /Septal        | 2,88  | 55 | 0,000* |
|                    | Médio /Parede Livre  | 3,00  |    |        |
|                    | Apical /Septal       | 3,16  | 54 | 0,092  |
|                    | Apical /Parede Livre | 3,74  |    |        |
| Diastólico Final   | Basal/Septal         | 2,38  | 55 | 0,279  |
|                    | Basal/Parede Livre   | 2,09  |    |        |
|                    | Médio /Septal        | 2,10  | 55 | 0,575  |
|                    | Médio /Parede Livre  | 2,57  |    |        |
|                    | Apical /Septal       | 2,28  | 54 | 0,000* |
|                    | Apical /Parede Livre | 2,33  |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 27GI - Comparação regional dos segmentos do VE septal x VD parede livre através do *strain* (unidade %) - Grupo I

| Componente         | Segmento | Parede       | Média  | N  | p     |
|--------------------|----------|--------------|--------|----|-------|
| Sistólico          | Basal    | Septal       | -25,86 | 55 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | -28,38 |    |       |
|                    | Médio    | Septal       | -24,85 | 55 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | -33,20 |    |       |
|                    | Apical   | Septal       | -24,23 | 54 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | -31,99 |    |       |
| Diastólico Inicial | Basal    | Septal       | 17,44  | 54 | 0,008 |
|                    |          | Parede livre | 20,43  |    |       |
|                    | Médio    | Septal       | 17,15  | 55 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | 22,61  |    |       |
|                    | Apical   | Septal       | 16,05  | 54 | 0,028 |
|                    |          | Parede livre | 21,03  |    |       |
| Diastólico Final   | Basal    | Septal       | 7,80   | 55 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | 8,35   |    |       |
|                    | Médio    | Septal       | 7,40   | 55 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | 10,72  |    |       |
|                    | Apical   | Septal       | 7,21   | 54 | 0,000 |
|                    |          | Parede livre | 10,90  |    |       |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

#### 4.4.6 - Deformação regional do Grupo II

O Grupo II, constituído por 30 neonatos que retornaram para novo exame, apresentou os seguintes resultados nas medidas do SR sistólico, diastólico inicial e final e  $\epsilon$  sistólico, diastólico inicial e final da função longitudinal do ventrículo esquerdo que estão explicitados nas Tabelas 14GII e 15GII.

Tabela 14GII - Valores normais - *strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo II

| Corte               | Segmento/Parede    | Componente         | Média ± DP    | Min / Máx     | N  |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal /Septal      | Sistólico          | -1,80 ± 0,40  | -3,13 / -0,59 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 3,11 ± 1,23   | 1,55 / 6,83   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 2,84 ± 1,73   | 1,26 / 9,94   |    |
|                     | Médio /Septal      | Sistólico          | -1,84 ± 0,30  | -2,96 / -1,41 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 3,29 ± 1,17   | 1,15 / 5,84   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 2,61 ± 1,39   | 0,69 / 6,46   |    |
|                     | Apical /Septal     | Sistólico          | -1,65 ± 0,24  | -2,02 / -1,23 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 4,21 ± 1,31   | 2,16 / 7,11   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 3,03 ± 1,62   | 0,93 / 8,00   |    |
|                     | Basal /Lateral     | Sistólico          | -1,71 ± 0,33  | -2,49 / -1,27 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 3,13 ± 0,96   | 1,36 / 5,07   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 2,48 ± 0,88   | 1,11 / 4,33   |    |
| Médio /Lateral      | Sistólico          | -1,62 ± 0,25       | -2,31 / -1,23 | 30            |    |
|                     | Diastólico Inicial | 3,43 ± 1,26        | 1,51 / 6,77   |               |    |
|                     | Diastólico Final   | 2,53 ± 1,08        | 1,36 / 5,28   |               |    |
| Apical /Lateral     | Sistólico          | -1,64 ± 0,18       | -2,05 / -1,29 | 29            |    |
|                     | Diastólico Inicial | 4,09 ± 1,24        | 1,52 / 5,99   |               |    |
|                     | Diastólico Final   | 2,88 ± 1,54        | 1,09 / 6,64   |               |    |

*continua*

Tabela 14GII - Valores normais - *strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo II (*conclusão*)

| Corte               | Segmento/Parede  | Componente         | Média ± DP   | Min / Máx     | N  |
|---------------------|------------------|--------------------|--------------|---------------|----|
| Apical 2<br>Câmaras | Basal /Inferior  | Sistólico          | -1,75 ± 0,26 | -2,68 / -1,31 | 30 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 3,18 ± 0,95  | 1,29 / 4,77   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 2,23 ± 0,85  | 0,94 / 4,43   |    |
|                     | Médio /Inferior  | Sistólico          | -1,69 ± 0,33 | -2,27 / -0,41 | 30 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 3,05 ± 0,89  | 1,67 / 5,11   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 2,40 ± 0,89  | 1,02 / 4,51   |    |
|                     | Apical /Inferior | Sistólico          | -1,87 ± 0,32 | -2,49 / -1,16 | 29 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 3,92 ± 1,42  | 0,81 / 6,11   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 2,65 ± 1,23  | 1,07 / 6,35   |    |
|                     | Basal /Anterior  | Sistólico          | -1,77 ± 0,37 | -3,12 / -1,36 | 28 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 3,28 ± 1,49  | 1,27 / 6,30   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 2,68 ± 1,44  | 0,96 / 5,48   |    |
|                     | Médio /Anterior  | Sistólico          | -1,70 ± 0,26 | -2,34 / -1,32 | 29 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 4,01 ± 1,75  | 1,86 / 9,27   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 3,11 ± 1,70  | 1,11 / 8,09   |    |
|                     | Apical /Anterior | Sistólico          | -1,51 ± 0,49 | -2,61 / -0,44 | 29 |
|                     |                  | Diastólico Inicial | 3,33 ± 1,45  | 1,38 / 6,63   |    |
|                     |                  | Diastólico Final   | 2,60 ± 1,30  | 1,13 / 6,08   |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

Tabela 15GII - Valores Normais - *Strain* (unidade %) - Função longitudinal ventrículo esquerdo - Grupo II

| Corte               | Segmento/Parede    | Componente         | Média ± DP     | Min / Máx       | N  |
|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal /Septal      | Sistólico          | -23,16 ± 4,55  | -33,37 / -8,77  | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 17,77 ± 2,86   | 13,17 / 24,43   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,00 ± 1,82    | 2,70 / 10,03    |    |
|                     | Médio /Septal      | Sistólico          | -23,10 ± 2,55  | -29,83 / -19,37 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 16,40 ± 1,70   | 13,40 / 19,93   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,75 ± 1,79    | 4,30 / 10,57    |    |
|                     | Apical /Septal     | Sistólico          | -22,97 ± 2,03  | -27,93 / -19,77 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 16,72 ± 2,72   | 11,83 / 21,80   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,41 ± 2,64    | 1,57 / 15,17    |    |
|                     | Basal /Lateral     | Sistólico          | -22,50 ± 1,63  | -25,73 / -20,53 | 29 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 16,70 ± 2,08   | 13,20 / 20,67   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 5,86 ± 1,97    | 3,10 / 10,30    |    |
| Médio /Lateral      | Sistólico          | -23,19 ± 2,25      | -28,27 / -19,6 | 30              |    |
|                     | Diastólico Inicial | 17,14 ± 2,67       | 12,13 / 23,63  |                 |    |
|                     | Diastólico Final   | 5,99 ± 1,85        | 2,47 / 9,73    |                 |    |
| Apical /Lateral     | Sistólico          | -23,07 ± 2,13      | -29,3 / -20,6  | 29              |    |
|                     | Diastólico Inicial | 17,07 ± 2,60       | 12,63 / 24,53  |                 |    |
|                     | Diastólico Final   | 6,00 ± 1,99        | 2,00 / 11,00   |                 |    |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal /Inferior    | Sistólico          | -22,99 ± 2,07  | -28,43 / -19,7  | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 16,47 ± 1,91   | 12,80 / 19,40   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,58 ± 2,18    | 2,73 / 10,87    |    |
|                     | Médio /Inferior    | Sistólico          | -23,74 ± 3,16  | -32,77 / -19,93 | 30 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 17,16 ± 3,22   | 12,80 / 26,37   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,60 ± 1,95    | 2,47 / 11,63    |    |
|                     | Apical /Inferior   | Sistólico          | -24,48 ± 2,37  | -29,9 / -20,27  | 29 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 18,05 ± 3,16   | 13,07 / 27,43   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,54 ± 1,97    | 2,47 / 11,73    |    |
|                     | Basal /Anterior    | Sistólico          | -24,47 ± 3,06  | -32,8 / -21,4   | 27 |
|                     |                    | Diastólico Inicial | 18,79 ± 3,00   | 14,13 / 27,03   |    |
|                     |                    | Diastólico Final   | 6,37 ± 3,29    | 1,63 / 18,80    |    |
| Médio /Anterior     | Sistólico          | -24,70 ± 5,35      | -48,4 / -20,2  | 29              |    |
|                     | Diastólico Inicial | 19,15 ± 4,42       | 15,03 / 38,13  |                 |    |
|                     | Diastólico Final   | 5,92 ± 1,88        | 2,87 / 10,27   |                 |    |
| Apical /Anterior    | Sistólico          | -23,75 ± 2,93      | -33,6 / -20,57 | 28              |    |
|                     | Diastólico Inicial | 17,33 ± 2,89       | 13,90 / 25,13  |                 |    |
|                     | Diastólico Final   | 6,78 ± 2,25        | 3,80 / 12,23   |                 |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

#### **4.4.6.1 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo no Grupo II**

Quando comparamos as paredes e segmentos do VE neste segundo grupo verificamos que os achados apresentam certa semelhança com o Grupo I. Ao nível da parede septal verificamos diferença estatisticamente significativa entre o SR sistólico dos segmentos basal e apical ( $-1,80 \pm 0,40$  versus  $-1,65 \pm 0,24$ ),  $p=0,05$  e médio e apical ( $-1,85 \pm 0,30$  versus  $-1,65 \pm 0,24$ ),  $p=0,03$ . A parede anterior também apresentou redução estatisticamente significativa do SR sistólico no segmento apical quando comparado aos segmentos basal e médio. O componente diastólico inicial do SR demonstrou aumento dos valores nos segmentos médio e apical das paredes septal e lateral (vide Tabela 16GII no Anexo D). O *strain* sistólico e diastólico inicial demonstraram diferença significativa quando comparamos os segmentos basal e apical da parede inferior, havendo valores superiores no segmento apical (vide Tabela 17GII no Anexo D). Verificamos ainda diferença significativa entre as medidas do *strain* diastólico final nos segmentos basal e médio da parede septal.

#### **4.4.6.2 - Função regional radial do ventrículo esquerdo no Grupo II**

As Tabelas 18GII e 19GII, no Anexo D representam as medidas dos componentes sistólico, diastólico inicial e final do SR e *strain* no corte paraesternal transversal nos segmentos basal e médio posterior. Não há diferença significativa entre as medidas.

#### 4.4.6.3 - Função longitudinal versus Função radial do ventrículo esquerdo no Grupo II

Como ocorreu no Grupo I, os valores absolutos do SR e  $\epsilon$  com todos os seus componentes (sistólico, diastólico inicial e final) da parede posterior, incluindo os segmentos basal e médio, foram de forma consistente e significativa superiores àqueles obtidos na parede septal (vide Tabelas 20GII e 21GII no Anexo D).

#### 4.4.6.4 - Função regional longitudinal do ventrículo direito no Grupo II

Como no Grupo I, a deformação do VD foi feita na direção longitudinal, avaliando-se a parede livre com seus segmentos basal, médio e apical e a parede inferior com seu segmento basal. As tabelas 22GII e 23GII demonstram os valores obtidos de SR e  $\epsilon$  sistólicos e diastólicos inicial e final.

Tabela 22GII - Valores normais - *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - Ventrículo direito - Grupo II

| Corte                | Segmento/Parede     | Componente         | Média $\pm$ DP   | Min / Máx     | N  |
|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras  | Basal /Parede Livre | Sistólico          | -2,25 $\pm$ 0,42 | -3,21 / -1,47 | 30 |
|                      |                     | Diastólico Inicial | 4,28 $\pm$ 1,21  | 2,25 / 6,43   |    |
|                      |                     | Diastólico Final   | 3,06 $\pm$ 1,18  | 1,20 / 6,27   |    |
|                      | Médio /Parede Livre | Sistólico          | -2,25 $\pm$ 0,59 | -4,01 / -1,54 | 30 |
|                      |                     | Diastólico Inicial | 5,03 $\pm$ 1,58  | 1,55 / 8,49   |    |
|                      |                     | Diastólico Final   | 3,93 $\pm$ 1,43  | 1,85 / 7,65   |    |
| Apical /Parede Livre | Sistólico           | -2,25 $\pm$ 0,60   | -3,62 / -1,45    | 29            |    |
|                      | Diastólico Inicial  | 4,61 $\pm$ 1,79    | 1,08 / 9,02      |               |    |
|                      | Diastólico Final    | 3,40 $\pm$ 1,77    | 1,39 / 9,10      |               |    |
| Apical 2<br>Câmaras  | Basal /Inferior     | Sistólico          | -2,05 $\pm$ 0,47 | -3,65 / -1,50 | 30 |
|                      |                     | Diastólico Inicial | 3,78 $\pm$ 1,22  | 2,01 / 6,61   |    |
|                      |                     | Diastólico Final   | 2,84 $\pm$ 1,42  | 1,12 / 7,03   |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas.

Tabela 23GII - Valores Normais -- *strain* (unidade %) - Ventrículo direito - Grupo II

| Corte               | Segmento/Parede       | Componente         | Média ± DP    | Min / Máx       | N  |
|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------|-----------------|----|
| Apical 4<br>Câmaras | Basal / Parede Livre  | Sistólico          | -37,03 ± 5,42 | -45,93 / -22,83 | 30 |
|                     |                       | Diastólico Inicial | 26,45 ± 5,69  | 12,97 / 35,20   | 28 |
|                     |                       | Diastólico Final   | 9,75 ± 3,96   | 5,10 / 24,53    | 30 |
|                     | Médio / Parede Livre  | Sistólico          | -42,56 ± 4,76 | -52,13 / -27,73 | 30 |
|                     |                       | Diastólico Inicial | 31,55 ± 3,71  | 23,93 / 40,67   | 29 |
|                     |                       | Diastólico Final   | 10,96 ± 3,69  | 3,67 / 17,67    | 30 |
|                     | Apical / Parede Livre | Sistólico          | -41,08 ± 5,51 | -52,27 / -28,23 | 30 |
|                     |                       | Diastólico Inicial | 30,50 ± 4,93  | 20,80 / 41,10   | 30 |
|                     |                       | Diastólico Final   | 10,49 ± 3,37  | 3,30 / 16,67    | 30 |
| Apical 2<br>Câmaras | Basal / Inferior      | Sistólico          | -35,42 ± 5,26 | -44,63 / -24,80 | 30 |
|                     |                       | Diastólico Inicial | 26,20 ± 5,61  | 14,50 / 39,27   | 30 |
|                     |                       | Diastólico Final   | 9,33 ± 2,78   | 3,77 / 14,87    | 30 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

A análise da deformação regional do VD no Grupo II demonstrou *strain* sistólico significativamente superior ao nível dos segmentos médio e apical em relação ao segmento basal. Da mesma forma o *strain* diastólico inicial foi superior nos segmentos médio e apical em relação ao basal. O SR sistólico não demonstrou diferença entre os segmentos. O SR diastólico final foi superior no segmento médio em relação ao basal e no segmento apical em relação ao médio. O SR diastólico inicial foi superior no segmento médio em relação ao basal (vide Tabela 24GII e 25GII no Anexo D).

#### 4.4.6.5 - Função regional longitudinal do ventrículo esquerdo versus ventrículo direito no Grupo II

De forma semelhante ao Grupo I, na comparação entre as medidas dos ventrículos direito e esquerdo verificamos aumento do *strain* miocárdico com todos os seus componentes em todos os segmentos do VD

em relação à parede septal. O SR sistólico do VD foi superior ao medido no VE em todos os segmentos, enquanto no Grupo I havia sido superior apenas no segmento apical. Não houve diferença significativa do SR diastólico inicial do segmento apical e do SR diastólico final no segmento médio (vide Tabelas 26GII e 27GII no Anexo D).

#### **4.4.7 - Comparação entre os índices de deformação miocárdica obtidos nos Grupos I e II**

##### ***4.4.7.1 - Análise da função radial do VE***

Fizemos a comparação entre as medidas obtidas pela mesma criança, com análise pareada de cada parede relacionando cada segmento (Tabelas 28 e 29).

Verificamos que houve redução significativa dos valores do  $\epsilon$  sistólico no segundo exame em relação ao primeiro, no segmento basal da parede posterior ( $51,03\% \pm 14,86\%$  vs  $45,87\% \pm 8,92\%$ ) e no segmento médio da parede posterior ( $56,13\% \pm 13,14\%$  vs  $51,60\% \pm 13,69\%$ ). Não houve alteração significativa do SR sistólico nos dois exames. O SR diastólico final demonstrou aumento no valor absoluto no segmento médio da parede posterior em relação ao primeiro exame ( $-4,86 \pm 1,78$  vs  $-3,70 \pm 1,58$ ,  $p=0,01$ ).

Tabela 28GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo - Função radial - Transversal posterior - *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ )

| Componente         | Segmento | Medidas | Média | N  | p      |
|--------------------|----------|---------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Basal    | Tempo 1 | 2,90  | 29 | 0,688  |
|                    |          | Tempo 2 | 2,94  |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | 2,73  |    | 0,073  |
|                    |          | Tempo 2 | 2,92  |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal    | Tempo 1 | -5,71 | 29 | 0,828  |
|                    |          | Tempo 2 | -5,81 |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | -6,30 |    | 0,123  |
|                    |          | Tempo 2 | -7,18 |    |        |
| Diastólico Final   | Basal    | Tempo 1 | -3,77 | 29 | 0,177  |
|                    |          | Tempo 2 | -4,41 |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | -3,70 |    | 0,012* |
|                    |          | Tempo 2 | -4,86 |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* valor p com significância estatística.

Tabela 29GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo - Função radial - Transversal posterior - *strain* (unidade %)

| Componente         | Segmento | Medidas | Média  | N  | p      |
|--------------------|----------|---------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Basal    | Tempo 1 | 51,03  | 29 | 0,009* |
|                    |          | Tempo 2 | 45,87  |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | 56,12  |    | 0,000* |
|                    |          | Tempo 2 | 51,60  |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal    | Tempo 1 | -36,70 | 28 | 0,25   |
|                    |          | Tempo 2 | -37,39 |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | -40,04 |    | 0,07   |
|                    |          | Tempo 2 | -37,46 |    |        |
| Diastólico Final   | Basal    | Tempo 1 | -11,84 | 29 | 0,805  |
|                    |          | Tempo 2 | -11,55 |    |        |
|                    | Médio    | Tempo 1 | -13,02 |    | 0,267  |
|                    |          | Tempo 2 | -14,02 |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* valor p com significância estatística.

#### **4.4.7.2 - Análise da função longitudinal do VE**

Comparando os dados obtidos na parede septal corte apical 4 câmaras, verificamos redução persistente de forma significativa do  $\epsilon$  sistólico do VE no segundo exame nos segmentos basal, médio e apical em relação ao primeiro. No segmento basal verificamos ainda redução significativa do  $\epsilon$  diastólico final ( $7,83\% \pm 3,41\%$  vs  $5,60\% \pm 1,82\%$ ,  $p=0,04$ ).

O SR diastólico inicial apresentou aumento significativo dos valores no segundo exame no segmento apical da parede septal. O SR diastólico final também demonstrou aumento significativo no segundo exame em relação ao segmento basal. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as medidas do SR sistólico.

A parede lateral demonstrou redução persistente dos valores do  $\epsilon$  sistólico e do  $\epsilon$  diastólico final no segundo exame ao nível dos segmentos basal, médio e apical. Verificamos ainda redução significativa do SR sistólico na porção basal ( $-1,91 \pm 0,46 \text{ s}^{-1}$  vs  $-1,71 \pm 0,33 \text{ s}^{-1}$ ,  $p=0,02$ ) e aumento do SR diastólico inicial e redução do SR diastólico final no segmento apical.

A parede inferior demonstrou redução persistente dos valores do  $\epsilon$  sistólico no segundo exame em relação ao primeiro ao nível dos segmentos basal, médio e apical. O  $\epsilon$  diastólico final também mostrou valores significativamente reduzidos ao nível dos segmentos basal e apical. O SR

sistólico demonstrou redução significativa dos valores no segundo exame ao nível do segmento médio ( $-1,87 \pm 0,40 \text{ s}^{-1}$  vs  $-1,73 \pm 0,22 \text{ s}^{-1}$ ,  $p=0,04$ ).

A parede anterior apresentou comportamento semelhante às demais, com redução dos valores do  $\epsilon$  sistólico no segundo exame nos segmentos basal, médio e apical.

O SR sistólico do segmento basal também mostrou redução significativa quando comparado ao primeiro exame (vide Tabelas 30GI/GII; 31GI/GII; 32GI/GII; 33GI/GII e Figura 8).

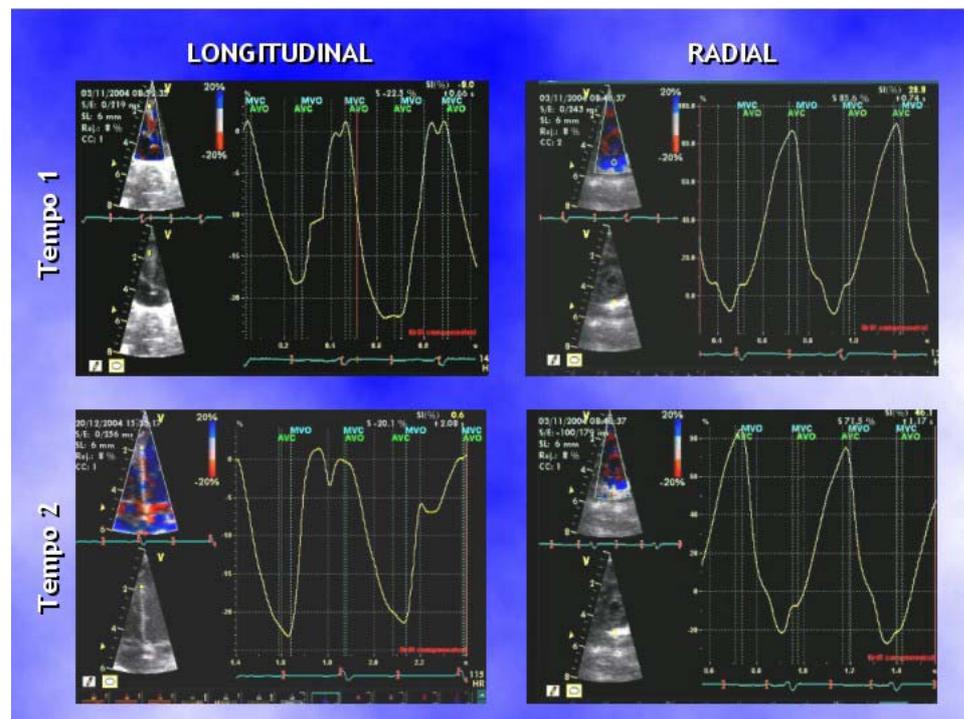


Figura 8 - Comparação entre as medidas do  $\epsilon$  sistólico do VE no primeiro e segundo exames (Tempo 1 e Tempo 2)

No canto superior esquerdo a amostra de volume foi colocada no segmento apical da parede septal no Tempo 1 para análise da função longitudinal e no canto inferior esquerdo verificamos redução da medida do  $\epsilon$  sistólico no Tempo 2 no mesmo local ( $-20,1\%$  vs  $-22,5\%$ ). À direita verificamos mesmo comportamento da medida do  $\epsilon$  na parede posterior transversal do VE, com redução da função radial ( $71,5\%$  vs  $85,6\%$ ) no Tempo 2.

Tabela 30GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo - Função longitudinal - Apical 4 Câmaras - *strain rate* (unidades  $\cdot^{-1}$ )

| Componente         | Parede  | Segmento | Medidas | Média | N  | p      |
|--------------------|---------|----------|---------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Septal  | Basal    | Tempo 1 | -2,02 | 30 | 0,113  |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,84 |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | -1,90 |    | 0,498  |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,54 |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | -1,62 |    | 0,471  |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,65 |    |        |
| Diastólico Inicial | Septal  | Basal    | Tempo 1 | 3,32  | 30 | 0,614  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,11  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 2,97  |    | 0,335  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,29  |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 3,33  |    | 0,021* |
|                    |         |          | Tempo 2 | 4,21  |    |        |
| Diastólico Final   | Septal  | Basal    | Tempo 1 | 2,40  | 30 | 0,167  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 2,84  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 2,15  |    | 0,142  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 2,61  |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 2,51  |    | 0,191  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,03  |    |        |
| Sistólico          | Lateral | Basal    | Tempo 1 | -1,91 | 29 | 0,016* |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,71 |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | -1,71 |    | 0,137  |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,60 |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | -1,67 |    | 0,534  |
|                    |         |          | Tempo 2 | -1,63 |    |        |
| Diastólico Inicial | Lateral | Basal    | Tempo 1 | 3,34  | 30 | 0,56   |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,14  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 3,28  |    | 0,647  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,45  |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 2,86  |    | 0,003* |
|                    |         |          | Tempo 2 | 3,99  |    |        |
| Diastólico Final   | Lateral | Basal    | Tempo 1 | 2,25  | 30 | 0,431  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 2,48  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 2,32  |    | 0,464  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 2,55  |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 1,86  |    | 0,008* |
|                    |         |          | Tempo 2 | 2,74  |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 31GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo Função longitudinal - Apical 4 Câmaras - *strain* (unidade %)

| Componente         | Parede  | Segmento | Medidas | Média  | N  | p      |
|--------------------|---------|----------|---------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Septal  | Basal    | Tempo 1 | -26,42 | 30 | 0,000* |
|                    |         |          | Tempo 2 | -23,63 |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | -25,58 |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | -23,10 |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | -24,94 |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | -22,97 |    |        |
| Diastólico Inicial | Septal  | Basal    | Tempo 1 | 17,57  | 29 | 0,113  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 17,77  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 17,64  |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 16,4   |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 15,61  |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 16,72  |    |        |
| Diastólico Final   | Septal  | Basal    | Tempo 1 | 7,83   | 30 | 0,235  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 6,00   |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 7,34   |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 6,75   |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 7,53   |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 6,41   |    |        |
| Sistólico          | Lateral | Basal    | Tempo 1 | -25,36 | 30 | 0,000* |
|                    |         |          | Tempo 2 | -22,5  |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | -25,73 |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | -23,19 |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | -25,08 |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | -23,16 |    |        |
| Diastólico Inicial | Lateral | Basal    | Tempo 1 | 16,59  | 30 | 0,874  |
|                    |         |          | Tempo 2 | 16,7   |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 17,27  |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 17,14  |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 17,54  |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 17,21  |    |        |
| Diastólico Final   | Lateral | Basal    | Tempo 1 | 7,68   | 30 | 0,009* |
|                    |         |          | Tempo 2 | 5,86   |    |        |
|                    |         | Médio    | Tempo 1 | 8,39   |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 5,99   |    |        |
|                    |         | Apical   | Tempo 1 | 7,53   |    |        |
|                    |         |          | Tempo 2 | 5,96   |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 32GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo - Função longitudinal apical 2 câmaras - *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ )

| Componente         | Parede   | Segmento | Medidas | Média | N  | p      |       |
|--------------------|----------|----------|---------|-------|----|--------|-------|
| Sistólico          | Inferior | Basal    | Tempo 1 | -1,79 | 30 | 0,491  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,75 |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | -1,87 |    | 0,036* |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,73 |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | -1,95 |    | 29     | 0,255 |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,87 |    |        |       |
| Diastólico Inicial | Inferior | Basal    | Tempo 1 | 2,94  | 30 | 0,408  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,18  |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | 2,93  |    | 0,67   |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,05  |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | 3,54  |    | 29     | 0,254 |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,92  |    |        |       |
| Diastólico Final   | Inferior | Basal    | Tempo 1 | 2,07  | 30 | 0,458  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 2,23  |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | 2,16  |    | 0,298  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 2,4   |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | 2,51  |    | 29     | 0,631 |
|                    |          |          | Tempo 2 | 2,65  |    |        |       |
| Sistólico          | Anterior | Basal    | Tempo 1 | -2,04 | 27 | 0,012* |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,78 |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | -1,74 |    | 0,717  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,71 |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | -1,54 |    | 28     | 0,71  |
|                    |          |          | Tempo 2 | -1,5  |    |        |       |
| Diastólico Inicial | Anterior | Basal    | Tempo 1 | 3,82  | 27 | 0,251  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,81  |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | 3,77  |    | 0,578  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 4,09  |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | 3,31  |    | 28     | 0,849 |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,38  |    |        |       |
| Diastólico Final   | Anterior | Basal    | Tempo 1 | 2,47  | 27 | 0,556  |       |
|                    |          |          | Tempo 2 | 2,71  |    |        |       |
|                    |          | Médio    | Tempo 1 | 2,38  |    | 26     | 0,08  |
|                    |          |          | Tempo 2 | 3,18  |    |        |       |
|                    |          | Apical   | Tempo 1 | 2,63  |    | 27     | 0,996 |
|                    |          |          | Tempo 2 | 2,63  |    |        |       |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 33GI/GII - Comparação entre medidas do Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo esquerdo - Função longitudinal apical 2 câmaras - *strain* (unidade %)

| Componente         | Parede   | Segmento | Medidas | Média  | N  | p      |    |        |
|--------------------|----------|----------|---------|--------|----|--------|----|--------|
| Sistólico          | Inferior | Basal    | 1       | -25,98 | 30 | 0,000* |    |        |
|                    |          |          | 2       | -22,99 |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | -25,66 |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | -23,74 |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | -26,61 |    |        | 29 | 0,001* |
|                    |          |          | 2       | -24,48 |    |        |    |        |
| Diastólico Inicial | Inferior | Basal    | 1       | 16,67  | 26 | 0,824  |    |        |
|                    |          |          | 2       | 16,49  |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | 16,76  |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | 17,15  |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | 18,06  |    |        | 27 | 0,907  |
|                    |          |          | 2       | 18,14  |    |        |    |        |
| Diastólico Final   | Inferior | Basal    | 1       | 8,43   | 30 | 0,009* |    |        |
|                    |          |          | 2       | 6,58   |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | 7,07   |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | 6,6    |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | 7,8    |    |        | 29 | 0,025* |
|                    |          |          | 2       | 6,54   |    |        |    |        |
| Sistólico          | Anterior | Basal    | 1       | -28,02 | 26 | 0,002* |    |        |
|                    |          |          | 2       | -24,44 |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | -26,68 |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | -23,96 |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | -25,48 |    |        | 27 | 0,011* |
|                    |          |          | 2       | -23,79 |    |        |    |        |
| Diastólico Inicial | Anterior | Basal    | 1       | 19,85  | 26 | 0,344  |    |        |
|                    |          |          | 2       | 18,8   |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | 18,5   |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | 18,55  |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | 17,47  |    |        | 26 | 0,923  |
|                    |          |          | 2       | 17,38  |    |        |    |        |
| Diastólico Final   | Anterior | Basal    | 1       | 7,38   | 26 | 0,263  |    |        |
|                    |          |          | 2       | 6,36   |    |        |    |        |
|                    |          | Médio    | 1       | 6,21   |    |        |    |        |
|                    |          |          | 2       | 5,81   |    |        |    |        |
|                    |          | Apical   | 1       | 7,13   |    |        | 27 | 0,506  |
|                    |          |          | 2       | 6,77   |    |        |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

#### 4.4.7.3 - Análise da função longitudinal do VD

Comparamos as medidas de cada segmento do ventrículo direito nos dois exames. Houve aumento significativo dos valores do  $\epsilon$  sistólico e diastólico inicial nos segmentos basal, médio e apical da parede livre do VD e no segmento basal da parede inferior no segundo exame em relação ao primeiro. O SR sistólico apresentou também aumento significativo dos valores ao nível dos segmentos basal e médio da parede livre e basal da parede inferior. O SR diastólico inicial e final apresentaram aumento das medidas no segundo exame ao nível dos segmentos basal e médio da parede livre do VD (vide Tabelas 34GI/GII, 35GI/GII, 36GI/GII, 37GI/GII e Figura 9).

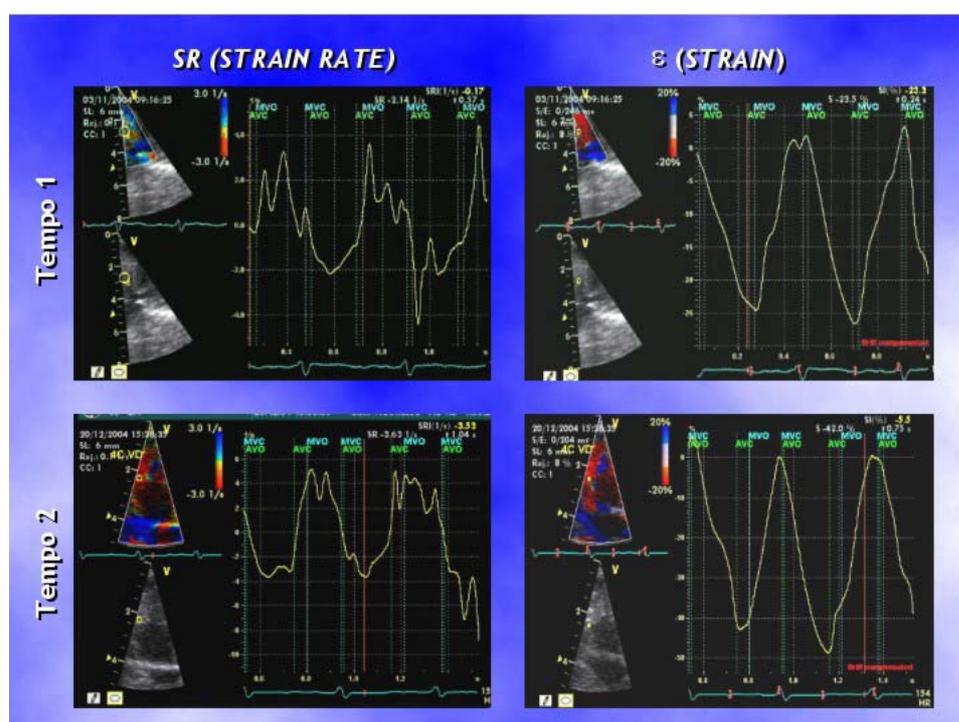


Figura 9 - Comparação entre as medidas do SR e  $\epsilon$  sistólicos do VD no primeiro e segundo exames (Tempo 1 e Tempo 2)

Em todos os tempos a área interrogada corresponde ao segmento médio da parede livre do VD. À esquerda o espectro do SR demonstrou aumento significativo de seu valor absoluto no segundo exame (Tempo 2) em relação ao primeiro (  $-3,63 \text{ s}^{-1}$  vs  $-2,14 \text{ s}^{-1}$ ) e à direita o espectro do  $\epsilon$  também demonstrou aumento significativo do valor em relação ao primeiro exame ( $-42,0\%$  vs  $-23,5\%$ ).

Tabela 34GI/GII - Comparação entre medidas Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo direito - Função longitudinal - Apical 4 câmaras - *strain rate* (unidades  $\cdot^{-1}$ )

| Componente         | Parede       | Segmento | Medidas | Média | N  | p      |
|--------------------|--------------|----------|---------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | -2,00 | 30 | 0,013* |
|                    |              |          | Tempo 2 | -2,25 |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | -1,95 | 29 | 0,002* |
|                    |              |          | Tempo 2 | -2,25 |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | -2,23 | 29 | 0,878  |
|                    |              |          | Tempo 2 | -2,24 |    |        |
| Diastólico Inicial | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | 2,76  | 30 | 0,000* |
|                    |              |          | Tempo 2 | 4,28  |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | 3,07  | 29 | 0,000* |
|                    |              |          | Tempo 2 | 5,03  |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | 3,99  | 29 | 0,115  |
|                    |              |          | Tempo 2 | 4,61  |    |        |
| Diastólico Final   | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | 1,74  | 30 | 0,000* |
|                    |              |          | Tempo 2 | 3,06  |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | 2,54  | 29 | 0,000* |
|                    |              |          | Tempo 2 | 3,93  |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | 3,72  | 29 | 0,368  |
|                    |              |          | Tempo 2 | 3,4   |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 35GI/GII - Comparação entre medidas Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo direito - Função longitudinal - apical 4 câmaras - *strain* (unidade %)

| Componente         | Parede       | Segmento | Medidas | Média  | N  | p      |      |        |    |        |
|--------------------|--------------|----------|---------|--------|----|--------|------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | -28,45 | 30 | 0,000* |      |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | -37,03 |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | -33,21 |    |        |      |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | -42,56 |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | -33,33 |    |        |      |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | -41,08 |    |        |      |        |    |        |
| Diastólico Inicial | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | 20,91  | 28 | 0,000* |      |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | 26,45  |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | 21,96  |    |        | 29   | 0,000* |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | 31,55  |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | 21,53  |    |        |      |        | 30 | 0,000* |
|                    |              |          | Tempo 2 | 30,5   |    |        |      |        |    |        |
| Diastólico Final   | Parede Livre | Basal    | Tempo 1 | 7,95   | 30 | 0,078  |      |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | 9,75   |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Médio    | Tempo 1 | 11,37  |    |        | 0,68 |        |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | 10,96  |    |        |      |        |    |        |
|                    |              | Apical   | Tempo 1 | 11,63  |    |        |      | 0,178  |    |        |
|                    |              |          | Tempo 2 | 10,49  |    |        |      |        |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 36GI/GII - Comparação entre medidas Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo direito - Função longitudinal - apical 2 câmaras - basal inferior *strain rate* (unidades  $s^{-1}$ )

| Componente         | Medidas | Média | N  | p      |
|--------------------|---------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Tempo 1 | -1,82 | 30 | 0,022* |
|                    | Tempo 2 | -2,05 |    |        |
| Diastólico Inicial | Tempo 1 | 2,96  | 30 | 0,020* |
|                    | Tempo 2 | 3,78  |    |        |
| Diastólico Final   | Tempo 1 | 2,27  | 29 | 0,090  |
|                    | Tempo 2 | 2,85  |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

Tabela 37GI/GII - Comparação entre medidas Tempo 1 x Tempo 2 - Ventrículo direito - Função longitudinal - apical 2 câmaras - basal inferior *strain* (unidade %)

| Componente         | Medidas | Média  | N  | p      |
|--------------------|---------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Tempo 1 | -27,74 | 30 | 0,000* |
|                    | Tempo 2 | -35,42 | 30 |        |
| Diastólico Inicial | Tempo 1 | 19,24  | 30 | 0,000* |
|                    | Tempo 2 | 26,20  | 30 |        |
| Diastólico Final   | Tempo 1 | 8,66   | 30 | 0,360  |
|                    | Tempo 2 | 9,33   | 30 |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \*= valor p com significância estatística.

#### 4.4.8 - Reprodutibilidade dos dados

A variabilidade inter-examinador e intra-examinador é mostrada na Tabela 38. Foi feita a média de cada examinador, posteriormente a média entre os examinadores e o desvio padrão das médias.

O coeficiente de variação inter-examinador foi considerado baixo nas medidas do SR/ $\epsilon$  sistólicos, aceitável na medida do SR diastólico final e considerado alto na medida do  $\epsilon$  diastólico final. A reprodutibilidade dos dados intra-examinador mostrou-se relativamente alta, com coeficiente de variação inferior a 10% em todas as medidas dos diversos componentes em diferentes paredes e segmentos.

Tabela 38 - Reprodutibilidade dos dados: Variabilidade intra-examinador e inter-examinador

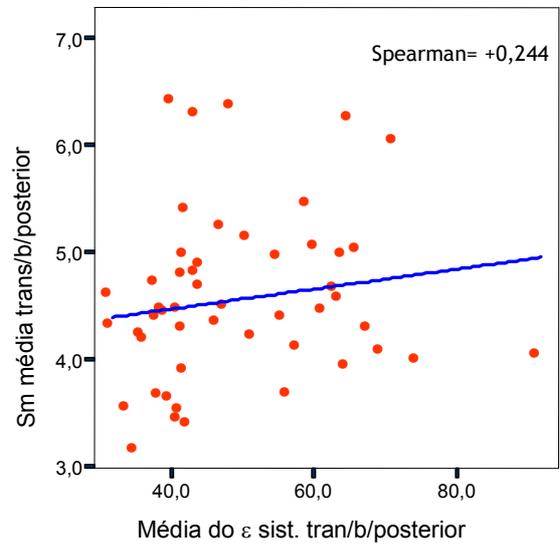
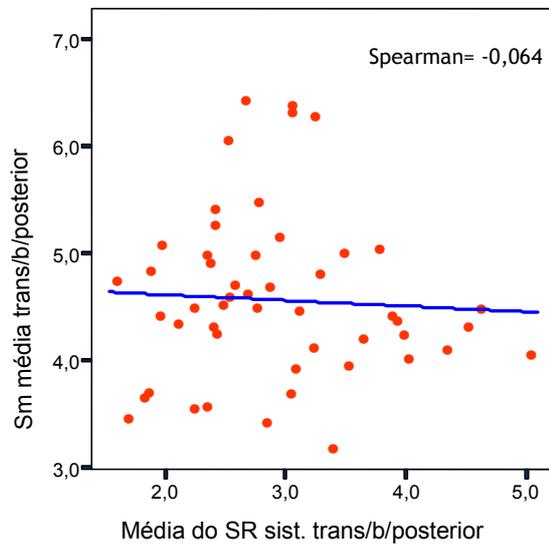
| Corte                      | Parede    | Componentes                 | Variabilidade    |                  |
|----------------------------|-----------|-----------------------------|------------------|------------------|
|                            |           |                             | Intra-examinador | Inter-examinador |
| Apical 4<br>Câmaras        | Septo     | $\epsilon$ sistólico        | 1,69%            | 4,58%            |
|                            |           | SR sistólico                | 2,52%            | 4,69%            |
|                            |           | $\epsilon$ diastólico final | 8,13%            | 28,21%           |
|                            |           | SR diastólico final         | 9,22%            | 10,81%           |
| Paraesternal<br>eixo curto | Posterior | $\epsilon$ sistólico        | 7,19%            | 13,36%           |
|                            |           | SR sistólico                | 5,51%            | 15,18%           |
|                            |           | $\epsilon$ diastólico final | 4,46%            | 34,58%           |
|                            |           | SR diastólico final         | 5,03%            | 10,03%           |

Os valores representam o coeficiente de variação (desvio padrão como porcentagem da média);  $\epsilon$  = *strain* ; SR = *Strain rate*.

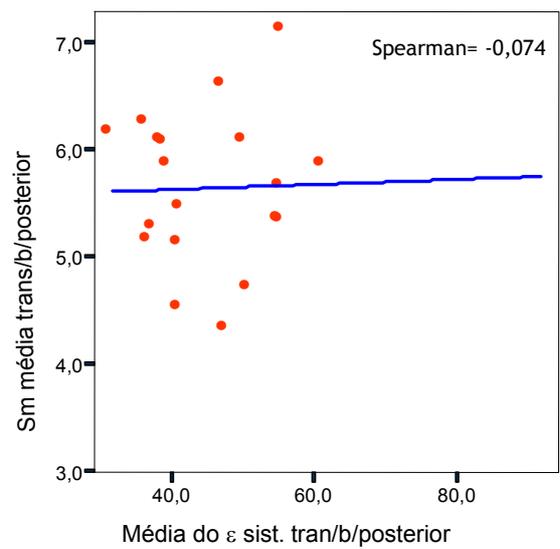
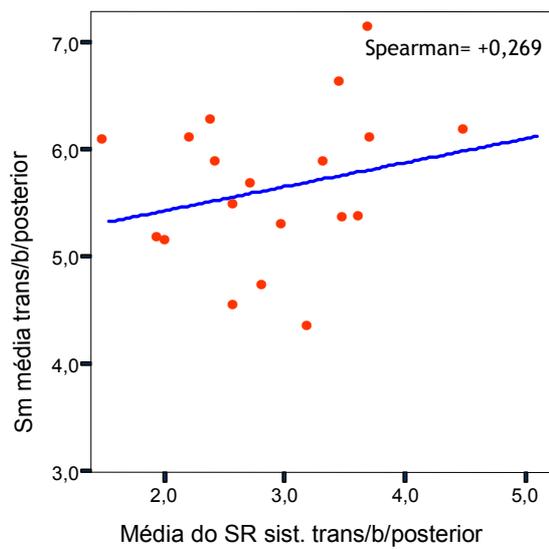
#### 4.4.9 - Correlação entre as velocidades sistólicas e os índices de deformação miocárdica

Comparamos as variáveis Sm da velocidade sistólica com SR e  $\epsilon$  sistólicos através do coeficiente de correlação de Spearman em segmentos basais da parede posterior do VE (função radial) e segmentos basais das paredes septal e lateral do VE (função longitudinal) e do segmento basal da parede livre do VD (função longitudinal) nos dois grupos. Essas correlações foram visualizadas através de diagramas de dispersão. Verificamos não existir nenhuma correlação clinicamente aceitável entre as duas variáveis (Gráficos 1, 2, 3 e 4).

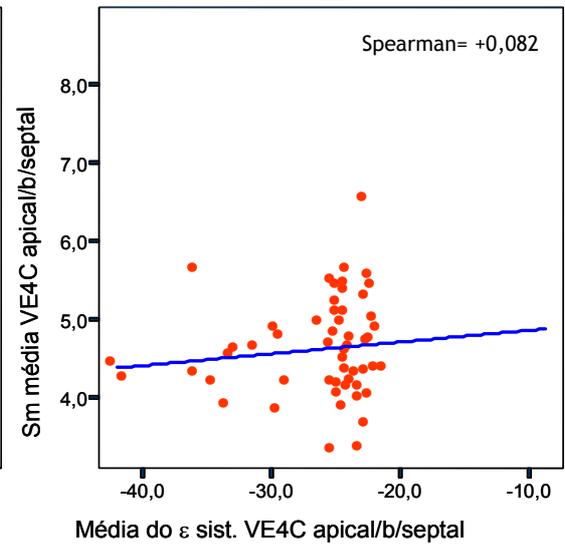
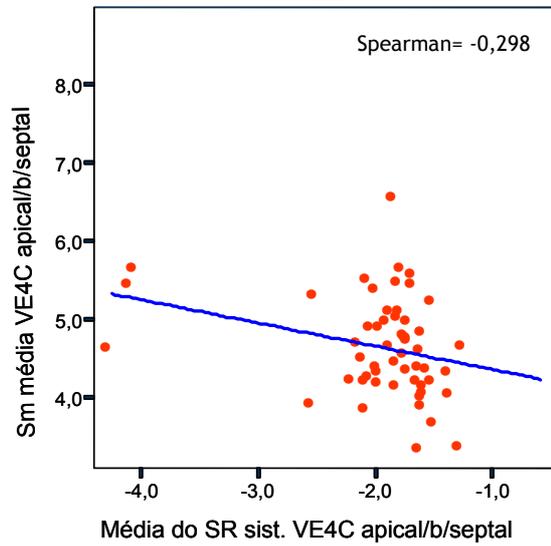
## TEMPO 1



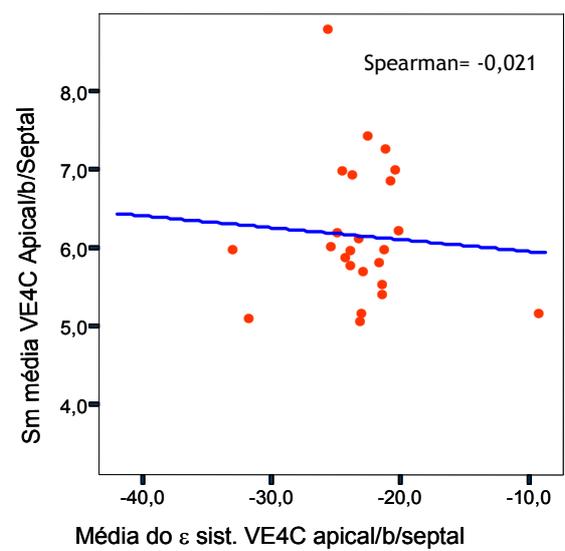
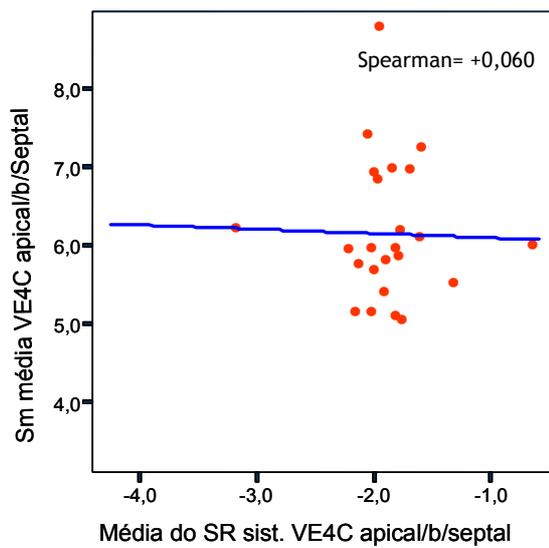
## TEMPO 2



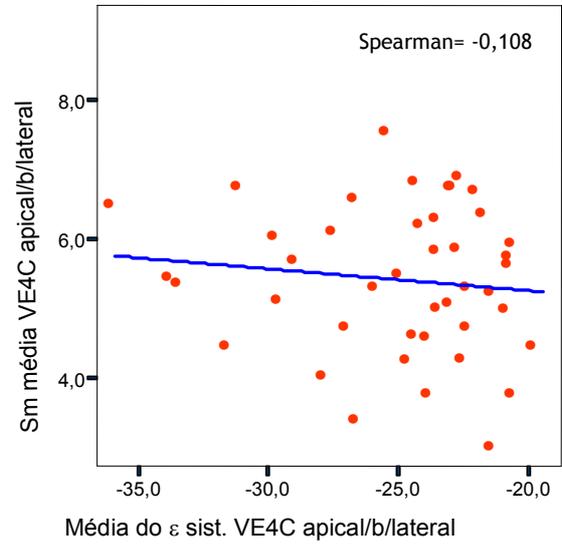
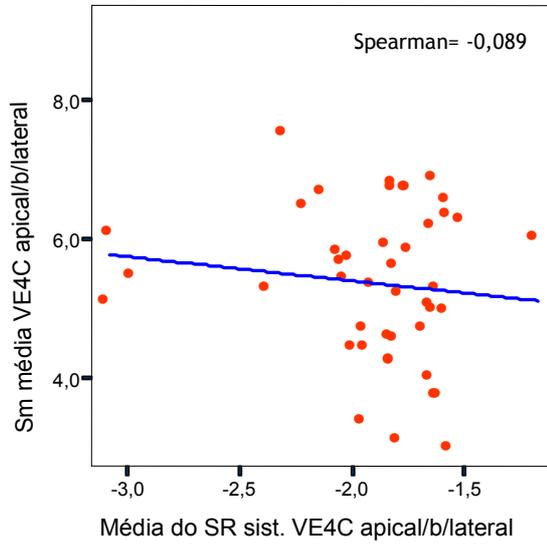
TEMPO 1



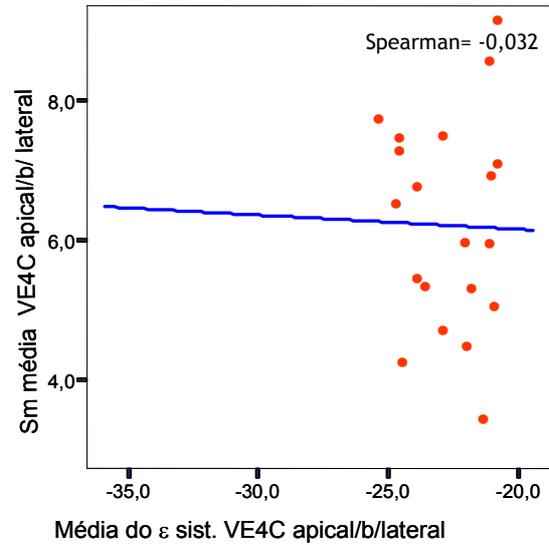
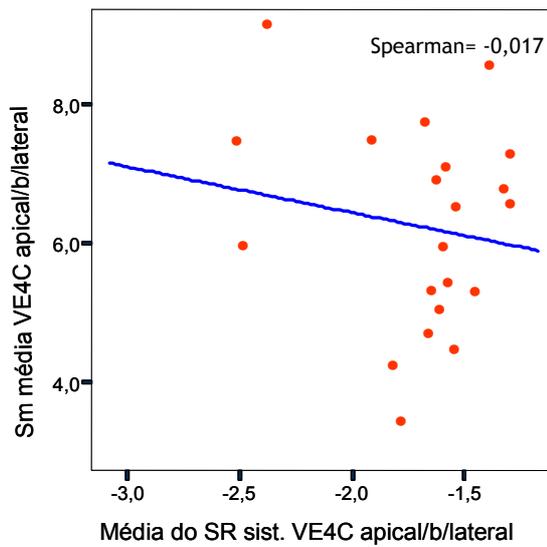
TEMPO 2



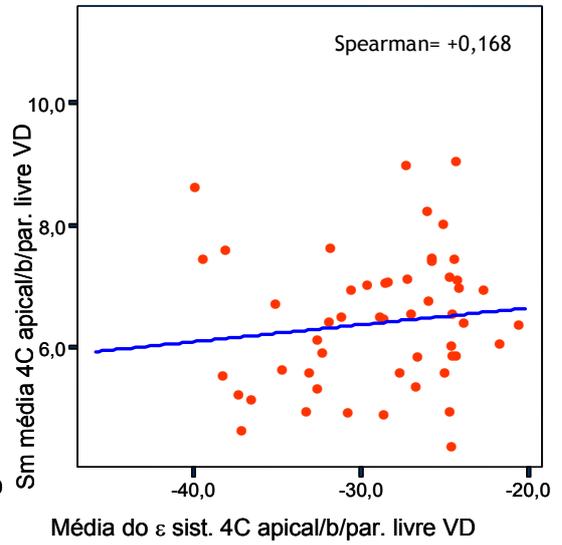
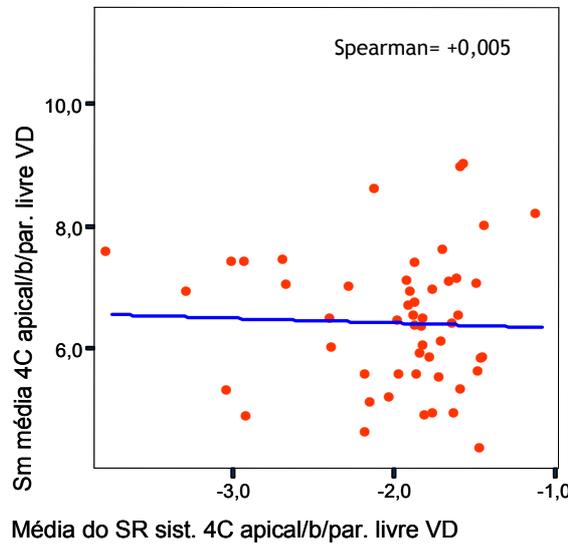
## TEMPO 1



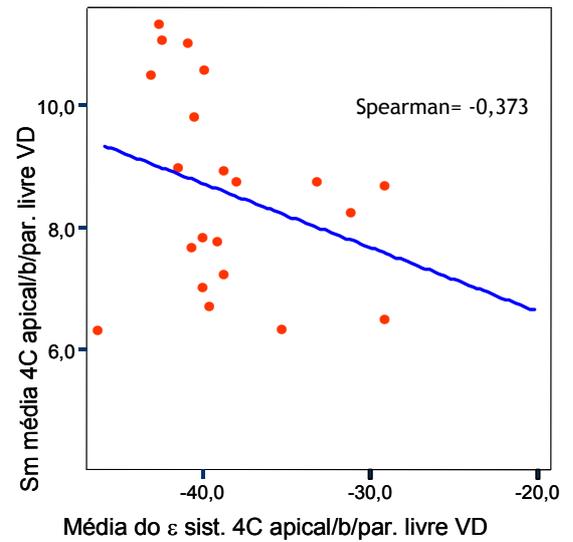
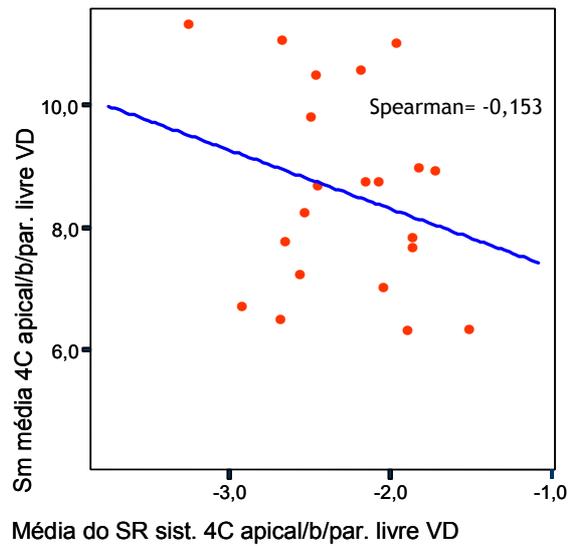
## TEMPO 2



## TEMPO 1



## TEMPO 2



## **5. DISCUSSÃO**

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O primeiro emprego do ultra-som como ferramenta diagnóstica foi feito em 1942, quando dois irmãos austríacos Karl Theodore e Friederich Dussik conseguiram obter uma imagem simples do cérebro na tentativa de localizar um tumor (Dussik, 1942). O primeiro sistema ultra-sonográfico capacitado para estimar a velocidade do fluxo sanguíneo foi descrito 15 anos mais tarde por Satomura e foi baseado nos princípios do Doppler contínuo. A técnica foi tendo grande evolução, com os sistemas desenvolvendo o Doppler pulsado e em cores, possibilitando a demonstração das velocidades em tempo real e posteriormente o Doppler tecidual do miocárdio (Sutherland et al., 2005).

Uma extensão quase natural da medida das velocidades miocárdicas foi o desenvolvimento da estimativa do gradiente intramiocárdico das velocidades radiais que possibilitou certa independência da movimentação global do coração (Fleming et al., 1994). De fato, o gradiente espacial das velocidades radiais dentro do músculo é idêntico à taxa de deformação, isto é, *strain rate* do músculo. No final da década de 90 novas aplicações foram desenvolvidas (em modo-M e bidimensional), permitindo a estimativa em tempo real do SR regional nas direções radial e longitudinal (Heimdal et al., 1998; 1999). As medidas baseadas na técnica ultrassonográfica dos índices de deformação miocárdica já foram validadas em estudos

experimentais com o emprego da sonomicrometria (Urheim et al., 2000) e da ressonância magnética com *tagging* (Edvardsen et al., 2000).

Existem poucos estudos acerca dos índices de deformação miocárdica em crianças e nenhum com o grupo de neonatos. Mesmo estudos utilizando apenas as velocidades são raros em crianças (Mori et al., 2004) e avaliaram apenas a função longitudinal.

O único estudo estabelecendo valores normais de referência para crianças foi feito por Weidemann et al., 2002a, com casuística de 33 crianças numa faixa etária de 4 a 16 anos.

## 5.2 - ANÁLISE DAS VELOCIDADES DO GRUPO I

As velocidades do Doppler tecidual pulsado foram medidas durante o exame, com amostra de volume colocada na porção central do miocárdio em diferentes paredes e segmentos (três medidas consecutivas). Obtivemos os valores de pico das ondas Sm (sistólica) e Em e Am (diastólicas). A relação Em/Am foi calculada posteriormente. Nem todos os segmentos e paredes puderam ser medidos, ou por agitação ou choro da criança ou por curva espectral tecnicamente inadequada. O padrão da curva de velocidades foi diferente a nível radial e longitudinal, com predomínio da onda Em na parede posterior do VE no corte paraesternal eixo transversal do VE. Tal achado foi semelhante ao estudo de Rychik e Tian, 1996, com crianças maiores (idade média igual a  $7 \pm 5$  anos), explicando o maior valor encontrado da relação Em/Am nessa parede.

Em relação à função longitudinal verificamos gradiente estatisticamente significativo entre os segmentos das paredes incluindo todas as ondas, que mostraram redução progressiva das velocidades da base para o ápice dos ventrículos.

Na comparação entre as diferentes paredes do VE verificamos que a onda Sm apresentou picos de velocidades mais altos na parede lateral em relação à septal e na parede inferior em relação à anterior. A onda Em apresentou comportamento semelhante, o que está compatível com trabalhos da literatura com pacientes adultos (Isaaz e al., 1993; Pai et al., 1998; Galiuto et al., 1998; Kukulski e al., 2000; Edner et al. 2000). Tal achado pode estar relacionado à presença de mais fibras longitudinais nas paredes livres do VE em relação ao septo (Galiuto et al., 1998).

Na comparação entre as velocidades longitudinais dos ventrículos esquerdo e direito verificamos que os picos das velocidades Sm, Em e Am da parede livre do VD foram persistentemente superiores aos obtidos nas paredes septal e mesmo anterior e lateral em seus diferentes segmentos. Tal achado é compatível com estudos envolvendo crianças (Mori et al. 2000; Kapusta et al., 2000). Como particularidade verificamos que a onda Em da parede inferior apresentou pico de velocidade significativamente semelhante à parede livre do VD no segmento basal.

### 5.3 - ANÁLISE DAS VELOCIDADES DO GRUPO II

Com o aumento do coração da criança verificamos aumento global dos picos das velocidades em todas as paredes e segmentos dos ventrículos

esquerdo e direito em relação ao primeiro exame, consonante com a literatura vigente (Mori et al., 2004).

A tendência do gradiente das velocidades com progressiva diminuição dos picos até o ápice só não ficou evidente nos cortes transversais do VE (função radial), como ocorreu com o Grupo I. A parede inferior apresentou picos das velocidades sistólicas e diastólicas superiores aos obtidos na parede anterior. Entretanto não houve aumento significativo das velocidades da parede lateral em relação à septal, existindo tendência apenas no segmento apical ( $p=0,055$ ).

Os picos das velocidades sistólicas e diastólicas medidos no ventrículo direito foram superiores aos do VE, em todos os segmentos das paredes lateral, anterior e septal. Novamente a onda Em do segmento basal da parede inferior foi semelhante à medida no segmento basal da parede livre do VD. Tal achado pode ser explicado pela angulação próxima do zero obtida com essa posição.

#### 5.4 - ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DO GRUPO I

O estudo da função regional longitudinal do VE demonstrou que existiu certa homogeneidade para os três segmentos do VE, que foi quebrada principalmente pela parede septal, que mostrou valores do SR e  $\epsilon$  sistólicos mais reduzidos no ápice em relação às porções basal e média. Tal fato ocorreu também de maneira menos evidente nas paredes anterior e lateral, alterando-se apenas o SR. O  $\epsilon$  diastólico inicial foi o único a mostrar diferença na parede septal, apresentando menor valor no

segmento apical. Weidemann et al., 2002a, em trabalho já mencionado, com 33 crianças saudáveis em faixa etária maior, encontrou valores do componente diastólico final do SR e  $\epsilon$  reduzidos nos segmentos apicais das paredes septal e lateral, quando comparados com os dos segmentos basais. Uma das hipóteses para explicar nossos achados reside na possibilidade do miocárdio neonatal desenvolver menos força que o miocárdio do adulto, já que existe um aumento progressivo do retículo miofibrilar e sarcoplásmico após o nascimento (Nakanishi et al., 1987; Stopfkunchen, 1987). Uma outra possibilidade seria o ângulo de insonação não adequado da região apical associado à direção da movimentação (Sutherland et al., 2005). Devido a esse fato procuramos obter as curvas de deformação miocárdica nas porções mais basais do segmento apical.

A função regional radial do VE não demonstrou diferença significativa entre os valores medidos nos segmentos basal e médio da parede posterior.

Os valores absolutos do SR radial, com todos os seus componentes, medidos nos segmentos basal e médio da parede posterior foram superiores ao SR longitudinal. O  $\epsilon$  sistólico, diastólico inicial e final foi o dobro daquele obtido na direção longitudinal. Tais achados são compatíveis com os dados da literatura (Kowalski et al., 2001; Weidemann e al., 2002a).

A avaliação regional do VD demonstrou aumento significativo do  $\epsilon$  sistólico no segmento médio em relação ao basal e aumento de todos os componentes do SR/ $\epsilon$  no segmento apical. Tal achado encontra respaldo na literatura. Kowalski et al., 2001, verificaram que os índices de deformação miocárdica do VD apresentaram comportamento contrário ao observado

com as velocidades, com aumento de suas medidas nos segmentos médio e apical. Tal fato vem sendo utilizado para diagnóstico de formas incipientes de displasia arritmogênica do ventrículo direito (Pena et al., 2004). Uma das explicações seria possíveis alterações da arquitetura da fibra miocárdica do VD aliadas à menor impedância arterial. Outra possibilidade para explicar maiores valores obtidos no segmento médio seria a angulação mais adequada do feixe ultrassônico nessa posição (Kowalski et al., 2001). Os valores do segmento basal da parede inferior foram significativamente inferiores àqueles obtidos na parede livre lateral do VD, provavelmente porque a parede inferior é mais fixa, como também observado por Weidemann et al., 2002a. Na comparação entre a parede livre do VD e a parede septal do VE verificamos que os valores de  $\epsilon$  com todos os seus componentes e em todas as paredes foram superiores no VD. O SR sistólico foi superior no segmento apical em relação ao VE. Na literatura disponível, com faixa etária maior houve maior diferença também do SR.

### 5.5 - ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DO GRUPO II

Os achados no Grupo II apresentaram comportamento com alguma semelhança em relação àqueles obtidos no Grupo I. Novamente verificamos SR sistólico das paredes septal e anterior com valores inferiores no segmento apical em relação aos segmentos basal e médio. O  $\epsilon$  sistólico e diastólico inicial apresentaram valores superiores no segmento apical da parede inferior e uma possível explicação seria o ângulo incidente do ultrassom.

A função regional radial do VE foi bastante uniforme em seus segmentos basal e médio, como no Grupo I. Na comparação entre seus valores absolutos e aqueles representativos da função longitudinal na parede septal, novamente verificamos superioridade de todos os seus componentes de forma consistente, como já descrito na literatura (Sutherland e al., 2004).

A função regional do VD demonstrou aumento significativo do  $\epsilon$  sistólico e do seu componente diastólico inicial nos segmentos médio e apical. O SR sistólico entretanto, não demonstrou diferença entre os segmentos, sendo que os componentes diastólicos e sistólicos foram maiores nos segmentos médio e apical. Na comparação entre os índices medidos no VE e VD verificamos aumento do  $\epsilon$  miocárdico com todos os seus componentes em todos os segmentos do VD em relação à parede septal do VE. O SR demonstrou diferença significativa em todos os segmentos, mais semelhante com os dados de adultos e crianças maiores (Kowalski et al., 2001, Weidemann et al., 2002a).

## 5.6 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA DOS GRUPOS I E II

Em 30 crianças que retornaram após quatro semanas, repetimos o exame com análise pareada de paredes e segmentos.

A função radial do VE mostrou redução dos valores do  $\epsilon$  sistólico nos segmentos basal e médio da parede posterior. O SR sistólico não apresentou

diferença significativa e o diastólico final demonstrou aumento no segmento médio no segundo exame.

O comportamento da função regional longitudinal do VE foi estudado nas paredes septal, lateral, inferior e anterior. O  $\epsilon$  sistólico reduziu significativamente em todas as paredes e todos os segmentos. O SR sistólico mostrou redução em apenas um segmento nas paredes lateral, inferior e anterior. O SR diastólico inicial mostrou aumento no segundo exame nas paredes septal e lateral em relação ao primeiro.

O comportamento da função regional longitudinal do ventrículo direito demonstrou aumento significativo e persistente dos valores do  $\epsilon$  sistólico e diastólico inicial em todos os segmentos da parede livre e da parede inferior. O SR apresentou aumento dos valores dos componentes sistólico e diastólico nos segmentos basal e médio da parede livre e no segmento basal da parede inferior.

Nossa hipótese é de que esses achados são secundários às alterações hemodinâmicas e funcionais que ocorrem no ambiente neonatal.

Sabe-se que as mudanças circulatórias mais dinâmicas na vida do ser humano processam-se durante a transição da vida fetal para o ambiente neonatal (Stopfkuchen, 1987; Haworth, 1988; Ichihashi et al., 1999; Mattos, 1999; Kozák-Bárány et al., 2001). Nesse momento o canal arterial se fecha e o fluxo sanguíneo pulmonar aumenta em proporção direta à diminuição da resistência vascular pulmonar. Assim, o sangue que retorna ao VE aumenta (aumento da pré-carga) e com o aumento da pressão arterial sanguínea devido ao fechamento da circulação placentária, o trabalho (pós-

carga) do ventrículo esquerdo, também é aumentado. Embora o débito cardíaco do VD seja cerca de 24% maior em relação ao do VE, após o nascimento, o volume de ejeção em ambos os ventrículos se torna o mesmo (Sutton et al., 1991). A pós-carga do ventrículo direito diminui de acordo com a diminuição da resistência vascular pulmonar.

Trabalhos na literatura demonstram que a relação entre o volume do músculo do VD em relação à superfície corpórea e em relação ao volume diastólico final obtido pela ecocardiografia bidimensional com traçado manual se reduz ao fim do período neonatal (30-35 dias), indicando que as reduções de sobrecarga de volume e pressão podem alterar o volume do músculo do VD (Sutton et al., 1991).

Tradicionalmente a quantificação da função cardíaca pelo ultra-som consiste na combinação da análise visual da movimentação das paredes com a medida do espessamento ou afinamento do miocárdio. Os índices de deformação miocárdica, derivados do Doppler tecidual foram recentemente propostos como uma alternativa viável, confirmada em estudos experimentais e clínicos, em que mudanças nos índices em segmentos específicos estavam relacionadas às alterações da contratilidade (D'hooge et al. 2000; Kowalski et al., 2001; Pislaru et al. 2002; Hoffmann et al., 2002; Weidemann e al. 2003).

A deformação miocárdica é o resultado de uma interação complexa de forças contráteis intrínsecas e condições extrínsecas de carga aplicadas a um tecido com propriedades elásticas variáveis. Neste cenário, mudanças na pré e pós-carga, assim como mudanças na tensão intrínseca da fibra

miocárdica são importantes determinantes do padrão e magnitude da deformação miocárdica (Jamal et al., 2003).

Nossos achados são consonantes com esses preceitos. Nos neonatos a redução do  $\epsilon$  sistólico regional longitudinal do VE em todas as paredes e segmentos é compatível com maior influência de alterações da pré e pós-carga. Trabalhos experimentais em animais demonstraram, comparando parâmetros de deformação miocárdica com parâmetros de diferentes estados hemodinâmicos e de volume, que o  $\epsilon$  sistólico correlacionou-se melhor com mudanças no volume sistólico, enquanto o SR sistólico teve melhor correlação com o  $dP/dt$  (índice de função contrátil), sendo relativamente independente da frequência cardíaca (Weidemann et al., 2002b; Greenberg et al., 2002). Em outro estudo experimental, Jamal et al., 2001, na tentativa de caracterizar a função regional no miocárdio atordado, durante estímulo inotrópico, verificaram que os valores de SR quantificaram a reserva contrátil de forma melhor que os valores de  $\epsilon$ . Em nosso material o SR do VE reduziu em apenas um segmento das paredes mantendo maior constância.

O aumento do SR diastólico inicial pode ser explicado pela menor rigidez do coração do neonato após 30 dias. Marijianowski et al., 1994 verificaram em um estudo, com espécimes da parede lateral do VE de corações humanos, que havia predomínio do colágeno tipo I, relacionado a rigidez em detrimento do tipo III, relacionado a elasticidade. O estudo mostrou que, apesar da quantidade total do colágeno aumentar com a

idade, em crianças recém nascidas a relação do tipo I/tipo III era muito alta, alcançando níveis normais após cinco meses de vida.

Trabalhos experimentais com animais já demonstraram que o coração no período imediato ao nascimento funciona num nível já muito alto de desempenho, apresentando uma capacidade limitada de aumento adicional do seu débito cardíaco (Nakanishi et al.,1987; Ichihashi et al.,1999). Porém, aos 30 dias o coração já apresentaria uma diástole mais completa.

Em nossa casuística ocorreu também redução do  $\epsilon$  sistólico regional radial no segundo exame, sem alteração do SR sistólico, que se mostrou menos sujeito a variações. Entretanto o SR diastólico final aumentou no segundo exame que pode ser devido às hipóteses abordadas no parágrafo anterior.

Quanto ao comportamento dos índices no ventrículo direito, verificamos que houve aumento sistemático dos valores do  $\epsilon$  sistólico e diastólico inicial em todos os segmentos da parede livre do VD e na parede inferior. Os valores do SR sistólico e diastólico inicial e final aumentaram no segundo exame, indicando redução da pós-carga, causada pela queda da hipertensão pulmonar. Trabalhos experimentais com animais analisando a função contrátil do VD durante situações diversas de carga, com microcristais ultra-sônicos, demonstraram que o SR foi menos sensível a variações de carga nos diferentes segmentos (Jamal et al., 2003).

### 5.7 - ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE VELOCIDADES SISTÓLICAS E ÍNDICES DE DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA

Comparamos a onda sistólica de velocidade ( $S_m$ ) com  $SR/\varepsilon$  sistólicos obtidos no segmento basal posterior do VE (função radial) com segmento basal das paredes septal e lateral do VE e da parede livre do VD (função longitudinal) no primeiro e segundo exames. Na tentativa de correlacionar essas variáveis, colocamos em gráfico uma reta de regressão. O coeficiente de Spearman, que mede a associação entre os postos das observações em cada variável demonstrou que a correlação não é significativa. Até mesmo no VD, que apresentou aumento dos índices de deformação no segundo exame e também aumento da velocidade sistólica, a correlação não teve significância estatística.

O Doppler tecidual surgiu como uma técnica ecocardiográfica promissora que permitiria a medida quantitativa das velocidades sistólicas e diastólicas diretamente do miocárdio dos ventrículos. Numerosas aplicações clínicas da utilização do Doppler tecidual têm sido relatadas em adultos e crianças e em alguns estudos foi descrito como independente de alterações da pré e pós-carga (Sohn et al., 1997).

Um estudo recente (Eidem et al., 2005), em pacientes portadores de cardiopatia congênita, demonstrou redução das ondas  $S_m$  e  $E_m$  no anel mitral septal e lateral em casos com aumento da pós-carga do VE.

No nosso estudo as velocidades não foram suficientemente robustas para detectar essas mudanças fisiológicas no período neonatal.

## 5.8 - LIMITAÇÕES

Uma das maiores limitações da metodologia atual é a dependência do ângulo do feixe ultra-sônico, o que requer um grande nível de treinamento do operador. Deve-se tentar, em diferentes cortes e posições, alinhar o feixe ultra-sônico o mais paralelo possível do ponto a ser interrogado. Trata-se de uma técnica unidimensional, indicando que apenas um componente da verdadeira deformação tridimensional de um segmento miocárdico está sendo medido.

Outro problema significativo que pode dificultar a medida dos índices de deformação é a presença de ruído na curvas. A curva do SR é derivada comparando dois dados de velocidades do miocárdio e o seu cálculo amplifica o componente de ruído. Entretanto, foi possível fazer as medidas na maioria dos pacientes, adquirindo as imagens com taxa de quadros/s acima de 300 fr/s.

Outra dificuldade, especialmente nos neonatos, foi manter a região de interesse no centro da imagem bidimensional que apresenta paredes muito finas, o que consumiu muito tempo para as medidas.

A análise da função diastólica pelos índices  $SR/\epsilon$  ainda não está totalmente estabelecida, pois os parâmetros da diástole inicial e final podem ser influenciados pelo relaxamento miocárdico e pelos componentes precoces do enchimento inicial. Provavelmente o número de quadros/s disponíveis nos equipamentos atuais não é suficiente para esse registro, especialmente nessa faixa etária (Støylen, 2001). Além disso, as medidas

dos componentes diastólicos tiveram pior reprodutibilidade, requerendo investigações futuras.

### 5.9 - IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

A obtenção de um índice regional confiável de contratilidade, não dependente da estimativa visual que apresenta limitações já bem estabelecidas (Kvitting et al., 1999) reveste-se da maior importância para a prática clínica. Como se trata de índice derivado do ultra-som, tem caráter não invasivo, podendo ser obtido à beira do leito, em unidades de terapia intensiva ou blocos cirúrgicos, sem os inconvenientes de outras técnicas, como por exemplo, a ressonância magnética.

Outro benefício clínico potencial inerente a essa técnica é a temporização de eventos regionais específicos sistólicos e diastólicos em segmentos acometidos que possam ser comparados tanto com os marcadores globais dos eventos quanto com os eventos que ocorrem especificamente em segmentos normais.

As cardiopatias congênitas, com seu amplo espectro levando, em alguns casos, a grandes alterações do formato e posição dos ventrículos fazem com que o método tradicional de avaliação da contratilidade miocárdica seja muitas vezes insuficiente e inadequado.

Tal técnica já vem sendo utilizada para avaliação pré e pós operatória, especialmente em casos de transposição das grandes artérias e reimplante de coronárias (Mertens et al., 2001; Eyskens et al., 2004).

Entretanto, verificamos na literatura médica falta de padrões de referência de normalidade em neonatos englobando suas fases inicial e tardia, assim como a definição do papel dos fatores hemodinâmicos e pressóricos na medida destes índices.

Dessa forma, esperamos contribuir para que essa técnica permita uma distinção funcional mais clara e precisa das várias cardiopatias congênitas que afetam o recém-nascido, favorecendo assim a instituição do tratamento clínico ou cirúrgico de forma mais adequada e rápida.

## **6. CONCLUSÕES**

## 6. CONCLUSÕES

- 1 - Os índices de deformação miocárdica (*strain/strain rate*) são técnicas que podem ser aplicadas na prática clínica em neonatos para avaliação da função regional radial e longitudinal em ambos os ventrículos;
- 2 - Ao contrário das velocidades obtidas pelo Doppler tecidual pulsado, os índices de deformação miocárdica não apresentam gradiente bem definido entre a base e o ápice do coração em todas as paredes;
- 3 - Os índices de deformação miocárdica apresentam valores maiores da função regional radial em relação à longitudinal no ventrículo esquerdo. Os valores obtidos no ventrículo direito são superiores aos do ventrículo esquerdo;
- 4 - Os índices de deformação miocárdica apresentam mudanças no grupo de neonatos, em períodos de alta e baixa resistência pulmonar: verificamos aumento dos índices de *strain* do ventrículo direito no período de baixa resistência pulmonar (redução da pós-carga) e redução dos mesmos índices no ventrículo esquerdo (aumento da pré-carga inicialmente e aumento da pós-carga);
- 5 - O *strain rate* sistólico parece ser menos dependente de alterações da pré e pós-carga;

- 6 - O índices de deformação miocárdica demonstraram ser técnica mais robusta que a medida das velocidades pelo Doppler pulsado tecidual na identificação de anormalidades da contratilidade regional ocasionadas por alterações da pré e pós-carga.

## **7. ANEXOS**

## 7. ANEXOS

### ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

---

#### HOSPITAL DAS CLÍNICAS

DA

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

---

##### I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO PACIENTE:.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº :..... SEXO : M  F

DATA NASCIMENTO:...../...../.....

ENDEREÇO:..... Nº..... APTO:.....

BAIRRO:..... CIDADE:.....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....) .....

2. RESPONSÁVEL LEGAL .....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M  F

DATA NASCIMENTO:...../...../.....

ENDEREÇO:..... Nº..... APTO:.....

BAIRRO:..... CIDADE:.....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....).....

---

##### II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: ALTERAÇÕES SEQUENCIAIS DA DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA LONGITUDINAL E RADIAL (STRAIN/STRAIN RATE) E DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM NEONATOS NORMAIS

PESQUISADOR: JOSÉ LUIZ BARROS PENA

CARGO/FUNÇÃO: MÉDICO.....

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 12.149

UNIDADE DO HCFMUSP: INSTITUTO DO CORAÇÃO

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO  RISCO MÍNIMO  RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO  RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 6 MESES.....

---

---

**III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:**

1. justificativa e os objetivos da pesquisa; 2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais; 3. desconfortos e riscos esperados; 4. benefícios que poderão ser obtidos; 5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

1. Você está sendo convidado a participar desse estudo coordenado pelo Dr. José Luiz Barros Pena, liberando seu (sua) filha recém-nascido (a). Essa pesquisa tem como objetivo obter os valores de referência da função cardíaca do recém-nascido, envolvendo os ventrículos direito e esquerdo, utilizando uma técnica dentro do exame ecocardiográfico (ultra-som do coração), que é um procedimento não-invasivo.
2. Serão feitos exames de crianças que foram consideradas normais ao exame do berçário e nas quais o médico pediatra não auscultou sopros. A criança fará um exame de ecocardiograma, isto é, a utilização de um aparelho de ultra-som específico para o coração. O exame consiste no envio de ondas ultra-sônicas através do tórax do bebê pelo transdutor e as ondas de retorno ou ecos são eletronicamente desenhadas para produzir uma imagem do coração na tela do aparelho chamado de ecocardiograma. Serão colocados três eletrodos na pele do bebê para o registro simultâneo do eletrocardiograma. Para o exame utilizamos gel que é colocado entre o transdutor e a pele do bebê para evitar presença de ar entre as estruturas, que piora a imagem. As imagens são obtidas em diferentes posições, tais como abdome, tórax e pescoço da criança e gravadas em video-cassete e *compact disc* (CD) para posterior análise. Não há punção de veia, coleta de sangue, sedação da criança ou qualquer outro procedimento invasivo. O exame demora cerca de trinta minutos.
3. Não há nenhum risco para a criança e não há efeitos adversos conhecidos da ecocardiografia em exames convencionais. A tolerância do exame pelo bebê é excelente.
4. Será feito um exame ecocardiográfico completo da criança, que verificará a integridade do sistema cardiovascular sem qualquer ônus para os pais. Vocês estarão contribuindo para o entendimento da comunidade médica acerca dos padrões de normalidade das crianças, podendo gerar reflexos positivos no diagnóstico e na rapidez do tratamento a ser instituído.

---

**IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:**

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.
3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade.
4. Disponibilidade de assistência no HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.
5. Viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa.

---

**V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.**

---

**VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:**

---

**VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO**

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

Belo Horizonte, de de 2004.

.....  
assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

.....  
assinatura do pesquisador (carimbo ou nome legível)

---

**ANEXO B - PROTOCOLO DO ESTUDO “ALTERAÇÕES SEQUENCIAIS DA DEFORMAÇÃO MIOCÁRDICA LONGITUDINAL E RADIAL (*STRAIN/STRAIN RATE*) E DAS VELOCIDADES DO DOPPLER TECIDUAL PULSADO EM NEONATOS NORMAIS”**

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO SISTO-DIASTÓLICA EM NEONATOS NORMAIS**

N PTE   
 N1 ECO   
 FITA   
 DATA DO EXAME   
 HORARIO (24h) h min  
 PROCEDENCIA: 0SANTA CASA 1MOV

NOME DA MÃE   
 NOME1 DO PAI   
 ENDERECO   
 BAIRRO  CIDADE  CEP   
 TELEFONE

NOME2 CRIANCA   
 SEXO 0 FEMININO 1 MASCULINO   
 COR 0 Branca 1Feo 2Melano 3Outra   
 IDADE GESTACIONAL (sem)   
 DATA1 DE NASCIMENTO   
 HORA DO NASCIMENTO(24h) h min

**EXAME CLÍNICO DO RN**  
 PESO (gr)   
 COMPRIMENTO (cm)   
 SC   
 PCcm   
 PTcm   
 Pabcm   
 APGAR 1MIN   
 APGAR1 5MIN

**DADOS DO PARTO**

**NO CESAREA 1NORMAL**

**DADOS CLÍNICOS DA MÃE**

**IDADE1**

**HIPERTENSAO 0NÃO 1SIM**

**DIABETES 0NÃO 1SIM**

**ALCOOLISMO 0NÃO 1SIM**

**TABAGISMO 0NÃO 1SIM**

**OUTRAS COMORBIDADES 0NÃO 1SIM**  **QUAL**

**DADOS ECOCARDIOGRAFICOS**

**ECO MODO M (mm)**

**Ao**

**AE =**

**VD =**

**DdVE =**

**DsVE =**

**SIV =**

**PpVE =**

**SIVPpVE**

**VDF =**

**VSF =**

**FE =**

**AD**

**SEPTO IV: 0NORMAL 1DISCINETICO**

**FORAME OVAL PERMEÁVEL: 0NÃO 1SIM**

**PCA 0NÃO 1SIM**

**DIAMETRO (mm)**

**FLUXO 0CONTÍNUO 1SISTÓLICO**

**FLUXO PULMONAR**

PICOcms: \_\_\_\_\_

TEJEO (ms)(b) \_\_\_\_\_

**VALVA TRICUSPIDE**

PICO INS.TRIC.(cm/s) \_\_\_\_\_

GRADADVD (mmHg) \_\_\_\_\_

PSAP (mmHg) \_\_\_\_\_

FECHAM VT à ABERT(ms)(a) \_\_\_\_\_

IPM VD \_\_\_\_\_

**VALVA MITRAL**

VEL DE PROP.DO FLUXO MITRAL(cm/s) \_\_\_\_\_

**VALVA AORTICA - MODO M**

**VALVA AORTICA - DOPPLER PULSADO**

**VALVA MITRAL - MODO M**

**VALVA MITRAL - DOPPLER PULSADO**

**DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO ESQUERDO (VE)  
PARAESTERNAL TRANSVERSAL**

**BASAL SEPTAL (VE-TRANS)**

Smcms \_\_\_\_\_

Emcms \_\_\_\_\_

Ancms \_\_\_\_\_

SR sistólico(1/s) \_\_\_\_\_

SR5 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_

SR10 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
S sistólico(%) \_\_\_\_\_  
S5 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
S10 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**BASAL POSTERIOR (VE-TRANS)**

Smcms5 \_\_\_\_\_  
Emcms5 \_\_\_\_\_  
Amcms5 \_\_\_\_\_  
SR15 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
SR20 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
SR25 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
S15 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
S20 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
S25 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**MEDIO POSTERIOR (VE-TRANS)**

Smcms10 \_\_\_\_\_  
Emcms10 \_\_\_\_\_  
Amcms10 \_\_\_\_\_  
SR30 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
SR35 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
SR40 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
S30 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
S35 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
S40 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO ESQUERDO (VE)  
APICAL 4 CAMARAS**

SEPTAL

**BASAL SEPTAL (VE-4C)**

Smcms15 \_\_\_\_\_ 4  
 Emcms15 \_\_\_\_\_  
 Amcms15 \_\_\_\_\_  
 SR45 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR50 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR55 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S45 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S50 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S55 Final Diast(%) \_\_\_\_\_  
 IVCT (ms) \_\_\_\_\_  
 IVRT (ms) \_\_\_\_\_

**MEDIO SEPTAL (VE-4C)**

Smcms20 \_\_\_\_\_  
 Emcms20 \_\_\_\_\_  
 Amcms20 \_\_\_\_\_  
 SR60 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR65 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR70 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S60 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S65 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S70 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**APICAL SEPTAL (VE-4C)**

Smcms25 \_\_\_\_\_  
 Emcms25 \_\_\_\_\_  
 Amcms25 \_\_\_\_\_  
 SR75 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR80 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR85 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S75 sistólico(%) \_\_\_\_\_

S80 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S85 Final Diast(%) \_\_\_\_\_ 5

#### LATERAL

##### BASAL LATERAL (VE-4C)

Smcms30 \_\_\_\_\_  
 Emcms30 \_\_\_\_\_  
 Amcms30 \_\_\_\_\_  
 SR90 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR95 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR100 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S90 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S95 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S100 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

##### MEDIO LATERAL (VE-4C)

Smcms35 \_\_\_\_\_  
 Emcms35 \_\_\_\_\_  
 Amcms35 \_\_\_\_\_  
 SR105 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR110 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR115 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S105 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S110 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S115 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

##### APICAL LATERAL (VE-4C)

Smcms40 \_\_\_\_\_  
 Emcms40 \_\_\_\_\_  
 Amcms40 \_\_\_\_\_  
 SR120 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR125 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_

SR130 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S120 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S125 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S130 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

6

**DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO ESQUERDO (VE)  
 APICAL 2 CAMARAS**

**INFERIOR**

**BASAL INFERIOR (VE-2C)**

Smcms45 \_\_\_\_\_  
 Emcms45 \_\_\_\_\_  
 Amcms45 \_\_\_\_\_  
 SR135 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR140 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR145 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S135 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S140 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S145 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**MEDIO INFERIOR (VE-2C)**

Smcms50 \_\_\_\_\_  
 Emcms50 \_\_\_\_\_  
 Amcms50 \_\_\_\_\_  
 SR150 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR155 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_

SR160 Final Diast(1/s)   
 S150 sistólico(%)   
 S155 Inicio Diast(%)   
 S160 Final Diast(%) 

7

**APICAL INFERIOR (VE-2C)**

Smcms55   
 Emcms55   
 Amcms55   
 SR165 sistólico(1/s)   
 SR170 Inicio Diast(1/s)   
 SR175 Final Diast(1/s)   
 S165 sistólico(%)   
 S170 Inicio Diast(%)   
 S175 Final Diast(%) 

**ANTERIOR****BASAL ANTERIOR (VE-2C)**

Smcms60   
 Emcms60   
 Amcms60   
 SR180 sistólico(1/s)   
 SR185 Inicio Diast(1/s)   
 SR190 Final Diast(1/s)   
 S180 sistólico(%)   
 S185 Inicio Diast(%)   
 S190 Final Diast(%) 

**MEDIO ANTERIOR (VE-2C)**

Smcms65 

Emcms65 \_\_\_\_\_  
 Amcms65 \_\_\_\_\_  
 SR195 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR200 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR205 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S195 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S200 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S205 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

8

**APICAL ANTERIOR (VE-2C)**

Smcms70 \_\_\_\_\_  
 Emcms70 \_\_\_\_\_  
 Amcms70 \_\_\_\_\_  
 SR210 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR215 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR220 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S210 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S215 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S220 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

**DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO DIREITO (VD)  
 APICAL 4 CAMARAS**

**VENTRICULO DIREITO**

**BASAL PAREDE LIVRE (VD-4C)**

Smcms75 \_\_\_\_\_  
 Emcms75 \_\_\_\_\_  
 Amcms75 \_\_\_\_\_  
 SR225 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_

SR230 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR235 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S225 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S230 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S235 Final Diast(%) \_\_\_\_\_  
 IVCT5 (ms) \_\_\_\_\_  
 IVRT5 (ms) \_\_\_\_\_

#### MEDIO PAREDE LIVRE (VD-4C)

Smcms80 \_\_\_\_\_  
 Emcms80 \_\_\_\_\_  
 Amcms80 \_\_\_\_\_ 9  
 SR240 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR245 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR250 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S240 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S245 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S250 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

#### APICAL PAREDE LIVRE (VD-4C)

Smcms85 \_\_\_\_\_  
 Emcms85 \_\_\_\_\_  
 Amcms85 \_\_\_\_\_  
 SR255 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR260 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR265 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S255 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S260 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S265 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

#### DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO DIREITO (VD)

SR230 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR235 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S225 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S230 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S235 Final Diast(%) \_\_\_\_\_  
 IVCT5 (ms) \_\_\_\_\_  
 IVRT5 (ms) \_\_\_\_\_

#### MEDIO PAREDE LIVRE (VD-4C)

Smcms80 \_\_\_\_\_  
 Emcms80 \_\_\_\_\_  
 Amcms80 \_\_\_\_\_ **9**  
 SR240 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR245 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR250 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S240 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S245 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S250 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

#### APICAL PAREDE LIVRE (VD-4C)

Smcms85 \_\_\_\_\_  
 Emcms85 \_\_\_\_\_  
 Amcms85 \_\_\_\_\_  
 SR255 sistólico(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR260 Inicio Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 SR265 Final Diast(1/s) \_\_\_\_\_  
 S255 sistólico(%) \_\_\_\_\_  
 S260 Inicio Diast(%) \_\_\_\_\_  
 S265 Final Diast(%) \_\_\_\_\_

#### DOPPLER TECIDUAL/STRAIN/SR VENTRÍCULO DIREITO (VD)



## ANEXO C - INTEROBSERVER VARIABILITY

---

**INTEROBSERVER VARIABILITY**
**Sequential changes in longitudinal and radial myocardial deformation in the normal neonate heart**

José Luiz B. Pena

We invite you to join this research. Five people (including me) will measure the same parameters and we will compare. We will measure peak systolic S/SR. The end diastolic S/SR will be measured at the minimum deformation point, which frequently is coincident to p wave of the EKG. All images are of a baby boy with 29 days of age (second echo).

**LEFT VENTRICLE  
(APICAL 4-CHAMBER- SEPTUM BASE)**

|                         |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| STRAIN RATE SYSTOLIC    | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN RATE EARLY DIAST | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN RATE LATE DIAST  | ----- | ----- | ----- |

|                    |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
| STRAIN SYSTOLIC    | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN EARLY DIAST | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN LATE DIAST  | ----- | ----- | ----- |

**LEFT VENTRICLE  
(PARASTERNAL SHOR-AXIS, PAPILARY MUSCLES, POSTERIOR WALL)**

|                         |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| STRAIN RATE SYSTOLIC    | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN RATE EARLY DIAST | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN RATE LATE DIAST  | ----- | ----- | ----- |

|                    |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
| STRAIN SYSTOLIC    | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN EARLY DIAST | ----- | ----- | ----- |
| STRAIN LATE DIAST  | ----- | ----- | ----- |

**Observer complete name:**

**E-mail:**

Dear colleagues,  
Aiguil, Anna, Anatoli and Tiia

I kindly ask you to measure some data for us to compare. The exam is on the CD and you will receive one for each.

We will use Echopac.

This is a case of a normal neonate (the number is 35-2N) and it is his second exam (29 days) – that's why he has no more PDA and PFO.

I suggest following this sequence:

1- Event timing with AVO and MVO.

2 – The 4 chamber view is in page 1, number 8 of the sequence. On the left of the screen there is 20/12/2004 15:33:17.

3 – The paraesternal short axis is in page 3, number 8 of the sequence. On the left of the screen there is 20/12/2004 15:55:31.

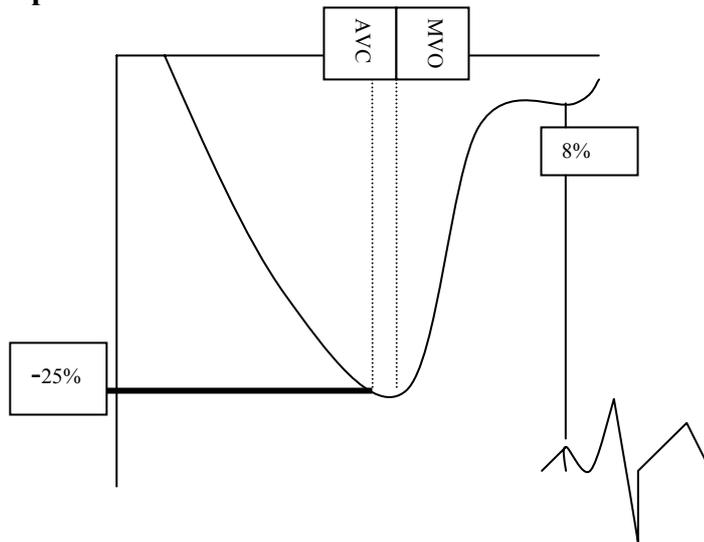
3 - When you put the SRI or SI, **lower the SRI Length (SL) to 6 mm to go to Q-analysis.**

4 - **Set sample area shape to Height 1,0 mm, Width 1,0 mm and Tilt angle 0 degree – set as default for the measurements.**

5 - I know about the controversies of measuring the diastolic strain/strain rate (early and late). I think the results I am getting have a variation but probably not more than for example, Frank Weidemann got in his paper published in *J American Soc Echocardiogr* 2002; 15:20-8. It will be nice for us to compare if the measurements are not trustable. Frank got a variability of the late diastolic strain up to 41,7%.

6 – I think it will be easier to type the numbers and send the form back.

On the next page there is a rough sketch how the measurements are supposed to be followed:

**Apical 4C**

You do measure the systolic strain and then the late diastolic strain (minimum deformation point, p wave of EKG).

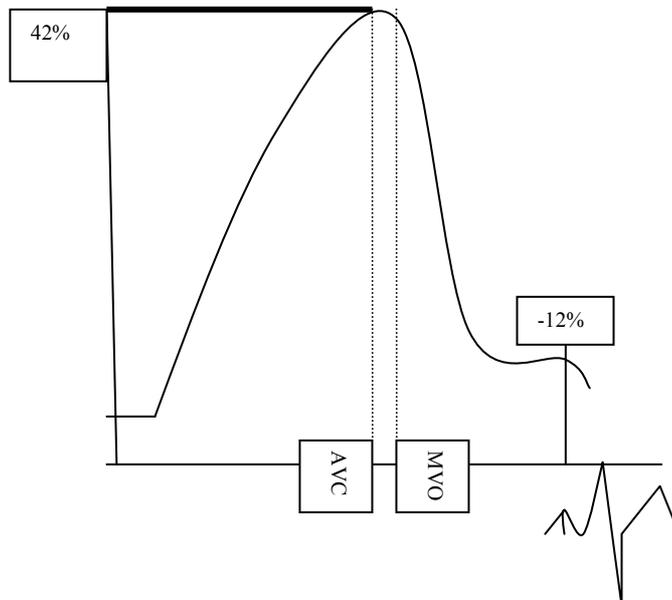
The early diastolic strain will be deducted.

In this example:

$$-25\% - (+8\%) = -17\%$$

Strain rate we will measure systolic and E and A

We know sometimes it is difficult or even impossible, but it seems to be easier than diastolic strain.

**Short axis**

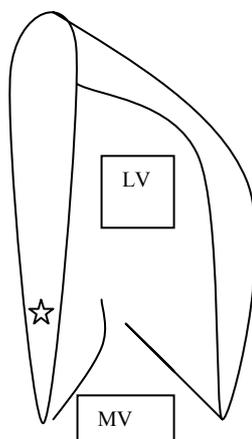
You do measure the systolic strain and then the late diastolic strain.

The early diastolic strain will be deducted.

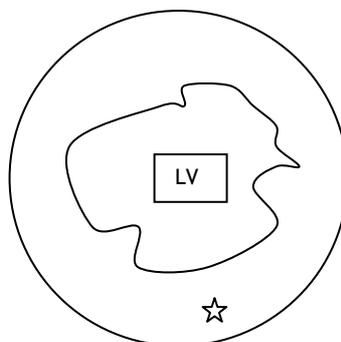
In this example:

$$42\% - (-12\%) = -30\%$$

**Apical 4C longitudinal**



**Parasternal Short Axis mid papillary level**



## ANEXO D - TABELAS DO GRUPO II

Tabela 07GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado nos valores médios transversais no Grupo II

| Segmento/Parede       | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|-----------------------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Basal/ Septal<br>X    | Sm (cm/s) | 3,72 ± 0,98 | 5,67 ± 0,69 | 17 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 4,75 ± 0,96 | 7,81 ± 2,24 |    | 0,000* |
|                       | Am (cm/s) | 4,44 ± 0,94 | 6,18 ± 1,34 |    | 0,000* |
| Basal/ Posterior      | Em/Am     | 1,10 ± 0,25 | 1,31 ± 0,39 |    | 0,090  |
| Basal/ Septal<br>X    | Sm (cm/s) | 3,72 ± 0,98 | 5,46 ± 0,96 | 17 | 0,000* |
|                       | Em (cm/s) | 4,75 ± 0,96 | 8,49 ± 2,05 |    | 0,000* |
|                       | Am (cm/s) | 4,44 ± 0,94 | 5,65 ± 1,32 |    | 0,003* |
| Médio/ Posterior      | Em/Am     | 1,10 ± 0,25 | 1,54 ± 0,37 |    | 0,000  |
| Basal/ Posterior<br>X | Sm (cm/s) | 5,63 ± 0,71 | 5,44 ± 0,92 | 19 | 0,310  |
|                       | Em (cm/s) | 7,82 ± 2,20 | 8,40 ± 1,99 |    | 0,282  |
|                       | Am (cm/s) | 6,33 ± 1,37 | 5,74 ± 1,54 |    | 0,038  |
| Médio/ Posterior      | Em/Am     | 1,29 ± 0,39 | 1,54 ± 0,44 |    | 0,025  |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 08GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 4C parede septal do VE no Grupo II

| Segmento       | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p      |
|----------------|-----------|-------------|-------------|----|--------|
| Basal X Médio  | Sm (cm/s) | 6,05 ± 0,88 | 4,28 ± 1,08 | 22 | 0,000* |
|                | Em (cm/s) | 8,49 ± 1,68 | 7,47 ± 1,51 |    | 0,005* |
|                | Am (cm/s) | 8,09 ± 1,56 | 5,82 ± 1,87 |    | 0,000* |
|                | Em/Am     | 1,07 ± 0,24 | 1,36 ± 0,34 |    | 0,000* |
| Basal X Apical | Sm (cm/s) | 6,05 ± 0,88 | 2,76 ± 0,54 | 22 | 0,000* |
|                | Em (cm/s) | 8,49 ± 1,68 | 4,98 ± 1,31 |    | 0,000* |
|                | Am (cm/s) | 8,09 ± 1,56 | 4,04 ± 1,29 |    | 0,000* |
|                | Em/Am     | 1,07 ± 0,24 | 1,30 ± 0,28 |    | 0,001* |
| Médio X Apical | Sm (cm/s) | 4,28 ± 1,08 | 2,76 ± 0,54 | 22 | 0,000* |
|                | Em (cm/s) | 7,47 ± 1,51 | 4,98 ± 1,31 |    | 0,000* |
|                | Am (cm/s) | 5,82 ± 1,87 | 4,04 ± 1,29 |    | 0,000* |
|                | Em/Am     | 1,36 ± 0,34 | 1,30 ± 0,28 |    | 0,246  |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 09GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 4C parede lateral do VE no Grupo II

| Segmento       | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p     |
|----------------|-----------|-------------|-------------|----|-------|
| Basal X Médio  | Sm (cm/s) | 6,22 ± 1,47 | 4,34 ± 1,21 | 21 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 9,13 ± 2,38 | 7,63 ± 2,17 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 7,45 ± 1,84 | 5,83 ± 1,88 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,26 ± 0,31 | 1,40 ± 0,46 |    | 0,117 |
| Basal X Apical | Sm (cm/s) | 4,34 ± 1,21 | 3,10 ± 0,70 | 21 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 7,63 ± 2,17 | 5,17 ± 1,20 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 5,83 ± 1,88 | 3,91 ± 0,82 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,40 ± 0,46 | 1,36 ± 0,33 |    | 0,553 |
| Médio X Apical | Sm (cm/s) | 6,22 ± 1,47 | 3,10 ± 0,70 | 21 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 9,13 ± 2,38 | 5,17 ± 1,20 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 7,45 ± 1,84 | 3,91 ± 0,82 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,26 ± 0,31 | 1,36 ± 0,33 |    | 0,224 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 10GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 2C parede inferior do VE no Grupo II

| Segmento       | Onda      | Média ± DP   | Média ± DP  | N  | p     |
|----------------|-----------|--------------|-------------|----|-------|
| Basal x Médio  | Sm (cm/s) | 6,74 ± 1,04  | 4,51 ± 0,62 | 20 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 9,85 ± 2,21  | 7,48 ± 1,28 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 8,90 ± 1,87  | 6,31 ± 0,87 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,14 ± 0,26  | 1,22 ± 0,28 |    | 0,181 |
| Basal x Apical | Sm (cm/s) | 6,74 ± 1,04  | 3,05 ± 0,51 | 20 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 10,00 ± 2,17 | 5,18 ± 1,31 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 8,87 ± 1,91  | 4,04 ± 0,88 | 19 | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,16 ± 0,25  | 1,34 ± 0,38 |    | 0,090 |
| Médio x Apical | Sm (cm/s) | 4,51 ± 0,62  | 3,05 ± 0,51 | 20 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 7,43 ± 1,29  | 5,18 ± 1,31 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 6,26 ± 0,87  | 4,04 ± 0,88 | 19 | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,22 ± 0,29  | 1,34 ± 0,38 |    | 0,288 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 11GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em corte apical 2C parede anterior do VE no Grupo II

| Segmento       | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p     |
|----------------|-----------|-------------|-------------|----|-------|
| Basal x Médio  | Sm (cm/s) | 5,26 ± 1,20 | 3,80 ± 1,05 | 17 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 8,29 ± 2,17 | 6,51 ± 1,42 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 6,38 ± 2,00 | 4,73 ± 1,37 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,38 ± 0,41 | 1,43 ± 0,25 |    | 0,445 |
| Basal x Apical | Sm (cm/s) | 5,26 ± 1,20 | 2,87 ± 0,49 | 17 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 8,29 ± 2,17 | 4,58 ± 1,37 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 6,38 ± 2,00 | 3,35 ± 0,88 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,38 ± 0,41 | 1,38 ± 0,30 |    | 0,972 |
| Médio x Apical | Sm (cm/s) | 3,80 ± 1,05 | 2,87 ± 0,49 | 17 | 0,000 |
|                | Em (cm/s) | 6,51 ± 1,42 | 4,58 ± 1,37 |    | 0,000 |
|                | Am (cm/s) | 4,73 ± 1,37 | 3,35 ± 0,88 |    | 0,000 |
|                | Em/Am     | 1,43 ± 0,25 | 1,38 ± 0,30 |    | 0,539 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 12GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado entre diferentes paredes e segmentos do VE no Grupo II

| Segmento/Parede    | Onda      | Média ± DP   | Média ± DP  | N  | p     |
|--------------------|-----------|--------------|-------------|----|-------|
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X | Sm (cm/s) | 6,81 ± 1,08  | 5,28 ± 1,17 | 18 | 0,000 |
|                    | Em (cm/s) | 10,08 ± 2,20 | 8,38 ± 2,14 |    | 0,002 |
|                    | Am (cm/s) | 8,98 ± 1,90  | 6,50 ± 2,00 |    | 0,000 |
| 2C Ap/Bas/Ant      | Em/Am     | 1,15 ± 0,25  | 1,37 ± 0,40 |    | 0,019 |
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X | Sm (cm/s) | 4,47 ± 0,65  | 3,80 ± 1,05 | 17 | 0,004 |
|                    | Em (cm/s) | 7,51 ± 1,30  | 6,51 ± 1,42 |    | 0,000 |
|                    | Am (cm/s) | 6,26 ± 0,90  | 4,73 ± 1,37 |    | 0,000 |
| 2C Ap/Bas/Ant      | Em/Am     | 1,23 ± 0,29  | 1,43 ± 0,25 |    | 0,013 |
| 2C Ap/Bas/Inf<br>X | Sm (cm/s) | 3,02 ± 0,53  | 2,87 ± 0,49 | 17 | 0,402 |
|                    | Em (cm/s) | 5,29 ± 1,32  | 4,58 ± 1,37 |    | 0,108 |
|                    | Am (cm/s) | 4,07 ± 0,88  | 3,35 ± 0,88 |    | 0,024 |
| 2C Ap/Bas/Ant      | Em/Am     | 1,36 ± 0,40  | 1,38 ± 0,30 |    | 0,809 |
| 4C Ap/Bas/Sep<br>X | Sm (cm/s) | 6,06 ± 0,90  | 6,22 ± 1,47 | 21 | 0,583 |
|                    | Em (cm/s) | 8,44 ± 1,71  | 9,13 ± 2,38 |    | 0,098 |
|                    | Am (cm/s) | 8,16 ± 1,56  | 7,45 ± 1,84 |    | 0,115 |
| 4C Ap/Bas/Lat      | Em/Am     | 1,06 ± 0,23  | 1,26 ± 0,31 |    | 0,005 |
| 4C Ap/Med/Sep<br>X | Sm (cm/s) | 4,26 ± 1,11  | 4,34 ± 1,21 | 21 | 0,808 |
|                    | Em (cm/s) | 7,53 ± 1,52  | 7,63 ± 2,17 |    | 0,858 |
|                    | Am (cm/s) | 5,86 ± 1,90  | 5,83 ± 1,88 |    | 0,964 |
| 4C Ap/Med/Lat      | Em/Am     | 1,37 ± 0,35  | 1,40 ± 0,46 |    | 0,766 |
| 4C Ap/Api/Sep<br>X | Sm (cm/s) | 2,75 ± 0,55  | 3,10 ± 0,70 | 21 | 0,055 |
|                    | Em (cm/s) | 4,98 ± 1,35  | 5,17 ± 1,20 |    | 0,614 |
|                    | Am (cm/s) | 4,04 ± 1,32  | 3,91 ± 0,82 |    | 0,557 |
| 4C Ap/Api/Lat      | Em/Am     | 1,30 ± 0,29  | 1,36 ± 0,33 |    | 0,370 |
| Trans/Bas/Sep<br>X | Sm (cm/s) | 3,72 ± 0,98  | 6,08 ± 0,95 | 17 | 0,000 |
|                    | Em (cm/s) | 4,75 ± 0,96  | 8,48 ± 1,86 |    | 0,000 |
|                    | Am (cm/s) | 4,44 ± 0,94  | 8,32 ± 1,59 |    | 0,000 |
| 4C Ap/Bas/Sep      | Em/Am     | 1,11 ± 0,25  | 1,04 ± 0,24 |    | 0,468 |

*continua*

Tabela 12GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado entre diferentes paredes e segmentos do VE no Grupo II (*conclusão*)

| Segmento/Parede    | Onda      | Média ± DP  | Média ± DP  | N  | p     |
|--------------------|-----------|-------------|-------------|----|-------|
| Trans/Bas/Pos<br>X | Sm (cm/s) | 5,63 ± 0,71 | 6,12 ± 0,92 | 19 | 0,029 |
|                    | Em (cm/s) | 7,82 ± 2,20 | 8,54 ± 1,77 |    | 0,096 |
|                    | Am (cm/s) | 6,33 ± 1,37 | 8,26 ± 1,55 |    | 0,000 |
| 4C Ap/Bas/Sep      | Em/Am     | 1,29 ± 0,39 | 1,05 ± 0,23 |    | 0,035 |
| Trans/Med/Pos<br>X | Sm (cm/s) | 5,44 ± 0,92 | 4,33 ± 1,14 | 19 | 0,001 |
|                    | Em (cm/s) | 8,40 ± 1,99 | 7,55 ± 1,60 |    | 0,115 |
|                    | Am (cm/s) | 5,74 ± 1,54 | 5,91 ± 1,99 |    | 0,716 |
| 4C Ap/Med/Sep      | Em/Am     | 1,54 ± 0,44 | 1,37 ± 0,37 |    | 0,180 |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; Ap = corte apical; Trans = corte transversal; Bas = segmento basal; Med = segmento médio; Api = segmento apical; Inf = parede inferior; Ant = parede anterior; Sep = parede septal; Lat = parede lateral; Pos = parede posterior; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 13GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em paredes do VD x VE no Grupo II

| Segmento/Parede      | Onda      | Média ± DP   | Média ± DP  | N  | p      |
|----------------------|-----------|--------------|-------------|----|--------|
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X | Sm (cm/s) | 8,57 ± 1,67  | 6,27 ± 1,50 | 20 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 11,42 ± 3,39 | 9,20 ± 2,41 |    | 0,029* |
|                      | Am (cm/s) | 9,92 ± 2,19  | 7,43 ± 1,89 |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Bas/Lat     | Em/Am     | 1,20 ± 0,35  | 1,28 ± 0,31 |    | 0,443  |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X | Sm (cm/s) | 6,26 ± 1,30  | 4,52 ± 1,13 | 19 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 9,72 ± 2,51  | 7,68 ± 2,26 |    | 0,018* |
|                      | Am (cm/s) | 8,82 ± 2,93  | 5,92 ± 1,89 |    | 0,001* |
| VE 4C Ap/Med/Lat     | Em/Am     | 1,18 ± 0,38  | 1,38 ± 0,46 |    | 0,158  |
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X | Sm (cm/s) | 4,05 ± 0,64  | 3,14 ± 0,73 | 19 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 6,53 ± 1,68  | 5,18 ± 1,25 |    | 0,016* |
|                      | Am (cm/s) | 5,65 ± 1,50  | 3,96 ± 0,87 |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Api/Lat     | Em/Am     | 1,20 ± 0,26  | 1,34 ± 0,33 |    | 0,090  |
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X | Sm (cm/s) | 8,68 ± 1,64  | 6,66 ± 1,01 |    | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 11,49 ± 3,47 | 9,73 ± 2,21 |    | 0,065  |
|                      | Am (cm/s) | 10,02 ± 2,20 | 8,91 ± 1,92 |    | 0,037* |
| VE 2C Ap/Bas/Inf     | Em/Am     | 1,19 ± 0,36  | 1,12 ± 0,26 |    | 0,496  |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X | Sm (cm/s) | 6,26 ± 1,30  | 4,49 ± 0,62 | 18 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 9,72 ± 2,51  | 7,47 ± 1,31 |    | 0,001* |
|                      | Am (cm/s) | 8,82 ± 2,93  | 6,34 ± 0,89 |    | 0,001* |
| VE 2C Ap/Med/Inf     | Em/Am     | 1,18 ± 0,38  | 1,21 ± 0,29 |    | 0,781  |
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X | Sm (cm/s) | 4,05 ± 0,64  | 3,05 ± 0,52 |    | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 6,53 ± 1,68  | 5,28 ± 1,28 |    | 0,038* |
|                      | Am (cm/s) | 5,65 ± 1,50  | 4,09 ± 0,86 |    | 0,002* |
| VE 2C Ap/Api/Inf     | Em/Am     | 1,20 ± 0,26  | 1,34 ± 0,39 |    | 0,288  |

*continua*

Tabela 13GII - Descritivas e teste t pareado para comparação de médias das velocidades do Doppler tecidual pulsado em paredes do VD x VE no Grupo II (*conclusão*)

| Segmento/Parede      | Onda      | Média ± DP   | Média ± DP  | N  | p      |
|----------------------|-----------|--------------|-------------|----|--------|
| VD 4C Ap/Api/PL<br>X | Sm (cm/s) | 4,05 ± 0,64  | 2,71 ± 0,48 | 19 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 6,53 ± 1,68  | 4,72 ± 0,92 |    | 0,001* |
|                      | Am (cm/s) | 5,65 ± 1,50  | 3,94 ± 1,33 | 18 | 0,000* |
| VE 4C Ap/Api/Sep     | Em/Am     | 1,20 ± 0,26  | 1,27 ± 0,29 |    | 0,262  |
| VD 4C Ap/Bas/PL<br>X | Sm (cm/s) | 8,53 ± 1,64  | 6,06 ± 0,90 | 21 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 11,43 ± 3,31 | 8,55 ± 1,84 |    | 0,000* |
|                      | Am (cm/s) | 10,11 ± 2,30 | 8,18 ± 1,56 |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Bas/Sep     | Em/Am     | 1,18 ± 0,35  | 1,07 ± 0,23 |    | 0,193  |
| VD 4C Ap/Med/PL<br>X | Sm (cm/s) | 6,26 ± 1,30  | 4,21 ± 1,07 | 19 | 0,000* |
|                      | Em (cm/s) | 9,72 ± 2,51  | 7,36 ± 1,38 |    | 0,000* |
|                      | Am (cm/s) | 8,82 ± 2,93  | 5,76 ± 1,95 |    | 0,000* |
| VE 4C Ap/Med/Sep     | Em/Am     | 1,18 ± 0,38  | 1,37 ± 0,37 |    | 0,043* |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais os sinais de Doppler pulsado puderam ser medidos; Sm = onda de velocidade sistólica de pico; Em = onda de velocidade de pico da diástole precoce; Am = onda de velocidade de pico da diástole tardia; Em/Am = relação entre as ondas Em e Am; Ap = corte apical; Trans = corte transversal; Bas = segmento basal; Med = segmento médio; Api = segmento apical; Inf = parede inferior; Ant = parede anterior; Sep = parede septal; Lat = parede lateral; Pos = parede posterior; PL = parede livre do VD; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 16GII - *Strain Rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - Comparação entre componentes, paredes e segmentos do Ventrículo Esquerdo no Grupo II

| Corte               | Componente         | Parede   | Segmento | Média  | N  | p      |
|---------------------|--------------------|----------|----------|--------|----|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico          |          | Basal    | -1,80  | 30 | 0,523  |
|                     |                    |          | Médio    | -1,85  |    |        |
|                     |                    | Septal   | Basal    | -1,80  | 30 | 0,053* |
|                     |                    |          | Apical   | -1,65  |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | -1,85  | 30 | 0,003* |
|                     |                    |          | Apical   | -1,65  |    |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | -1,71  | 30 | 0,238  |
|                     |                    |          | Médio    | -1,62  |    |        |
|                     | Basal              | -1,72    | 29       | 0,317  |    |        |
|                     | Apical             | -1,64    |          |        |    |        |
|                     | Médio              | -1,60    | 29       | 0,556  |    |        |
|                     | Apical             | -1,64    |          |        |    |        |
| Apical 2<br>Câmaras | Sistólico          |          | Basal    | -1,75  | 30 | 0,399  |
|                     |                    |          | Médio    | -1,69  |    |        |
|                     |                    | Inferior | Basal    | -1,76  | 29 | 0,163  |
|                     |                    |          | Apical   | -1,87  |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | -1,69  | 29 | 0,066  |
|                     |                    |          | Apical   | -1,87  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | -1,78  | 27 | 0,318  |
|                     |                    |          | Médio    | -1,70  |    |        |
|                     | Basal              | -1,78    | 27       | 0,040* |    |        |
|                     | Apical             | -1,52    |          |        |    |        |
|                     | Médio              | -1,70    | 29       | 0,041* |    |        |
|                     | Apical             | -1,51    |          |        |    |        |
| Apical 4<br>Cameras | Diastólico Inicial |          | Basal    | 3,11   | 30 | 0,567  |
|                     |                    |          | Médio    | 3,29   |    |        |
|                     |                    | Septal   | Basal    | 3,11   | 30 | 0,001* |
|                     |                    |          | Apical   | 4,21   |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | 3,29   | 30 | 0,001* |
|                     |                    |          | Apical   | 4,21   |    |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | 3,14   | 30 | 0,306  |
|                     |                    |          | Médio    | 3,43   |    |        |
|                     | Basal              | 3,17     | 29       | 0,004* |    |        |
|                     | Apical             | 4,09     |          |        |    |        |
|                     | Médio              | 3,40     | 29       | 0,036* |    |        |
|                     | Apical             | 4,09     |          |        |    |        |

continua

Tabela 16GII - *Strain Rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - Comparação entre componentes, paredes e segmentos do Ventrículo Esquerdo no Grupo II (*conclusão*)

| Corte               | Componente         | Parede   | Segmento | Média | N  | p      |
|---------------------|--------------------|----------|----------|-------|----|--------|
| Apical 2<br>Camaras | Diastólico Inicial |          | Basal    | 3,18  | 30 | 0,524  |
|                     |                    |          | Médio    | 3,05  |    |        |
|                     |                    | Inferior | Basal    | 3,24  | 29 | 0,033* |
|                     |                    |          | Apical   | 3,92  |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | 3,08  | 29 | 0,028* |
|                     |                    |          | Apical   | 3,92  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 3,30  | 27 | 0,105  |
|                     |                    |          | Médio    | 4,00  |    |        |
|                     |                    |          | Basal    | 3,3   | 27 | 0,752  |
|                     |                    |          | Apical   | 3,41  |    |        |
|                     | Médio              | 4,01     | 29       | 0,137 |    |        |
|                     | Apical             | 3,33     |          |       |    |        |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Final   |          | Basal    | 2,84  | 30 | 0,595  |
|                     |                    |          | Médio    | 2,62  |    |        |
|                     |                    | Septal   | Basal    | 2,84  | 30 | 0,66   |
|                     |                    |          | Apical   | 3,03  |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | 2,62  | 30 | 0,218  |
|                     |                    |          | Apical   | 3,03  |    |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | 2,49  | 30 | 0,794  |
|                     |                    |          | Médio    | 2,53  |    |        |
|                     |                    |          | Basal    | 2,52  | 29 | 0,212  |
|                     |                    |          | Apical   | 2,88  |    |        |
|                     | Médio              | 2,54     | 29       | 0,309 |    |        |
|                     | Apical             | 2,88     |          |       |    |        |
| Apical 2<br>Câmaras | Diastólico Final   |          | Basal    | 2,23  | 30 | 0,336  |
|                     |                    |          | Médio    | 2,41  |    |        |
|                     |                    | Inferior | Basal    | 2,26  | 29 | 0,151  |
|                     |                    |          | Apical   | 2,65  |    |        |
|                     |                    |          | Médio    | 2,43  | 29 | 0,339  |
|                     |                    |          | Apical   | 2,65  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 2,74  | 27 | 0,275  |
|                     |                    |          | Médio    | 3,18  |    |        |
|                     |                    |          | Basal    | 2,74  | 27 | 0,908  |
|                     |                    |          | Apical   | 2,70  |    |        |
|                     | Médio              | 3,11     | 29       | 0,185 |    |        |
|                     | Apical             | 2,61     |          |       |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 17GII - *Strain* (unidade %) - Comparação entre componentes, paredes e segmentos do Ventrículo Esquerdo no Grupo II

| Corte               | Componente         | Parede   | Segmento | Média  | N     | p      |        |
|---------------------|--------------------|----------|----------|--------|-------|--------|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico          | Septal   | Basal    | -23,16 | 30    | 0,943  |        |
|                     |                    |          | Médio    | -23,10 |       |        |        |
|                     |                    |          | Basal    | -23,16 | 30    |        | 0,827  |
|                     |                    |          | Apical   | -22,97 |       |        |        |
|                     |                    | Médio    | -23,10   | 30     | 0,777 |        |        |
|                     |                    | Apical   | -22,97   |        |       |        |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | -22,50 | 29    |        | 0,085  |
|                     |                    |          | Médio    | -23,30 |       |        |        |
| Basal               | -22,51             |          | 28       | 0,239  |       |        |        |
| Apical              | -23,09             |          |          |        |       |        |        |
| Médio               | -23,17             | 29       | 0,866    |        |       |        |        |
| Apical              | -23,07             |          |          |        |       |        |        |
| Apical 2<br>Câmaras | Sistólico          | Inferior | Basal    | -22,99 | 30    | 0,222  |        |
|                     |                    |          | Médio    | -23,75 |       |        |        |
|                     |                    |          | Basal    | -22,89 | 29    |        | 0,016* |
|                     |                    |          | Apical   | -24,48 |       |        |        |
|                     |                    | Médio    | -23,72   | 29     | 0,257 |        |        |
|                     |                    | Apical   | -24,48   |        |       |        |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | -24,51 | 26    |        | 0,678  |
|                     |                    |          | Médio    | -24,88 |       |        |        |
| Basal               | -24,25             |          | 25       | 0,317  |       |        |        |
| Apical              | -23,59             |          |          |        |       |        |        |
| Médio               | -23,86             | 28       | 0,849    |        |       |        |        |
| Apical              | -23,75             |          |          |        |       |        |        |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Inicial | Septal   | Basal    | 17,77  | 29    | 0,031* |        |
|                     |                    |          | Médio    | 16,40  |       |        |        |
|                     |                    |          | Basal    | 17,77  | 29    |        | 0,162  |
|                     |                    |          | Apical   | 16,72  |       |        |        |
|                     |                    | Médio    | 16,40    | 29     | 0,583 |        |        |
|                     |                    | Apical   | 16,72    |        |       |        |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | 16,70  | 29    |        | 0,313  |
|                     |                    |          | Médio    | 17,26  |       |        |        |
| Basal               | 16,65              |          | 28       | 0,525  |       |        |        |
| Apical              | 17,00              |          |          |        |       |        |        |
| Médio               | 17,08              | 29       | 0,993    |        |       |        |        |
| Apical              | 17,07              |          |          |        |       |        |        |

continua

Tabela 17GII - *Strain* (unidade %) - Comparação entre componentes, paredes e segmentos do Ventrículo Esquerdo no Grupo II (*conclusão*)

| Corte               | Componente         | Parede   | Segmento | Média | N  | p      |
|---------------------|--------------------|----------|----------|-------|----|--------|
| Apical 2<br>Câmaras | Diastólico Inicial | Inferior | Basal    | 16,47 | 27 | 0,187  |
|                     |                    |          | Médio    | 17,17 |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 16,47 | 26 | 0,026* |
|                     |                    |          | Apical   | 18,07 |    |        |
|                     |                    | Inferior | Médio    | 17,22 | 26 | 0,236  |
|                     |                    |          | Apical   | 18,07 |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 18,78 | 26 | 0,581  |
|                     |                    |          | Médio    | 19,31 |    |        |
| Inferior            | Basal              | 18,75    | 25       | 0,073 |    |        |
|                     | Apical             | 17,16    |          |       |    |        |
| Anterior            | Médio              | 18,47    | 28       | 0,07  |    |        |
|                     | Apical             | 17,34    |          |       |    |        |
| Apical 4<br>Câmaras | Diastólico Final   | Septal   | Basal    | 6,00  | 30 | 0,044* |
|                     |                    |          | Médio    | 6,76  |    |        |
|                     |                    | Lateral  | Basal    | 6,00  | 30 | 0,503  |
|                     |                    |          | Apical   | 6,41  |    |        |
|                     |                    | Inferior | Médio    | 6,76  | 30 | 0,549  |
|                     |                    |          | Apical   | 6,41  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 5,86  | 29 | 0,804  |
|                     |                    |          | Médio    | 5,99  |    |        |
| Inferior            | Basal              | 5,94     | 28       | 0,763 |    |        |
|                     | Apical             | 6,10     |          |       |    |        |
| Anterior            | Médio              | 6,03     | 29       | 0,951 |    |        |
|                     | Apical             | 6,01     |          |       |    |        |
| Apical 2<br>Câmaras | Diastólico Final   | Inferior | Basal    | 6,58  | 30 | 0,966  |
|                     |                    |          | Médio    | 6,60  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 6,48  | 29 | 0,890  |
|                     |                    |          | Apical   | 6,54  |    |        |
|                     |                    | Inferior | Médio    | 6,53  | 29 | 0,986  |
|                     |                    |          | Apical   | 6,54  |    |        |
|                     |                    | Anterior | Basal    | 6,45  | 26 | 0,476  |
|                     |                    |          | Médio    | 5,98  |    |        |
| Inferior            | Basal              | 6,25     | 25       | 0,400 |    |        |
|                     | Apical             | 6,90     |          |       |    |        |
| Anterior            | Médio              | 5,76     | 28       | 0,057 |    |        |
|                     | Apical             | 6,78     |          |       |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 18GII - Valores normais - *Strain rate* (unidades<sup>-1</sup>) - Função radial Ventrículo esquerdo - Grupo II

| Corte                       | Segmento        | Componente         | Média ± DP   | Min-Max        | N  |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|--------------|----------------|----|
| Paraesternal<br>Transversal | Basal Posterior | Sistólico          | 2,94 ± 0,83  | 1,53 / 4,54    | 29 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -5,81 ± 1,36 | -9,49 / -2,90  |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -3,96 ± 2,71 | -7,80 / -2,55  |    |
|                             | Médio Posterior | Sistólico          | 2,92 ± 0,69  | 1,84 / 4,38    | 29 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -7,18 ± 2,13 | -12,13 / -3,05 |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -4,86 ± 1,78 | -9,48 / -1,82  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

Tabela 19GII - Valores Normais - *Strain* (unidade %) - Função radial Ventrículo esquerdo - Grupo II

| Corte                       | Segmento        | Componente         | Média ± DP     | Min-Max         | N  |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|----|
| Paraesternal<br>Transversal | Basal Posterior | Sistólico          | 45,87 ± 8,92   | 31,67 / 61,47   | 29 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -34,44 ± 6,60  | -50,03 / -20,90 |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -11,55 ± 4,16  | -20,13 / -5,03  |    |
|                             | Médio Posterior | Sistólico          | 49,01 ± 21,37  | 37,47 / 93,03   | 29 |
|                             |                 | Diastólico Inicial | -36,52 ± 11,84 | -73,60 / -7,13  |    |
|                             |                 | Diastólico Final   | -14,02 ± 5,24  | -26,60 / -5,10  |    |

DP = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas.

Tabela 24GII - Comparação regional dos segmentos da parede livre do VD através do SR (unidades  $\cdot^{-1}$ ) - Grupo II

| Corte               | Segmento              | Componente | Média | N  | p      |
|---------------------|-----------------------|------------|-------|----|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico             | Basal      | -2,25 | 30 | 0,952  |
|                     |                       | Médio      | -2,25 | 30 |        |
|                     |                       | Basal      | -2,26 | 29 | 0,918  |
|                     |                       | Apical     | -2,25 | 29 |        |
|                     |                       | Médio      | -2,19 | 29 |        |
|                     |                       | Apical     | -2,25 | 29 |        |
|                     | Diastólico<br>Inicial | Basal      | 4,28  | 30 | 0,030* |
|                     |                       | Médio      | 5,03  | 30 |        |
|                     |                       | Basal      | 4,23  | 29 | 0,226  |
|                     |                       | Apical     | 4,61  | 29 |        |
|                     |                       | Médio      | 5,03  | 29 |        |
|                     |                       | Apical     | 4,61  | 29 |        |
|                     | Diastólico Final      | Basal      | 3,06  | 30 | 0,011* |
|                     |                       | Médio      | 3,93  | 30 |        |
|                     |                       | Basal      | 3,12  | 29 | 0,431  |
|                     |                       | Apical     | 3,40  | 29 |        |
|                     |                       | Médio      | 3,99  | 29 |        |
|                     |                       | Apical     | 3,40  | 29 |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 25GII - Comparação regional dos segmentos da parede livre do VD através do *Strain* (unidade %) - Grupo II

| Corte               | Segmento           | Componente | Média  | N  | p      |
|---------------------|--------------------|------------|--------|----|--------|
| Apical 4<br>Câmaras | Sistólico          | Basal      | -37,03 | 30 | 0,000* |
|                     |                    | Médio      | -42,56 | 30 |        |
|                     |                    | Basal      | -37,03 | 29 | 0,001* |
|                     |                    | Apical     | -41,08 | 29 |        |
|                     |                    | Médio      | -42,56 | 30 | 0,216  |
|                     |                    | Apical     | -41,08 | 30 |        |
|                     | Diastólico Inicial | Basal      | 26,45  | 28 | 0,000* |
|                     |                    | Médio      | 31,50  | 28 |        |
|                     |                    | Basal      | 26,45  | 28 | 0,001* |
|                     |                    | Apical     | 30,32  | 28 |        |
|                     |                    | Médio      | 31,55  | 29 | 0,221  |
|                     |                    | Apical     | 30,47  | 29 |        |
|                     | Diastólico Final   | Basal      | 9,75   | 30 | 0,149  |
|                     |                    | Médio      | 10,96  | 30 |        |
|                     |                    | Basal      | 9,75   | 30 | 0,309  |
|                     |                    | Apical     | 10,49  | 30 |        |
|                     |                    | Médio      | 10,96  | 30 | 0,559  |
|                     |                    | Apical     | 10,49  | 30 |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 26GII - Comparação regional dos segmentos do VE Septal x VD Parede Livre através do *Strain rate* (unidades  $s^{-1}$ ) - Grupo II

| Componente         | Segmento            | Média | N  | p      |
|--------------------|---------------------|-------|----|--------|
| Sistólico          | Basal Septal        | -1,80 | 30 | 0,000* |
|                    | Basal Parede Livre  | -2,25 |    |        |
|                    | Médio Septal        | -1,84 | 30 | 0,000* |
|                    | Médio Parede Livre  | -2,25 |    |        |
|                    | Apical Septal       | -1,64 | 29 | 0,000* |
|                    | Apical Parede Livre | -2,25 |    |        |
| Diastólico Inicial | Septal              | 3,11  | 30 | 0,001* |
|                    | Parede Livre        | 4,28  |    |        |
|                    | Médio Septal        | 3,29  | 30 | 0,000* |
|                    | Médio Parede Livre  | 5,03  |    |        |
|                    | Apical Septal       | 4,25  | 29 | 0,302  |
|                    | Apical Parede Livre | 4,61  |    |        |
| Diastólico Final   | Septal              | 2,84  | 30 | 0,564  |
|                    | Parede Livre        | 3,06  |    |        |
|                    | Médio Septal        | 2,61  | 30 | 0,001* |
|                    | Médio Parede Livre  | 3,93  |    |        |
|                    | Apical Septal       | 3,03  | 29 | 0,387  |
|                    | Apical Parede Livre | 3,40  |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ $\epsilon$  puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

Tabela 27GII - Comparação regional dos segmentos do VE Septal x VD Parede Livre através do *Strain* (unidade %) - Grupo II

| Componente         | Segmento | Parede       | Média  | N  | p      |
|--------------------|----------|--------------|--------|----|--------|
| Sistólico          | Basal    | Septal       | -23,16 | 30 | 0,000* |
|                    |          | Parede livre | -37,03 |    |        |
|                    | Médio    | Septal       | -23,10 |    |        |
|                    |          | Parede livre | -42,56 |    |        |
|                    | Apical   | Septal       | -22,97 |    |        |
|                    |          | Parede livre | -41,08 |    |        |
| Diastólico Inicial | Basal    | Septal       | 17,85  | 27 | 0,000* |
|                    |          | Parede livre | 26,31  |    |        |
|                    | Médio    | Septal       | 16,40  | 28 | 0,000* |
|                    |          | Parede livre | 30,66  |    |        |
|                    | Apical   | Septal       | 16,72  | 29 | 0,000* |
|                    |          | Parede livre | 30,66  |    |        |
| Diastólico Final   | Basal    | Septal       | 6,00   | 30 | 0,000* |
|                    |          | Parede livre | 9,75   |    |        |
|                    | Médio    | Septal       | 6,75   |    |        |
|                    |          | Parede livre | 10,96  |    |        |
|                    | Apical   | Septal       | 6,41   |    |        |
|                    |          | Parede livre | 10,49  |    |        |

N = número de crianças nas quais as curvas de SR/ε puderam ser medidas; \* = valor p com significância estatística.

## 8. REFERÊNCIAS\*

(\*) De acordo com:

Adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias da FMUSP*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de S. Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação, 2004.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## 8. REFERÊNCIAS

1. Alam M, Wardell J, Andersson E, Samad BA, Nordlander R. Characteristics of mitral and tricuspid annular velocities determined by pulsed wave Doppler tissue imaging in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12:618-28.
2. Andersen NH, Poulsen SH. Evaluation of the longitudinal contraction of the left ventricle in normal subjects by Doppler tissue tracking and strain rate. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003;16:716-23.
3. Budoff MJ, Cohen MC, Garcia MJ, Hodgson JM, Hundley WG, Lima JA, Manning WJ, Pohost GM, Raggi PM, Rodgers GP, Rumberger JA, Taylor AJ, Creager MA, Hirshfeld JW Jr, Lorell BH, Merli G, Rodgers GP, Tracy CM, Weitz HH. ACCF/AHA clinical competence statement on cardiac imaging with computed tomography and magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46:383-402.
4. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, Pennel DJ, Rumberger JA, Ryan T, Verani MS. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. *Circulation.* 2002;105:539-542.
5. Dean AG, Dean JA, Coulombier D, Brendel KA, Smith DC, Burton AH, Dicker RC, Sullivan K, Fagan RF, Arner T, Hathcock L. *Epi Info version 6: A word-processing, database, and statistics program for public health on IBM-compatible microcomputers.* Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta: Georgia, USA; 1995.
6. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, André-Fouet X, Minaire Y, Cribier A, Letac B. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion

- during myocardial ischemia and reperfusion. *Circulation*. 1998; 97:1970-7.
7. D'hooge J, Heimdal A, Jamal F, Kukulski T, Bijnens B, Rademakers F, Hatle L, Suetens P, Sutherland GR. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr*. 2000; 1:154-70.
  8. D'hooge J, Rademakers F. Myocardial motion/deformation - principles In: Sutherland GR, Hatle L, Rademakers FE, Claus P, D'hooge J, Bijnens BH. *Doppler myocardial imaging - a textbook*. Leuven: Leuven University Press; 2005. p.9-32.
  9. Dussik KT. On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid. *Neurologie et Psychiatrie*; 1942;174:153-68, apud *Doppler myocardial imaging: a textbook*. Leuven: Leuven University Press; 2005.p.33.
  10. Edner M, Jarnert C, Müller-Brunotte R, Malmqvist K, Ring M, Kjerr AC, Lind L, Kahan T. Influence of age and cardiovascular factors on regional pulsed wave Doppler myocardial imaging indices. *Eur J Echocardiogr*. 2000; 1:87-95.
  11. Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, Bluemke DA, Lima J, Smiseth O. Doppler derived strain measures myocardial deformation: validation versus magnetic resonance imaging with tissue tagging. *Eur Heart J*. 2000; 21(Suppl):30.
  12. Eidem BW, McMahon CJ, Ayres NA, Kovalchin JP, Denfield SW, Altman CA, Bezold LI, Pignatelli RH. Impact of chronic left ventricular preload and afterload on Doppler tissue imaging velocities: a study in congenital heart disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:830-8.
  13. Erbel R, Nesser HJ, Drozd J. *Atlas of tissue Doppler echocardiography*. Germany: Darmstadt Steinkopff; 1995.

14. Eyskens B, Weidemann F, Kowalski M, Bogaert J, Symarkowski S, Bijmens B, Gewillig M, Sutherland G, Mertens L. Regional right and left ventricular function after the Senning operation: an ultrasonic study of strain rate and strain. *Cardiol Young*. 2004;14:255-64.
15. Fleming AD, McDicken WN, Sutherland GR. Assessment of colour Doppler tissue imaging using test-phantoms. *Ultrasound Med Biol*. 1994a;20:937-51.
16. Fleming AD, Xia X, McDicken WN, Sutherland GR, Fenn L. Myocardial velocity gradients detected by Doppler imaging. *Br J Radiol*. 1994b;67:679-88.
17. Friedberg MK, Rosenthal DN. New developments in echocardiographic methods to assess right ventricular function in congenital heart disease. *Curr Opin Cardiol*. 2005;20:84-8.
18. Galiuta L, Ignone G, DeMaria AN. Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed-wave tissue Doppler echocardiography. *Am J Cardiol*. 1998;81:609-14.
19. García-Fernández MA, Zamorano J, Azevedo J. *Doppler tissue imaging echocardiography*. Madrid: McGraw-Hill; 1998.
20. Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL. New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32:865-75.
21. Geis WP, Tautoles CJ, Priola DV, Friedman WF. Factors influencing neurohumoral control of the heart in the newborn dog. *Am J Physiol*. 1975;228:1685-9.
22. Gilman G, Khandheria BK, Hagen ME, Abraham TP, Seward JB, Belohlavek M. Strain rate and strain: a step-by-step approach to image and data acquisition. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17:1011-20.

23. Gorcsan III J, Gulati VK, Mandarino WA, Katz WE. Color-coded measures of myocardial velocity throughout the cardiac cycle by tissue Doppler imaging to quantify regional left ventricular function. *Am Heart J*. 1996;131:1203-13.
24. Grant RP. Notes on the muscular architecture of the left ventricle. *Circulation*. 1965;32:301-8.
25. Greenbaum RA, Ho SY, Gibson DG, Becker AE, Anderson RH. Left ventricle fibre architecture in man. *Br Heart J*. 1981;45:248-63.
26. Greenberg NL, Firstenberg MS, Castro PL, Main M, Travaglini A, Odabashian JA, Drinko JK, Rodriguez LL, Thomas JD, Garcia MJ. Doppler-derived myocardial systolic strain rate is a strong index of left ventricular contractility. *Circulation*. 2002;105:99-105.
27. Gulati VK, Katz WE, Follansbee WP, Gorcsan J III. Mitral annular descent velocity by tissue Doppler echocardiography as an index of global left ventricular function. *Am J Cardiol*. 1996;77:979-84.
28. Hall, SM, Haworth SG. Conducting pulmonary arteries: structural adaptation to extrauterine life in the pig. *Card Res*. 1987;21:208-16.
29. Harada K, Shiota T, Takahashi Y, Tamura M, Toyono M, Takada G. Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular output and left ventricular diastolic filling changes in the first day of life. *Pediatr Res*. 1994;35:506-9.
30. Harada K, Takhaschi Y, Tamura M, Orino T, Takada G. Serial echocardiographic and Doppler evaluation of left ventricular systolic performance and diastolic filling in premature infants. *Early Hum Dev*. 1999;54:169-80.
31. Haworth SG. Pulmonary vascular remodeling in neonatal pulmonary hypertension. *Chest*. 1998;93:133S-38S.

32. Heimdal A, D'hooge J, Bijmens B, Sutherland G, Torp H. In vitro validation of in plane strain rate imaging: a new ultrasound technique for evaluating regional myocardial deformation based on tissue Doppler imaging. *Echocardiography*. 1998;15(suppl)40.
33. Heimdal A, Støylen A, Torp H, Skjærpe T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr*. 1998;11:1013-9.
34. Heimdal A. *Doppler based ultrasound imaging methods for noninvasive assessment of tissue viability* [thesis]. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology; 1999.
35. Hoffmann R, Altiok E, Nowak B, Heussen N, Kühl H, Kaiser HJ, Büll U, Hanrath P. Strain rate measurement by Doppler echocardiography allows improved assessment of myocardial viability in patients with depressed left ventricular function. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:443-9.
36. Ichihashi K, Ewert P, Welmitz G, Lange P. Changes in ventricular and muscle volumes of neonates. *Pediatr Int*. 1999;41:8-12.
37. Isaz K, Thompson A, Ethevenot G, Cloez JL, Brembilla B, Pernot C. Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of the left ventricular posterior wall. *Am J Cardiol*. 1989;64:66-75.
38. Isaz K, Del Romeral LM, Lee E, Schiller NB. Quantitation of the motion of the cardiac base in normal subjects by Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 1993;6:166-76.
39. Isaz K. Tissue Doppler imaging for the assessment of left ventricular systolic and diastolic functions. *Curr Opin Cardiol*. 2002;17:431-42.
40. Jamal F, Strotmann J, Weidemann F, Kukulski T, D'hooge J, Bijmens B, Van de Werf F, De Scheerder I, Sutherland GR. Noninvasive quantification of the contractile reserve of stunned myocardium by ultrasonic strain rate and strain. *Circulation*. 2001;104:1059-65.

41. Jamal F, Bergerot C, Argaud L, Loufouat J, Ovize M. Longitudinal strain quantitates regional right ventricular contractile function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285:H2842-7.
42. Jones CJH, Raposo L, Gibson DG. Functional importance of the long-axis dynamics of the human left ventricle. *Br Heart J*. 1990;63:215-20.
43. Kapusta L, Thijssen JM, Cuypers MHM, Peer PGM, Daniëls O. Assessment of myocardial velocities in healthy children using tissue Doppler imaging. *Ultrasound Med Biol*. 2000;26:229-37.
44. Kostis JB, Mavrogeorgis E, Slater A, Bellet S. Use of a range-gated, pulsed ultrasonic Doppler technique for continuous measurement of velocity of the posterior heart wall. *Chest*. 1972;62:597-604.
45. Kozák-Bárány A, Jokinen E, Saraste M, Tuominen J, Valimaki I. Development of left ventricular systolic and diastolic function in preterm infants during the first month of life: a prospective follow-up study. *J Pediatr*. 2001;139:539-45.
46. Kowalski M, Kukulski T, Jamal F, D'Hooge J, Weidemann F, Rademakers F, Bijmens B, Hatle L, Sutherland GR. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2001;27:1087-97.
47. Kukulski T, Voigt JU, Wilkenshoff UM, Strotmann JM, Wranne B, Hatle L, Sutherland GR. A comparison of regional myocardial velocity information derived by pulsed and color Doppler techniques: an in vitro and in vivo study. *Echocardiography*. 2000a;17:639-51.
48. Kukulski T, Hübbert L, Arnold M, Wranne B, Hatle L, Sutherland GR. Normal regional right ventricular function and its change with age: a Doppler myocardial imaging study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2000b;13:194-204.

49. Kvitting JPE, Wigström L, Strotmann JM, Sutherland GR. How accurate is visual assessment of synchronicity in myocardial motion? An in vitro study with computer-simulated regional delay in myocardial motion: clinical implications for rest and stress echocardiography studies. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12: 698-705.
50. Marijianowski MMH, Van der Loos CM, Mohrschladt MF, Becker AE. The neonatal heart has a relatively high content of total collagen and type I collagen, a condition that may explain the less compliant state. *J Am Coll Cardiol.* 1994;23:1204-8.
51. Mattos SS. *O coração fetal.* Rio de Janeiro: Revinter; 1999.
52. McDicken WM, Sutherland GR, Moran CM, Gordon LN. Colour Doppler velocity imaging of the myocardium. *Ultrasound Med Biol.* 1992; 18:651-4.
53. Menkes JH, Sarnat HB. Perinatal asphyxia and trauma. In: Menkes JH, Sarnat HB. *Child neurology.* 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.p.402-67.
54. Mertens L, Weidemann F, Sutherland GR. Left ventricular function in abnormal left coronary artery arising from the pulmonary artery pre and post repair: the potential benefits of ultrasound-based regional strain and strain rate imaging. *Cardiol Young.* 2001;11:79-83.
55. Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Izumi S, Owa M, Takao S, Sakakibara H, Nimura Y. Clinical applications of a new type of real-time two-dimensional Doppler flow imaging system. *Am J Cardiol.* 1984;54:857-68.
56. Miyatake K, Yamagishi M, Tanaka N, Uematsu M, Yamazaki N, Mine Y, Sano A, Hiramasa M. New method for evaluating left ventricular wall motion by color-coded tissue doppler imaging: in vitro and in vivo studies. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25:717-24.

57. Mori K, Hayabuchi Y, Kuroda Y, Nii M, Manabe T. Left ventricular wall motion velocities in healthy children measured by pulsed wave Doppler tissue echocardiography: normal values and relation to age and heart rate. *J Am Soc Echocardiogr*. 2000;13:1002-11.
58. Mori K, Nakagawa R, Nii M, Edagawa T, Takehara Y, Inoue M, Kuroda Y. Pulsed wave Doppler tissue echocardiography assessment of the long axis function of the right and left ventricles during the early neonatal period. *Heart*. 2004;90:175-80.
59. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30:1527-33.
60. Nakanishi T, Okuda H, Kamata K, Abe K, Sekiguchi M, Takao A. Development of myocardial contractile system in the fetal rabbit. *Pediatr Res*. 1987;22:201-7.
61. Nishimura RA, Miller FA Jr., Callahan MJ, Benassi RC, Seward JB, Tajik AJ. Doppler echocardiography: theory, instrumentation, technique and application. *Mayo Clin Proc*. 1985;60:321-43.
62. Okada Y, Ono S, Inoue Y, Tomomasa T, Morikawa A. Doppler echocardiographic evaluation of right ventricular diastolic function in children. *Pediatr Cardiol*. 2000;21:358-62.
63. Pai RG, Gill KS. Amplitudes, durations, and timings of apically directed left ventricular myocardial velocities: I. Their normal pattern and coupling to ventricular filling and ejection. *J Am Soc Echocardiogr*. 1998a;11:105-11.
64. Pai RG, Gill KS. Amplitudes, durations, and timings of apically directed left ventricular myocardial velocities: II. Systolic and diastolic asynchrony in patients with left ventricular hypertrophy. *J Am Soc Echocardiogr*. 1998b;11:112-8.

65. Palmes PP, Masuyama T, Yamamoto K, Kondo H, Sakata Y, Takiuchi S, Kuzuya T, Hori M. Myocardial longitudinal motion by tissue velocity imaging in the evaluation of patients with myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2000;13:818-26.
66. Pena JLB, Silva MG, Grillo TA. The potential role of ultrasonic myocardial deformation imaging in diagnosis and detection of subclinical dysfunction in arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *Eur J Echocardiogr.* 2004; 5(suppl):S177.
67. Pislaru C, Abraham TP, Belohlavek M. Strain and strain rate echocardiography. *Curr Opin Cardiol.* 2002; 7:443-54.
68. Quinones MA, Waggoner AD, Reduto LA, Nelson JG, Young JB, Winters Jr. WL, Ribeiro LG, Miller RR. A new, simplified and accurate method for determining ejection fraction with two-dimensional echocardiography. *Circulation.* 1981;64:744-53.
69. Rodriguez L, Garcia M, Ares M, Griffin BP, Nakatani S, Thomas JD. Assessment of mitral annular dynamics during diastole by Doppler tissue imaging: comparison with mitral Doppler inflow in subjects without heart disease and in patients with left ventricular hypertrophy. *Am Heart J.* 1996;131:982-7.
70. Rychik J, Tian ZY. Quantitative assessment of myocardial tissue velocities in normal children with Doppler tissue imaging. *Am J Cardiol.* 1996;77:1254-7.
71. Rudolph AM, Heymann MA. Circulatory changes during growth in the fetal lamb. *Circ Res.* 1970;26:289-99.
72. Rushmer RF, Crystal DK, Wagner C. The functional anatomy of ventricular contraction. *Circ Res.* 1953;2:162-70.
73. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgesell H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I,

- Silverman NH, Tajik JA. Recommendations for quantification of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on standards, subcommittee on quantitation of two-dimensional echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr.* 1989;2:358-67.
74. Schmitz L, Koch H, Bein G, Brockmeier K. Left ventricular diastolic function in infants, children and adolescents: reference values and analysis of morphologic and physiologic determinants of echocardiographic Doppler flow signal during growth and maturation. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32:1441-8.
75. Schmitz L, Schneider MBE, Lange PE. Isovolumic relaxation time corrected for heart rate has a constant value from infancy to adolescence. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003;16:221-2.
76. Sengupta PP, Mohan JC, Pandian NG. Tissue Doppler echocardiography: principles and applications. *Indian Heart J.* 2002;54:368-78.
77. Severino S, Caso P, Galderisi M, De Simone L, Petrocelli A, de Divitiis O, Mininni N. Use of pulsed Doppler tissue imaging to assess regional left ventricular diastolic dysfunction in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 1998;82:1394-8.
78. Silva CES. *Avaliação da contratilidade segmentar na doença de Chagas utilizando a integral do gradiente intramiocárdico de velocidade (strain miocárdico) obtida pela ecocardiografia com Doppler tecidual* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2003.
79. Soares JF, Siqueira AL. *Introdução à Estatística Médica*. Belo Horizonte: UFMG; 1999.
80. Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, Oh BH, Lee MM, Park YB, Choi YS, Seo JD, Lee YW. Assessment of mitral annulus velocity by

- Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30:474-80.
81. Sohn DW, Song JM, Zo JH, Chai IH, Kim HS, Chun HG, Kim HC. Mitral annulus velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function in atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12:927-31.
  82. Stopfkuchen H. Changes of the cardiovascular system during the perinatal period. *Eur J Pediatr*. 1987;146:545-9.
  83. Støylen A. *Strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. Feasibility, clinical validation and physiological aspects*[thesis]. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology; 2001.
  84. Sutherland GR, Stewart MJ, Groundstroem KWE, Moran CM, Fleming A, Guell-Peris FJ, Riemersma RA, Fenn LN, Fox KAA, McDicken WN. Color Doppler Myocardial Imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr*. 1994;7:441-58.
  85. Sutherland GR, Bijmens B, McDicken WN. Tissue Doppler echocardiography: historical perspective and technological considerations. *Echocardiography*. 1999;16:445-53.
  86. Sutherland GR, Di Salvo G, Claus P, D'hooge J, Bijmens B. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17:788-802.
  87. Sutherland GR, Hatle L, Rademakers FE, Claus P, D'hooge J, Bijmens BH. *Doppler myocardial imaging - a textbook*. Leuven: Leuven University Press; 2005.
  88. Sutton MS, Gill T, Plappert T, Saltzman DH, Doubilet P. Assessment of right and left ventricular function in terms of force development with gestational age in the normal human fetus. *Br Heart J*. 1991;66:285-9.

89. Takatsuji H, Mikami T, Urasawa K, Teranishi J, Onozuka H, Takagi C, Makita Y, Matsuo H, Kusuoka H, Kitabatake A. A new approach for evaluation of left ventricular diastolic function: spatial and temporal analysis of left ventricular filling flow propagation by color m-mode Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1996;27:365-71.
90. Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence of absence of asynergy. *Am J Cardiol*. 1976;37:7-11.
91. Tynan MJ, Becker AE, Macartney FJ, Jiménez MQ, Shinebourne EA, Anderson RH. Nomenclature and classification of congenital heart disease. *Br Heart J*. 1979;41:544-53.
92. Uematsu M, Miyatake K, Tanaka N, Matsuda H, Sano A, Yamazaki N, Hirama M, Yamagishi M. Myocardial velocity gradient as a new indicator of regional left ventricular contraction: detection by a two-dimensional tissue Doppler technique. *J Am Coll Cardiol*. 1995;26:217-23.
93. Urheim S, Edvardsen T, Torp H, Angelsen B, Smiseth OA. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation*. 2000;102:1158-64.
94. Veille JC, Smith N, Zaccaro D. Ventricular filling patterns of the right and left ventricles in normally grown fetuses: a longitudinal follow-up study from early intrauterine life to age 1 year. *Am J Obstet Gynecol*. 1999;180:849-58.
95. Voigt JU, Arnold MF, Karlsson M, Hübbert L, Kukulski T, Hatle L, Sutherland GR. Assessment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler myocardial imaging indexes in normal and infarcted myocardium. *J Am Soc Echocardiogr*. 2000;13:588-98.

96. Waggoner AD, Bierig S. Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr*. 2001; 14:1143-52.
97. Weidemann F, Eyskens B, Jamal F, Mertens L, Kowalski M, D'Hooge J, Bijmens B, Gewillig M, Rademakers F, Hatle L, Sutherland GR. Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in healthy children using ultrasound-based strain rate and strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2002a;15:20-8.
98. Weidemann F, Jamal F, Sutherland G R., Claus P, Kowalski, Hatle L, De Scheerder I, Bijens, B, Rademakers F E. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002b;283:H792-9.
99. Weidemann F, Dommke C, Bijmens B, Claus P, D'hooge J, Mertens P, Verbeken E, Maes A, Van de Werf F, De Scheerder I, Sutherland GR. Defining the transmural extent of a chronic myocardial infarction by ultrasonic strain-rate imaging: implications for identifying intramural viability; an experimental study. *Circulation*. 2003;107:883-8.
100. Weyman AE. *Principles and practice of echocardiography*. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994.
101. Wilkenshoff UM, Sovany A, Wigström L, Olstad B, Lindström L, Engvall J, Janerot-Sjöberg B, Wranne B, Hatle L, Sutherland GR. Regional mean systolic myocardial velocity estimation by real-time color Doppler myocardial imaging: a new technique for quantifying regional systolic function. *J Am Soc Echocardiogr*. 1998;11:683-92.
102. Yamada E, Garcia M, Thomas JD, Marwick TH. Myocardial Doppler velocity imaging: a quantitative technique for interpretation of dobutamine echocardiography. *Am J Cardiol*. 1998;82:806-9.

103. Yamada H, Oki T, Mishiro Y, Tabata T, Abe M, Onose Y, Wakatsuki T, Ito S. Effect of aging on diastolic left ventricular myocardial velocities measured by pulsed tissue Doppler imaging in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12:574-81.
104. Yasuoka K, Harada K, Orino T, Takada G. Right ventricular diastolic filling assessed by conventional Doppler and tissue Doppler imaging in normal children. *Tohoku J Exp Med.* 1999;189:283-94.