

ELAINE APARECIDA FELIX FORTIS

**APLICAÇÃO DO OXÍMETRO DE PULSO EM RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS
NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA, NO BERÇÁRIO E DURANTE
ATENDIMENTO NA SALA DE PARTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre.

Curso de Pós-Graduação em Pneumologia,
Faculdade de Medicina,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Rosemary Petrik Pereira;
Co-orientadora: Prof^a Helena M Arenson-Pandikow

PORTO ALEGRE

1994

DEDICATÓRIAS

À minha família:

Ao Nino pela dedicação, amor e companheirismo;

Às minhas filhas, Marcela e Camila, pela silenciosa e incompreendida espera;

Aos meus pais, Waldivino e Alcina, uma forma simples de dizer obrigada.

Aos amigos,

Helena Arenson-Pandikow e

Antonio Leite Oliva Filho,

pelos exemplos de vida, ensinamentos científicos e constante apoio em todas etapas deste trabalho.

Às mulheres fortes

capazes de enfrentar obstáculos e desafios;

que têm garra e inteligência para lutar e vencer na arte de ser

Mãe, Esposa, Profissional e sobretudo Mulher

AGRADECIMENTOS

- À Prof^ª Rosemary Petrik Pereira pela valiosa orientação e firmes ensinamentos.
- Aos colegas e alunos de Iniciação Científica do Núcleo de Avaliação em Anestesia (NAVA) do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da UFRGS e do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, dos quais recebi contribuições relevantes, principalmente Ruy Mantovani, José Roberto Barcelos Carlos, Fernanda Bortolomiol, Dong K. Lee, Roberto Terrazas e Carlos Krieger.
- Ao Serviço de Anestesiologia, médicos e equipe de enfermagem do Centro Obstétrico, Berçário e Unidade de Terapia Intensiva Neonatal do HCPA cuja compreensão e espírito científico viabilizaram uma eficiente colheita de dados, em especial às pediatras Anelise Souto e Queila Esteves de Oliveira.
- Ao Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do HCPA, à Norma Martinez pela dedicação incansável na análise estatística dos dados, ao José Roberto Goldim, pela revisão.
- Aos Bioquímicos Gledison Gastaldo e Clóvis Schaffer, aos funcionários do HCPA e a todos aqueles que atenderam com boa vontade minhas solicitações.
- Às instituições: Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Pavilhão Pereira Filho que, através de seus representantes, me acolheram e complementaram a minha formação acadêmica.
- Aos meus professores, amigos e colegas de Uberlândia, em especial ao Dr Walter Manhães ao qual devo o despertar para a Anestesiologia, que, com seu exemplo profissional, ensinou-me o caminho para desempenhá-la com seriedade.
- À Fundação Affonso Fortis e a empresa Narcosul Aparelhos Científicos pelo apoio científico e patrocínio financeiro que viabilizaram a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	IX
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO TÉCNICO DA OXIMETRIA DE PULSO.....	11
3. TEORIA E PRINCÍPIOS DA OXIMETRIA DE PULSO.....	15
3.1 O SISTEMA DE OXIGENAÇÃO.....	15
3.2 SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO: SaO ₂ versus SpO ₂	17
3.3 RELAÇÃO PaO ₂ versus SaO ₂	18
3.4 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO.....	21
4. OBJETIVOS.....	28
5. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	30
5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA POPULAÇÃO.....	32
5.1.1. CARACTERÍSTICAS MATERNAS.....	32
5.1.2. CARACTERÍSTICAS DOS RECÉM-NASCIDOS.....	37
5.2 AVALIAÇÃO ESPECÍFICA POR ÁREA CLÍNICA.....	42
5.2.1. RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NA UTI.....	42
5.2.2. RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NO BERÇÁRIO.....	43
5.2.3. RECÉM-NASCIDOS AVALIADOS NA SALA DE PARTO.....	43
5.3. OXÍMETRO E IMPRESSORA.....	45
5.4. SENSOR.....	48
5.5. QUALIDADE DOS REGISTROS IMPRESSOS.....	49
5.6. ANÁLISE DOS DADOS.....	50
6. RESULTADOS.....	53
6.1. RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NA UTI NEONATAL.....	54
6.2. RECÉM-NASCIDOS ESTUDADOS NO BERÇÁRIO E NA SALA DE PARTO ..	62
6.3. ASPECTOS TÉCNICOS DA APLICAÇÃO DA OXIMETRIA DE PULSO NA SALA DE PARTO E BERÇÁRIO.....	70
7. DISCUSSÃO.....	75
7.1. CASUÍSTICA E MÉTODO.....	76

7.1.1. A amostra	76
7.1.2. O instrumento	78
7.2. UTI NEONATAL.....	82
7.3. SALA DE PARTO E BERÇÁRIO.....	91
7.4. PROBLEMAS TÉCNICOS E INTERFERÊNCIAS ENCONTRADAS NOS RECÉM-NASCIDOS MONITORIZADOS NA SALA DE PARTO E BERÇÁRIO	98
7.5. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	102
8. CONCLUSÕES.....	104
ANEXOS.....	106
ANEXO 1 - Reprodução de Relatório Impresso da Oximetria.....	107
ANEXO 2 - Dados dos Neonatos avaliados na UTI.....	108
ANEXO 3 - Dados dos Neonatos avaliados no Berçário	109
ANEXO 4 - Dados dos Neonatos avaliados na Sala de Parto	110
ANEXO 5 - Dados de SpO2 e Frequência Cardíaca, minuto a minuto, dos Neonatos avaliados na Sala de Parto, com separação dos Recém- Nascidos Sadios e Doentes	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

bpm	Batimentos por minuto
CaO ₂	Conteúdo Arterial de O ₂
CDO	Curva de dissociação da oxihemoglobina
COHb	Carboxihemoglobina
DesoxiHb	Desoxihemoglobina
DP	Desvio padrão
FC	Frequência Cardíaca
FiO ₂	Concentração fracional de O ₂ no ar inspirado.
FP	Frequência de pulso medida pelo oxímetro de pulso
g	Gramas
Hb	Hemoglobina
HbA	Hemoglobina do adulto
HbF	Hemoglobina fetal
HbO ₂	Oxihemoglobina
HbO ₂ %	Percentual de Oxihemoglobina sobre a Hemoglobina total
Hbtotal	Hemoglobina total
LED	Diodo emissor de luz
MetaHb	Metahemoglobina
min	Mínuto
nm	Nanômetro
O ₂	Oxigênio
P _a O ₂	Pressão parcial de O ₂ no sangue arterial
PI	Período de Interferência
PME	Período de monitorização efetiva
PMT	Período de monitorização total
PO _{2tc}	Pressão parcial de O ₂ transcutânea
S _a O ₂	Saturação de oxigênio no sangue arterial.
S _a O _{2cal}	Saturação de oxigênio arterial calculada (na análise de gases sangüíneos)
SpO ₂	Saturação de oxigênio medida pelo oxímetro de pulso
RN	Recém - nascido(s)
s	Segundo
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

RESUMO

RESUMO

O oxímetro de pulso tornou-se o método de escolha para monitorização não invasiva da oxigenação em recém-nascidos (RN). Em geral, as publicações são favoráveis quanto à obtenção da saturação de oxigênio através das leituras do oxímetro (S_pO_2) dando ênfase às facilidades de aplicação do sensor, à baixa frequência de complicações, respostas rápidas e contínuas da S_pO_2 frente a mudanças na oxigenação sanguínea; e ainda à boa correlação da S_pO_2 com medidas invasivas da saturação de oxigênio no sangue arterial (S_aO_2). No entanto, a aplicabilidade do oxímetro de pulso em neonatos tem sido melhor documentada em unidades de terapia intensiva sendo escassos os trabalhos realizados em RN saudáveis, imediatamente após o parto.

Este trabalho focaliza três aspectos da aplicação do oxímetro de pulso em neonatos: inicialmente compara os valores da saturação de oxigênio calculada (S_aO_{2cal}) na análise de gases sanguíneos com medidas da S_pO_2 em 32 RN doentes; numa segunda etapa busca relacionar os valores de S_pO_2 ao processo de adaptação normal à vida extra-uterina em 45 RN dentro dos primeiros dez minutos após o parto e no berçário, em 57 recém-nascidos nas primeiras duas horas de vida. Finalmente, identifica os problemas técnicos e limitações no uso clínico do oxímetro de pulso capazes de influenciar a interpretação dos resultados.

A análise comparativa de 45 pares de medidas simultâneas de S_pO_2 e S_aO_{2cal} obtidas dos 32 RN internados na unidade de cuidados intensivos mostrou uma correlação de 0,77 ($S_pO_2 = 62,5 + 0,36 S_aO_{2cal}$) enquanto a média das diferenças entre os valores absolutos da S_pO_2 e S_aO_{2cal} (bias) encontrada foi de 3,5% e a precisão de 5,6%. As diferenças entre as medidas foram menores em níveis de saturação de oxigênio acima de 85%. Abaixo destes, as S_pO_2 superestimaram os valores da S_aO_{2cal} .

Os registros contínuos das medidas da S_pO_2 obtidos na sala de parto demonstraram que os valores médios da S_pO_2 foram sempre mais baixos para os neonatos avaliados nos primeiros dez minutos de vida (< 90%). Logo após, no berçário, foi verificado um aumento progressivo dos valores de S_pO_2 que rapidamente atingiram níveis ao redor de 92,7% em menos de 30 minutos, 95,5% em cerca de 60 minutos, alcançando subsequentemente o patamar de 97,2%.

Foi adotado um critério padrão para a seleção de medidas contínuas da S_pO_2 isentas de dados espúrios. A extrema sensibilidade do sensor do oxímetro ao movimento e a outros fatores de interferências invalidou a maioria dos registros em neonatos nos primeiros 5 minutos após o parto. Estes problemas foram de relevância menor no ambiente menos conturbado do berçário.

Neste estudo, o oxímetro de pulso mostrou-se útil para detectar os graus de variação da saturação de O_2 no sangue arterial, característicos do período neonatal. Em adição, permitiu medir a velocidade em que o nível normal é alcançado após o parto. No contexto geral, o estudo demonstrou as falhas inerentes ao emprego da técnica. O equipamento não parece ser confiável em níveis de S_aO_2 cal baixos e a interposição de fatores que interferem com a captação do sinal - se não forem excluídos das análises - fornecem resultados inaccurados. Estas limitações exigem cautela na interpretação dos dados de monitorização da oxigenação do neonato.

ABSTRACT

ABSTRACT

Pulse oximetry has become the method of choice for non-invasive monitoring of oxygenation in newborn infants. In general, the reports have been favourable regarding neonatal oxygen saturation from the oximeter readings (SpO₂) with emphasis on the easy application of SpO₂ probes, infrequency of cutaneous injury, rapid and continuous response of SpO₂ to changes in blood oxygenation, and good correlation of SpO₂ with invasive oxygen saturations (SaO₂). So far, the applicability of pulse oximetry in neonates has been mainly documented in intensive care units and less in healthy infants, immediately after delivery.

This work focuses on three aspects of pulse oximetry application in neonates: 1- in the comparison of calculated oxygen saturation values (SaO₂cal) with SpO₂ in 32 critically ill infants; 2- in following the normal adaptation to extrauterine life within 10 minutes of delivery (n=45) and then through the first two hours (n=57); 3- in the identification of the technical problems encountered during its routine clinical use and the pitfalls in the interpretation of results.

The comparative analysis of 45 pairs of simultaneously measured SpO₂ and SaO₂cal obtained from 32 infants in the intensive care unit showed a correlation of 0,77 ($SpO_2 = 62,5 + 0,36 SaO_{2cal}$) while the mean of the absolute differences between SpO₂ and SaO₂cal values (bias) was found to be 3,5% and precision of 5,6%. The differences between measurements were smaller at saturations above 85%. SpO₂ overestimated SaO₂cal when the values of SaO₂cal were at lower levels.

The continuous recording of the SpO₂ taken in the delivery room demonstrated that the mean values of SpO₂ were always lower for neonates in their first 10 minutes of life (below 90%). Shortly thereafter at the nursery a progressive elevation of SpO₂ was rapidly accomplished with mean values around 92,7% in less than 30 minutes, 95,5% within 60 minutes reaching subsequently a plateau of 97,2 %.

Criteria for measuring continuously the SpO₂ output from the oximeter were standardized in order to obtain artifact free data. The extreme sensitivity of the oximeter probe to movement and other interference factors invalidated most of the records from newborns five minutes after delivery. These problems were considerably less relevant in the undisturbed environment of the nursery.

In this study, the pulse oximeter proved useful to detect the degree of oxygen saturation of arterial blood which characterizes the neonatal period, and to measure the speed with which the normal level is attained after delivery. The overall study has also shown the drawbacks of the technique. The equipment seems not to be reliable at lower SaO₂ values and the interposition of interfering factors disturbing signal captation, if not excluded from the analysis, give inaccurate results. These limitations encountered herein are meaningful in monitoring oxygenation of neonates and call for caution in the interpretation of data.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO I - Características técnicas e práticas relativas ao uso dos três métodos freqüentemente utilizados para avaliar a oxigenação em RN	9
QUADRO II - Aplicações da Oximetria de Pulso	10
QUADRO III - Cronograma de Desenvolvimento Tecnológico do Oxímetro de Pulso ...	11
TABELA I - Dados maternos por área clínica de estudo	34
TABELA II - Dados maternos por área clínica de estudo	35
TABELA III - Fatores de risco gestacional por área clínica de estudo	36
TABELA IV - Fatores de risco de trabalho de parto por área clínica de estudo	37
TABELA V - Características dos Recém-Nascidos por área clínica de estudo	39
TABELA VI - Características dos Recém-Nascidos por área clínica.....	40
TABELA VII - Fatores de risco do nascimento por área clínica de estudo	41
TABELA VIII - Idade pós-natal dos RN internados na UTI Neonatal no momento da colheita dos dados.....	54
TABELA IX - Prevalência das condições patológicas principal e associada que motivaram a permanência dos RN na UTI neonatal.....	55
TABELA X - Valores médios, desvios-padrão e valores extremos das variá- veis medidas pela gasometria e dos dados obtidos no oxímetro de pulso nas 45 amostras avaliadas nos RN da UTI neonatal	56
TABELA XI - Análise das diferenças entre SpO ₂ e SaO ₂ cal em diversos níveis de SaO ₂ cal.....	60
TABELA XII - Valores médios ± desvios padrão e valores extremos entre parênteses para as variáveis SaO ₂ cal, SpO ₂ e diferença entre as medidas (DIF = SpO ₂ - SaO ₂ cal) para intervalos de PaO ₂ em 45 amostras.....	61
TABELA XIII - Distribuição dos RN de acordo com a idade em minutos no momento da monitorização	62
TABELA XIV - Valores médios ± desvios padrão e valores extremos da SpO ₂ mínima, SpO ₂ média e SpO ₂ máxima durante o tempo de monitori- zação efetiva (PME) nos 102 RN estudados.....	65
TABELA XV - Valores médios ± desvios padrão e valores extremos das fre- qüências de pulso mínima, média e máxima durante o tempo de monitorização efetiva (PME) nos 102 RN estudados.....	65
TABELA XVI - Valores dos períodos de monitorização total (PMT), de inter- ferência (PI) e efetiva (PME) expressos em média ± desvio padrão e valores extremos em 102 RN.....	71
TABELA XVII - Estudos comparativos de medidas de SpO ₂ e SaO ₂ realizados na faixa etária neonatal.....	90

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variáveis fisiológicas e componentes envolvidos no processo de oxigenação	16
Figura 2 - Fatores que influenciam a posição da curva de dissociação da HbO ₂	19
Figura 3 - Curvas de dissociação da HbO ₂ com diferentes afinidades	20
Figura 4 - Diagrama de bloco e componentes do oxímetro de pulso	21
Figura 5 - Diagrama do sensor do oxímetro de pulso.....	22
Figura 6 - Locais de colocação do sensor do oxímetro de pulso	23
Figura 7 - Equações da lei de Beer - Lambert.....	24
Figura 8 - Absorção de luz no tecido vivo	25
Figura 9 - Curva de calibração do oxímetro.....	26
Fgura 10 - Distribuição dos recém-nascidos de acordo com o local de estudo e a duração da monitorização com o Oxímetro de Pulso.....	32
Figura 11 - Painel frontal do oxímetro Dixtal, modelo DX 405.....	45
Figura 12 - Conjunto de equipamentos utilizados na monitorização dos recém nascidos.....	46
Figura 13 - Correlação entre SpO ₂ e SaO ₂ cal das medidas obtidas na UTI neonatal	57
Figura 14 - Correlação da diferença entre SpO ₂ e SaO ₂ cal (DIF) com a própria SaO ₂ cal.....	58
Figura 15 - Curva de dissociação da oxihemoglobina (HbO ₂) obtida por dois métodos: <i>in vivo</i> (SpO ₂) e <i>in vitro</i> (SaO ₂ cal).....	59
Figura 16 - SpO ₂ e FP observadas na sala de parto e berçário.....	64
Figura 17 - SpO ₂ obtida no berçário para RN com até 2 horas de vida.....	67
Figura 18 - Variação da SpO ₂ na sala de parto nos dez primeiros minutos de vida de neonatos sadios	68
Figura 19 - Variação da frequência de pulso (FP) na sala de parto nos dez primeiros minutos de vida de neonatos sadios	69
Figura 20 - Frequência e duração das interferências observadas na monitorização dos RN da Sala de Parto e Berçário	72
Figura 21 - Frequência relativa (fr) das mensagens de interferência observadas no berçário e sala de parto	73
Figura 22 - Interferências na leitura da oximetria causadas por manobras de aspiração com os recém-nascidos na sala de parto	74

INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

A hipóxia é o evento fisiopatológico mais frequentemente presente antes de um dano celular irreversível (HOLBURN & ALLEN, 1989). O feto e o recém nascido (RN), imediatamente após o nascimento, estão potencialmente expostos a condições inadequadas de oxigenação tecidual ou seja, à hipóxia (DURBIN, 1975). Revisões da literatura apresentam evidências tardias de danos neurológicos atribuídos, em grande escala, a situações de hipóxia e asfixia nas primeiras horas de vida (ERGANDER et al, 1983, FUNAYAMA et al, 1991, NELSON, 1989).

Asfixia implica uma combinação complexa de hipoxemia, hipercarbia e insuficiência circulatória (JACOBS & PHIBBS, 1989, ROY & BETHERAS, 1990), sendo a causa mais freqüente de indicação de ressuscitação neonatal. De 5 a 10% dos RN apresentam dificuldade de se adaptar à vida extra-uterina e necessitam de ressuscitação na sala de parto (GREGORY, 1988).

Até a presente data o meio médico carece de recursos efetivos para a identificação precoce de níveis de oxigenação insuficientes no RN. Em decorrência, a relação temporal entre eventos e adoção de medidas profiláticas e ou intervenções terapêuticas nem sempre é satisfatória.

A hipoxemia, definida como a redução do conteúdo arterial de oxigênio (CaO_2) precede grande número dos episódios de hipóxia. A avaliação do grau de hipoxemia através de sinais clínicos é bastante limitada na faixa etária neonatal (DUC, 1971). O grau de cianose, manifestação clínica tardia de baixa saturação de O_2 no sangue arterial (SaO_2), pode não estar correlacionado com a severidade e presença de hipoxemia. Variações de fluxo sanguíneo regional, quantidade e tipo de hemoglobina circulante, iluminação ambiente, experiência e localização do observador são fatores que contribuem para a baixa fidedignidade do sinal. Há 46 anos, COMROE & BOTELHO (1947) demonstraram que a experiência clínica do observador não é suficiente para eliminar a subjetividade na avaliação da cianose.

Enquanto acrocianose, comumente identificável em RN, é de valor insignificante na avaliação da oxigenação nos primeiros minutos de vida, a cianose generalizada confirma um quadro de hipoxemia grave e retrata a falta de diagnóstico precoce ou de intervenções eficazes (CONHEN, 1981).

Por outro lado, a observação de outros sinais clínicos associados à hipoxemia é inespecífica e tem pouca precisão (CRONE, 1981, NUNN, 1987, NEIL et al, 1987). O aumento da frequência respiratória e a taquicardia acentuada podem significar uma reação compensatória para manter as demandas metabólicas, assim como representar simples evidências de uma manipulação excessiva dos RN (LONG et al, 1980).

O sistema de avaliação proposto em 1953 pela anesthesiologista americana Virgínia Apgar (APGAR, 1953) e largamente difundido entre os Neonatologistas, contribui de forma importante para sistematizar a avaliação genérica das condições de nascimento no que diz respeito ao grau de depressão multissistêmica e à necessidade de ressuscitação neonatal (MARRIN & PAES, 1988). O índice de Apgar é facilmente aplicável e espelha, através dos cinco sinais padronizados, a perfusão periférica, a resposta neurogênica aos estímulos e a adaptação cardiocirculatória do RN nos primeiros minutos de vida extra-uterina (CRAWFORD et al, 1973). Contudo, não é capaz de fornecer diagnóstico preciso de hipoxemia nem o prognóstico neurológico da criança na presença de asfixia perinatal (NELSON & ELLEMBERG, 1981, SILVERMAN & SUIDAN, 1985, AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, 1986).

Vários autores desencorajam qualquer referência ao termo "asfixia" quando índices de Apgar baixos são utilizados como evidência única da mesma (GOLDENBERG et al, 1984, LUTHY et al, 1987, GILSTRAP et al, 1989). Para substanciar o diagnóstico de asfixia perinatal, alguns critérios adicionais são utilizados. A presença de encefalopatia clínica é um indicador que contribui para confirmar o diagnóstico de hipóxia no recém-nascido (LEVENE et al, 1986, NELSON, 1989). A AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS (1986) sugere

três critérios: índice de Apgar de zero a 3 em 10 minutos, convulsões precoces no período neonatal e hipotonia prolongada. A literatura atual tem revisado e questionado o valor, examinando a sensibilidade, especificidade e capacidade preditiva dos valores dos índices de Apgar (CATLIN et al, 1986, MARRIN & PAES, 1988).

Outro método tradicional, a análise de gases e do pH no sangue do cordão umbilical, é considerado um indicador mais eficiente do estado hemodinâmico do RN (HON et al, 1969, MONDANLOU et al, 1973, VINTZILEOS et al, 1987, GILSTRAP et al, 1989).

É consenso da maioria dos autores que acidose metabólica na amostra sanguínea umbilical (pH menor ou igual a 7,2) não é suficiente para indicar a existência de asfixia (SYKES et al, 1982, PAGE et al, 1986). Além disso, a relação inversa habitualmente esperada entre o índice do Apgar e o grau de acidose e hipóxia pode inexistir. Ou seja, o processo de asfixia, denunciada pelo pH, não corresponde ao índice de Apgar (HON et al, 1969, SUIDAN & YOUNG, 1984).

SYKES (1982), alerta para o diagnóstico de asfixia emitido através de suas conseqüências sobre o metabolismo celular ou ainda por prejuízo ou interrupção da função de um órgão vital. O diagnóstico feito pela presença de acidose acaba comprovando deficiência na detecção precoce da hipóxia (SYKES et al, 1983, FIELDS et al, 1983).

Hipoxemia pode ser de difícil reconhecimento clínico mas pode ser diagnosticada medindo a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (P_{aO_2}) e ou a saturação de oxigênio no sangue arterial (S_{aO_2}) e calculando o CaO_2 (DUC, 1971). Diversas restrições, no entretanto, têm sido apontadas quanto à utilização de métodos de monitorização do O_2 em Neonatologia. Essas prendem-se a qualquer técnica que seja invasiva, que comprometa a homeostasia do RN ou, ainda, que possa causar algum tipo de trauma adicional. Exemplo disso pode ser encontrado na discussão envolvendo os fatores risco/benefício da colheita de sangue arterial para análise dos gases sanguíneos arteriais, obtidos "in vitro", para avaliar o estado ácido-básico e as condições de oxigenação. Punções arteriais intermitentes

alteram o padrão ventilatório do paciente como resultado de choro ou apnéia (KRAUSS et al, 1978). Conseqüentemente, os dados de saturação e a PaO_2 obtidos na análise laboratorial não refletem o estado de oxigenação real e nem de uma situação de equilíbrio do RN (PEABODY 1987, PROCIANOY, 1988). Erros na técnica de colheita, de acondicionamento do sangue arterial, a presença de ar no espaço morto da seringa, a diluição do sangue pela heparina e os problemas decorrentes da transferência da amostra (PETRIK et al, 1972, AMERICAN ACADEMY OF RESPIRATORY CARE - AARC, 1992, AARC, 1993) demonstram a dificuldade de controle e de fidedignidade das variáveis que estão sendo medidas.

Outros fatores que aumentam riscos ao RN e comprometem a ação efetiva do profissional devem ser mencionados. A lesão de nervo periférico, gangrenas e depleção sanguínea são riscos que não devem ser subestimados quando se trata da faixa etária neonatal (ADENI & VIDYASAGAR, 1990, CLARK et al, 1992). Soma-se o número de punções arteriais diárias que dependem de decisões arbitrárias de quem está responsável pelos cuidados do paciente. Estas sofrem interferências que variam desde a formação profissional, experiência prévia com a situação, acompanhamento diário do paciente, a descontinuidade de seguimento de um plantão esporádico até a subjetividade de quem prevê uma situação ou sinal potencial de risco.

A cateterização de artéria suprime a inconveniência de punções múltiplas, porém acrescenta riscos de hemorragias, espasmos, infecções, trombozes, embolização e alterações, patológicas e anatômicas, por isquemia distal (COCHRAN et al, 1968, SYMANSKY & FOX, 1972). Além dos problemas técnicos, a medida obtida em sangue da artéria umbilical pode diferir da PaO_2 no restante do organismo pela presença de "shunt" cardíaco ou pulmonar (KITTERMAN et al, 1970, KRAUSS et al, 1978).

A viabilidade de colher amostras do escalpe fetal ou de sangue venoso e arterial do cordão umbilical de RN determinou estudos das tensões dos gases sanguíneos e equilíbrio ácido-básico no nascimento com ênfase na importância destes dados para o entendimento da fisiologia neonatal. Mas os autores alertam para falhas na amostragem de sangue do cordão

umbilical em virtude de inúmeros fatores que interagem no processo de expulsão normal, como as condutas obstétricas que alteram a condição do sangue fetal no momento do nascimento (SMITH & KAPLAN, 1942, OLIVER et al, 1961, SILVERMAN & SUIDAN, 1985, CAVALCANTI, 1991).

Pelos motivos acima e sobretudo porque os níveis de oxigenação "in vitro" tornam-se disponíveis em defasagem com as condições clínicas que levam à hipóxia, a oportunidade da realização da gasometria arterial torna-se, muitas vezes, discutível (PARKER & SOUTTER, 1975).

A evolução tecnológica vem oferecendo grandes avanços e alternativas para superar os problemas associados à monitorização invasiva da oxigenação (BHAT et al, 1986, TREMPER & BARKER, 1991b).

O emprego da monitorização transcutânea de oxigênio (PO_{2tc}) tornou-se bastante difundido em unidades neonatais a partir de meados da década de 70 e mudou radicalmente a prática clínica neonatal por promover informação não-invasiva e continuada da oxigenação sanguínea (LUCEY, 1982, TREMPER, 1984).

Desenvolvido por Hugh e colaboradores. (HUGH et al, 1974), o método polarográfico para obtenção indireta da PaO₂ envolve a utilização de eletrodos aquecidos a 44 - 45°C, colocados na superfície intacta da pele. Diversos autores discutem aspectos fundamentais para a correta interpretação dos dados de PO_{2tc} em comparação com a PaO₂ e reconhecem as limitações da técnica. No entanto, a maioria é unânime em afirmar os benefícios do seu emprego, principalmente em Unidades de Terapia Intensiva Neonatais (HUCH et al, 1976, PEABODY et al, 1978, LOFGREN et al, 1978, VYAS et al, 1988). Uma série de recursos devem ser utilizados para contornar os problemas técnicos da aplicação do método. Além da necessidade de aquecimento para melhorar o nível de arterialização e diminuir o gradiente existente entre o fluxo sanguíneo local e a superfície da pele, o local de fixação do sensor depende da idade do paciente, variações individuais e locais da anatomia/espessura da

pele, densidade de capilares e grau de atividade muscular, que quando intensa, dificulta a manutenção do sensor no local (INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL CHEMISTRY - IFCC, 1990, ADENI & VIDYASAGAR, 1990). Outros detalhes técnicos estão associados com a necessidade de recalibrações freqüentes e mudança do local do sensor a intervalos regulares para evitar o risco de queimaduras.

A literatura aponta para ocorrências de bolhas e lesões da pele de prematuros monitorizados por tempo prolongado (GOLDEN, 1981, LUCEY, 1982). A popularidade do método acabou sofrendo desgaste em função dos riscos, dificuldade de aplicação do sensor e pela obtenção de medidas imprecisas em neonatos doentes, principalmente naqueles com displasia broncopulmonar, choque hipovolêmico, hipotensão grave ou com insuficiência cardíaca (FENNER et al, 1975, TREMPER, 1984, ROME et al, 1984).

Nos últimos dez anos o desenvolvimento da oximetria de pulso para medir a saturação de oxigênio no sangue arterial (SpO_2) oferece alternativas às limitações encontradas nas medidas tanto de PO_{2tc} como de níveis de oxigenação "in vitro" (YELDERMAN & NEW, 1983, DECKARDT & STEWARD, 1984, PEABODY et al, 1986, SOUTHALL et al, 1987, RUSSELL & HELMS, 1990).

O quadro I sintetiza as características técnicas e práticas relativas ao uso dos três métodos de monitorização da oxigenação do sangue arterial mais freqüentes: gasometria arterial, oximetria transcutânea e oximetria de pulso.

O oxímetro de pulso mede a saturação de oxigênio do sangue em nível periférico (SpO_2) utilizando a espectrofotometria (AARC, 1991). Baseia-se no princípio da absorção da luz visível e invisível, de diferentes comprimentos de onda - entre 600 e 1000 nanômetros - por distintas espécies de hemoglobina (Hb). As propriedades ópticas do grupo heme da molécula de Hb tornam o sangue oxigenado permeável à luz vermelha. O sangue não oxigenado absorve a luz vermelha, o tecido perde sua coloração rosada e adquire um tom

azulado. Essas considerações traduzem de forma simplificada o princípio básico utilizado pela oximetria (ALEXANDER et al, 1989).

Pela relevância da obtenção quase instantânea de dados de oxigenação, o oxímetro de pulso tornou-se um dos instrumentos mais importantes de monitorização de pacientes em estado crítico, adultos e pediátricos, em unidades cirúrgicas e de terapia intensiva (KELLEHER, 1983, SEVERINGHAUS & KELLEHER, 1992). A abundância de referências internacionais atuais dirigidas à oximetria de pulso, e extensão de seu emprego clínico (Quadro II), documenta a rapidez de difusão do método de monitorização e o êxito alcançado desde o seu desenvolvimento e comercialização. Alguns autores, para validar as medidas obtidas através do oxímetro de pulso, correlacionam dados de SpO₂ com medidas diretas da SaO₂, geralmente realizadas por um co-oxímetro (WALSH et al, 1987, BARRINGTON et al, 1988, PRAUD et al, 1989, RUSSELL & HELMS, 1990). Outros comparam com a SaO₂ calculada na análise de gases sanguíneos e verificam a interferência do equilíbrio ácido básico no sistema de oxigenação e os desvios de interpretação daí decorrentes (WISWELL, 1987, GODOY et al, 1987, REYNOLDS & YU, 1988, CORTES et al, 1988, GODOY et al, 1989).

Em Neonatologia, a aplicabilidade do oxímetro de pulso pode ser tão variável como são as condições passíveis de causar hipóxia. No entretanto, as experiências mais relevantes com oximetria de pulso tem sido apontadas nos trabalhos de revisão em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal (DZIEDZIC; VIDYASAGAR, 1989) sendo relativamente esparsas na aplicação do método em RN sadios ou ainda, nos primeiros minutos de vida (MOK et al, 1986a, HARRIS et al, 1986, SENDAK et al, 1986, PORTER et al, 1987, HOUSE et al, 1987, RAMIREZ et al, 1988, MEIER-STAUSS 1990).

Até o presente momento, nosso meio carece de referência nacional quanto à monitorização de neonatos com oximetria de pulso. Dados sobre o padrão normal de variação e flutuações da SpO₂, na fase crítica de adaptação cardiocirculatória e respiratória extra-uterina parecem-nos importantes para a verificação dos méritos reais do oxímetro de pulso como recurso auxiliar no diagnóstico de hipoxemia neonatal.

QUADRO I - Características técnicas e práticas relativas ao uso dos três métodos freqüentemente utilizados para avaliar a oxigenação em RN

Características	Gasometria Arterial	Oximetria Transcutânea	Oximetria de Pulso
Variáveis	SaO ₂ PaO ₂	PO _{2tc}	SpO ₂
Tipo de técnica	Invasiva	Não Invasiva	Não Invasiva
Tipo de avaliação	Intermitente	Contínua	Contínua
Tempo de resposta	Com atraso	Mínutos	Segundos
Acesso	Punção ou cateterização arterial	Colocação de sensor na superfície da pele	Fixação do sensor em leito arterial pulsátil
Locais de acesso mais freqüentes	Artéria Umbilical Artéria Radial	Face anterior do antebraço, mãos, pés	Extremidades dedos, lobo da orelha
Troca do local do sensor	-	Intervalos regulares	Não necessita
Necessidade de calibração	Sim	Sim	Não
Interferências geradas por movimentos	Não	Freqüentes	Freqüentes
Risco de queimaduras	Não	Sim	Raro
Outros benefícios	Mede a ventilação alveolar e estado ácido-básico	Nenhum	Mede a freqüência cardíaca
Custo	Alto	Baixo	Baixo

Adaptado de: CHEN J & MARSHALL BE, 1988; PIERSON DJ, 1990; PETERS et al, 1990; HUCH R et al, 1990; GRAVENSTEIN JS, 1990.

QUADRO II - Aplicações da Oximetria de Pulso

MONITORIZAÇÃO DA OXIGENAÇÃO

- 1 - NA ANESTESIA
 - sedação e preparo pré operatório
 - per operatório
 - transporte do paciente cirúrgico
 - cuidados pós operatórios
 - recuperação pós anestésica
- 2 - EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA
- 3 - NA ADMINISTRAÇÃO DE OPIÓIDES
- 4 - EM ESTAÇÕES CENTRAIS DE ENFERMARIA
- 5 - DURANTE PROCEDIMENTOS DE CONSULTÓRIO E AMBULATÓRIO
- 6 - CONTROLE DE OXIGENIOTERAPIA
 - critérios de indicação
 - em pneumopatas
 - no controle domiciliar
 - no controle em enfermaria
 - controle de hiperoxemia
- 7 - DURANTE PROCEDIMENTOS TERAPÊUTICOS
 - cateterismo cardíaco
 - hemodiálise
 - manobra de Valsalva
 - radioterapia
 - uso de broncodilatador
- 8 - NO ACOMPANHAMENTO DE DOENÇAS ESPECÍFICAS
 - displasia bronco-pulmonar
 - bronquiolite
 - pneumonias
- 9 - ATENDIMENTOS DE EMERGÊNCIAS E TRAUMAS

MONITORIZAÇÃO CIRCULATÓRIA

- 1 - MEDIDA DA PRESSÃO ARTERIAL
- 2 - VERIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE CIRCULATÓRIA
 - na presença de ducto arterioso
 - em costela cervical
 - após enxerto arterial
 - após reimplante de extremidades
 - posicionamento de pacientes cirúrgicos

PROVAS CLÍNICAS

- 1 - RESPOSTA VENTILATÓRIA À HIPÓXIA
- 2 - ESTUDOS DURANTE O SONO
- 3 - TESTES PARA AVALIAÇÃO DE FLUXO ARTERIAL ANTES DE CANNULAÇÃO (ALLEN)
- 4 - AVALIAÇÃO DE TROCA GASOSA PULMONAR
- 5 - TESTES DE EXERCÍCIO

ENSINO

- 1 - EM MANOBRAS DE REANIMAÇÃO CARDIOPULMONAR
- 2 - VERIFICAÇÃO DE VASODILATAÇÃO PERIFÉRICA
- 3 - DIAGNÓSTICO DE INTUBAÇÃO SELETIVA OU ESOFÁGICA
- 4 - DETECÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTOS E MONITORES
- 5 - REALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

INVESTIGAÇÃO

- 1 - EXERCÍCIOS DE DESSATURAÇÃO
- 2 - PROVAS CARDIOPULMONARES
- 3 - ESTUDOS EXPERIMENTAIS
 - acurácia do oxímetro de pulso em situações adversas
- 4 - ESTUDO DE INCIDÊNCIA DE COMPLICAÇÕES PER-OPERATÓRIAS
- 5 - ESTUDO DA OXIGENAÇÃO EM MODELOS SIMULADOS

CONTROLE TERAPÊUTICO

- 1 - MANUTENÇÃO DELIBERADA DE HIPOXEMIA EM PREMATUROS
- 2 - DETERMINAÇÃO DE PEEP E CPAP ÓTIMOS
- 3 - MONITORIZAÇÃO DA OXIGENAÇÃO APNÉICA
- 4 - PROVAS DE EXTUBAÇÃO
- 5 - CRITÉRIOS DE DESMAME
- 6 - DIAGNÓSTICO DE COMPLICAÇÕES TRANS-OPERATÓRIAS

2- CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO TÉCNICO DA OXIMETRIA DE PULSO

O desenvolvimento da oximetria de pulso, como hoje é aplicada, é oriundo de observações aguçadas do engenheiro japonês Aoyagi e concomitantes avanços da tecnologia em eletrônica. O quadro III sintetiza o cronograma de desenvolvimento tecnológico do oxímetro de pulso.

QUADRO III - Cronograma de Desenvolvimento Tecnológico do Oxímetro de Pulso

AUTOR	ANO	CONTRIBUIÇÃO
Nicolai	1932	Introdução da análise espectrofotométrica
Kramer	1935	Demonstração que a transmissão de luz vermelha estava relacionada com a S_aO_2
Matthes	1935	Criação da oximetria, método para medir saturação de hemoglobina por transiluminação em tecido intacto
Matthes e Gross	1939	Desenvolvimento do 1º instrumento para medir de S_aO_2 na orelha usando luz vermelha
Squire	1940	Oxímetro/pletismógrafo para o estudo da circulação periférica.
Millikan	1942	Introdução do termo oxímetro. Desenvolvimento de um oxímetro bicromático (verde e vermelho) de orelha para a prática da aviação militar.
Goldie	1942	Oxímetro de dois comprimentos de onda (vermelha e azul). Muito sensível ao movimento e à instabilidade vasomotora.
Wood	1950	Oxímetro com mostrador contínuo da S_aO_2 e bicromático (luz vermelha e infravermelha).
Shaw	1960 - 70	Oxímetro com oito comprimentos de onda. Sensor de fibra óptica.
Aoyagi	1971	Criação do oxímetro de pulso (luz vermelha e infravermelha).

Referências bibliográficas: SEVERINGHAUS JW, 1986; BARKER SJ & TREMPER KK, 1987; TREMPER KK & BARKER SJ, 1989a; WELCH JP et al, 1990; DUCEY JP & HARRIS S, 1991; CLARK JS et al, 1992.

Matthes, fisiólogo e médico alemão, é considerado o pai da oximetria. Em 1935 relatou o primeiro método de medir saturação de oxigênio por transiluminação em tecido

intacto usando dois espectros de luz, vermelha e azul-verde. Adiante, em 1939, Matthes e Gross tornaram-se pioneiros no uso da luz infravermelha e vermelha num medidor de saturação de oxigênio.

Em 1940 Squire, na Inglaterra, projetou um equipamento oxímetro/pletismógrafo para avaliação da circulação periférica em pacientes com comprometimento da perfusão tecidual. O oxímetro de Squire era, no entanto, muito sensível ao movimento e à instabilidade vasomotora. Nesta época, Hertzman demonstrou que havia uma maior estabilidade vasomotora na orelha, o que facilitava a captação do sinal. Esta foi a razão para os oxímetros subsequentes serem indicados para uso na orelha.

Avanços importantes em oximetria não invasiva decorreram da necessidade de monitorizar pilotos em grandes altitudes, em cabines não pressurizadas, durante a Segunda Guerra Mundial. Millikan, um fisiologista americano, introduziu em 1940 o termo oxímetro. Em 1942 desenvolveu um colorímetro bicromático, vermelho e verde, para medir saturação da hemoglobina, indicado para os aviadores. No mesmo ano, Goldie da Escócia descreveu outra modalidade de oxímetro que usava compressão mecânica para zerar o fluxo sanguíneo e instituiu um circuito eletrônico para promover compensação das variáveis de volume.

No decorrer da evolução da oximetria, dois problemas técnicos foram comuns aos equipamentos desenvolvidos para estimar a saturação de O₂ em tecido vivo:

- 1° - Além da hemoglobina, existem outros absorvedores de luz nos tecidos, capazes de dispersar a luz (fatores não sanguíneos da absorção).
- 2° - A presença de sangue venoso e capilar nos tecidos contribui para dificultar as medidas de saturação no sangue arterial (variáveis de volume).

Para minimizar estes problemas, os oxímetros de dois comprimentos de onda exigiam calibração em dois pontos. Inicialmente uma medida de calibração na ausência de fluxo sanguíneo mediante compressão mecânica da orelha. Dessa forma eliminava-se o fluxo sanguíneo e era compensada a absorção de luz pelos tecidos. A seguir, era realizada uma segunda medida, em um ponto de saturação conhecido, com o método de Van Slyke. A orelha

aquecida por uma lâmpada incandescente, promovia a arterialização por vasodilatação a fim de estabilizar as variáveis de volume. A diferença entre este sinal de absorção e o valor basal era relacionada com a absorção do sangue arterial. Este dispositivo demonstrou ser preciso para detectar dessaturações intraoperatórias já no início dos anos 50. Contudo, e devido às dificuldades técnicas com seu emprego, não foi adotado no uso clínico rotineiro.

Seguiram-se modificações e revisões neste instrumento, principalmente quanto à concepção do circuito eletrônico.

Wood e Geraci em 1949 introduziram modificações que permitiram medir a saturação de oxigênio sem prévio ajuste a uma saturação conhecida. Mais tarde estes autores projetaram um método eletrônico que propiciava a visualização da saturação de O₂ direta e continuamente na tela do equipamento. Versões desse oxímetro foram bastante utilizadas em pesquisa e laboratórios clínicos sem aplicação prática para monitorizar a saturação de O₂ em pacientes cirúrgicos ou de cuidados intensivos.

Em 1970, a empresa Hewlett-Packard introduziu um novo modelo de oxímetro, concebido por Shaw e comercializado para laboratórios de função pulmonar na década de 80. Este oxímetro de orelha com oito comprimentos de onda conduzia luz através de feixes de fibra óptica. Este aparelho não necessitava de calibração externa, o que tornava seu uso mais fácil, porém o sensor de orelha era volumoso e de custo elevado, inviabilizando seu uso clínico.

Ainda na década de 70, o bio-engenheiro japonês Takuo Aoyagi, pesquisador da Nihon Kohden, firma eletrônica japonesa, estava desenvolvendo um densímetro fotoelétrico para medir débito cardíaco por diluição de contraste usando oxímetro de orelha. Graças a este trabalho houve aperfeiçoamento do método de separar o componente pulsátil do componente estático durante emissão de luz infravermelha, para obter medidas de frequência cardíaca. Aoyagi observou que o sinal pletismográfico era sensível a mudanças na saturação de oxigênio. Daí resultou o entendimento de que o componente pulsátil do sinal de absorção era

devido a mudanças no volume do sangue arterial e que era pouco afetado pela pigmentação da pele, pelos tecidos ou ossos. O pesquisador correlacionou a absorção de luz vermelha e infravermelha durante a pulsação arterial com a saturação da hemoglobina. Mediante o uso de dois componentes de onda de luz, o vermelho e o infravermelho, foi então criado um dispositivo o qual, por ser capaz de detectar os níveis de saturação de oxigênio a partir um sinal pulsátil, foi denominado Oxímetro de pulso.

Dois avanços simultâneos em eletrônica colaboraram para gerar o fruto final da concepção de Aoyagi. Primeiro foi o desenvolvimento de Díodos Emissores de Luz (LED) possibilitando a substituição dos sensores de fibra óptica. Com isto, os sensores tornaram-se mais baratos, menores e aptos para gerar comprimentos de onda específicos. Segundo, o microprocessamento de sinais em alta velocidade, responsável pelo registro contínuo e praticamente em tempo real dos valores de saturação de oxigênio. Todavia, o crédito para a atual popularidade do Oxímetro de pulso pertence a William New, um anestesiológico de Stanford o qual, finalmente, consagrou seu uso nas salas de operações.

Os oxímetros de pulso atualmente são comercializados por mais de 35 empresas somente nos EUA (SEVERINGHAUS, 1992). No cenário mundial, diversas companhias continuam implementando pesquisas para aperfeiçoar o equipamento, melhorar o desempenho e desenvolver novos algoritmos. Este interesse confirma a aplicabilidade do oxímetro de pulso e sua grande aceitação pela classe médica.

3- TEORIA E PRINCÍPIOS DA OXIMETRIA DE PULSO

3.1- O SISTEMA DE OXIGENAÇÃO

A interpretação dos dados de oximetria de pulso deve ser realizada à luz da observação dos demais fatores que integram o conhecimento funcional do ciclo vital respiratório. Isto incorpora as etapas de captação de O_2 , seu transporte, distribuição, liberação até a sua extração e utilização em nível celular (COMROE, 1974, DANTZKER, 1988, DELIMA & WYNANDS, 1993).

Embora a pressão parcial de O_2 no sangue arterial (PaO_2) seja a medida convencional do grau de oxigenação do sangue, outras variáveis como saturação arterial de O_2 (SaO_2), concentração de hemoglobina (Hb), afinidade do O_2 à Hb devem ser incluídas na determinação do conteúdo arterial de O_2 (CaO_2) (BRODSKY, 1986, ZANDER & MERTZLUFFT, 1986, HAY, 1987a, NUNN, 1987, TREMPER, 1991a). A captação e o transporte de O_2 e o débito cardíaco são fundamentais na determinação da liberação de O_2 em nível tecidual (Figura 1).

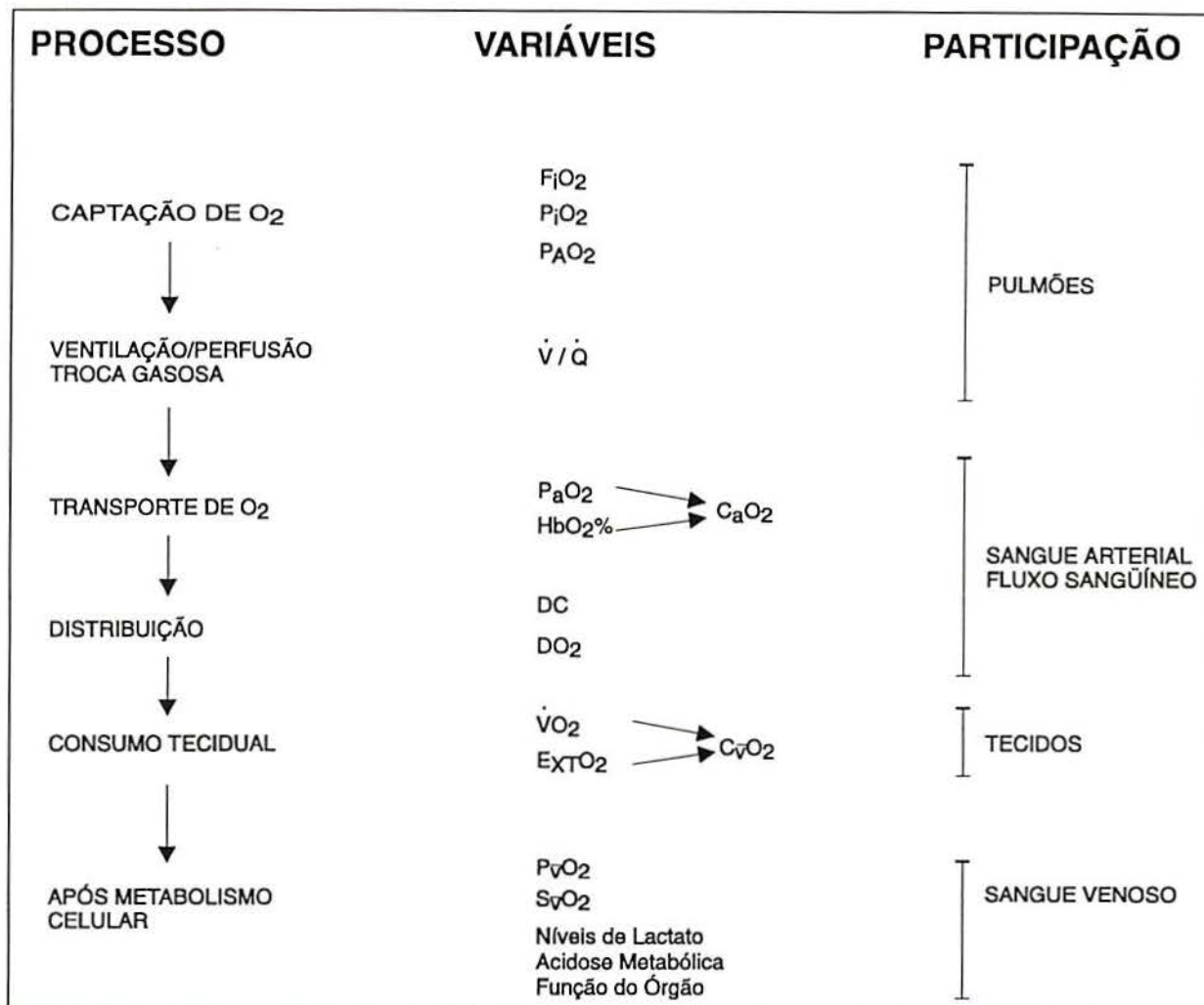


FIGURA 1 - Variáveis fisiológicas e componentes envolvidos no processo de oxigenação

A garantia de suprimento de oxigênio para manutenção dos processos oxidativos intracelulares é dependente de uma série de etapas e variáveis fisiológicas que incluem: a captação e a troca gasosa pulmonar, que dependem da concentração fracional de O₂ no ar inspirado (F_iO₂), pressão parcial de O₂ no ar inspirado (P_iO₂), pressão parcial de O₂ no ar alveolar (P_AO₂), ventilação alveolar íntegra, troca gasosa eficiente e relação ventilação perfusão (V/Q) normal. A circulação sangüínea deve ser capaz de perfundir os tecidos e tornar o O₂ disponível às células. Este processo depende fundamentalmente do conteúdo arterial de O₂ (C_aO₂) e do débito cardíaco (DC). Ambas as variáveis interferem na continuidade do sistema de oxigenação, na distribuição (DO₂), consumo (VO₂) e extração de O₂ (ExtO₂) pelos tecidos. Habitualmente, as variáveis utilizadas para quantificar a oxigenação tecidual são a pressão parcial de O₂ (P_vO₂) e a saturação de O₂ no sangue venoso misto (S_vO₂), que determinam o conteúdo venoso de O₂ (C_vO₂). Entretanto, existem diferenças regionais na pressão parcial de oxigênio tecidual até mesmo em distintas partes do mesmo órgão. Indicadores metabólicos, como os níveis de lactato e a monitorização da função do órgão, são indicadores mais satisfatórios do adequado metabolismo celular (Adaptado de DANTZLER DR, 1988; NUNN JF, 1987).

3.2 - SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO: SaO₂ VERSUS SpO₂

A medida da saturação arterial de O₂ (SaO₂) "in vitro" é também denominada SaO₂ fracional (HbO₂ %). Mais comumente é realizada no co-oxímetro, que utiliza múltiplos comprimentos de onda luminosa, capazes de medir a concentração da oxihemoglobina (HbO₂), da hemoglobina desoxigenada (desoxiHb) e eventuais variedades de Hb tais como, carboxihemoglobina (COHb), metahemoglobina (MetaHb), incapazes de ligar ao O₂ de maneira reversível (GRAVENSTEIN, 1990, TREMPER, 1990, DEPPE, 1991).

A saturação de O₂ determinada pelo oxímetro de pulso não é igual à saturação de O₂ arterial (LAMIELL, 1991) A leitura da SaO₂ pelo oxímetro de pulso é mais bem denominada de SpO₂, o que auxilia a definir nos estudos as diferenças conceituais entre os métodos de medir SaO₂ (HAY, 1987b, AARC 91).

A maioria dos modelos de oxímetros de pulso fornece à saturação de oxigênio funcional, que exclui a participação das dishemoglobinas, incapazes de contribuir com o transporte de O₂. Se a MetaHb e a COHb não estão presentes no sangue, a SaO₂ fracional e a funcional são teoricamente iguais (TREMPER, 1990, RALSTON, 1991).

As fórmulas que permitem calcular a saturação de oxigênio fracional e funcional são:

$$S_{aO_2} \text{ Fracional (HbO}_2\%) = \frac{HbO_2}{HbO_2 + \text{desoxiHb} + \text{MetaHb} + \text{COHb}} \times 100, \%$$

$$S_{aO_2} \text{ Funcional} = \frac{HbO_2}{HbO_2 + \text{desoxiHb}} \times 100, \%$$

Onde:

HbO₂ = oxihemoglobina

desoxiHb = hemoglobina não oxigenada ou desoxigenada

MetaHb = metahemoglobina

COHb = carboxihemoglobina

Não existe ainda um método ideal, que não apresente limitações consideráveis, quando se pretende validar leituras do oxímetro de pulso (HODGSON, 1987, REYNOLDS & YU, 1988). HAY (1987b) recomenda o uso do hemoxímetro como método de escolha para comparar com o oxímetro de pulso. Este equipamento também utiliza a análise espectrofotométrica com apenas dois comprimentos de onda e mede a saturação de O₂ funcional.

A S_aO₂ determinada pelos analisadores sanguíneos arteriais é calculada (S_aO_{2cal}) através de uma curva padrão de dissociação da HbO₂ (CDO). Este cálculo não leva em conta a presença de dishemoglobinas (AARC, 1993).

3.3- RELAÇÃO P_aO₂ VERSUS S_aO₂

Apesar de quantitativamente existir uma participação bastante diferente entre as duas frações que realizam o transporte de O₂, a P_aO₂ é que determina a quantidade de O₂ que combina com a Hb (COMROE, 1974, DEAR, 1987).

A curva de dissociação da oxihemoglobina (CDO) constitui o padrão clinicamente utilizado para prever a pressão parcial de O₂ (P_aO₂) a partir da S_aO₂. Em condições normais, a S_aO₂ pode refletir a P_aO₂ com certa precisão, em valores localizados na porção íngreme da curva, podendo tornar-se imprecisa em níveis de saturações elevadas. Por exemplo: 100% de S_aO₂ pode corresponder a uma P_aO₂ entre 80-500 mmHg (WELCH, 1989, WEST, 1990, NUNN, 1987).

A posição da CDO é definida pela P₅₀, pressão parcial do oxigênio (P_aO₂) que corresponde a concentrações iguais (50%) das formas oxí e desoxi da hemoglobina e expressa a afinidade da hemoglobina pelo O₂. A afinidade do oxigênio pela Hb é dependente do nível de 2,3 Difosfoglicerato (2,3 DPG), do pH (concentração hidrogeniônica), da pressão parcial de CO₂ (PCO₂) e da temperatura corporal (DUC, 1971, HAY, 1987b, ESCOBAR & BRYAN-BROWN, 1991). A influência destes fatores na posição da curva da dissociação da Hb é demonstrada na figura 2.

A P50 varia com a idade. Na faixa etária neonatal estes valores sofrem influência de fatores adicionais, próprios desta idade e correlacionados com o padrão fetal de oxigenação. (OSKI & DELIVORIA-PAPADOPOULOS, 1970, ORZALESI & HAY, 1971, DUC, 1971, MOTOYAMA, 1990). As curvas de dissociação da HbO₂ diferem para o adulto normal e recém-nascido (Figura 3).

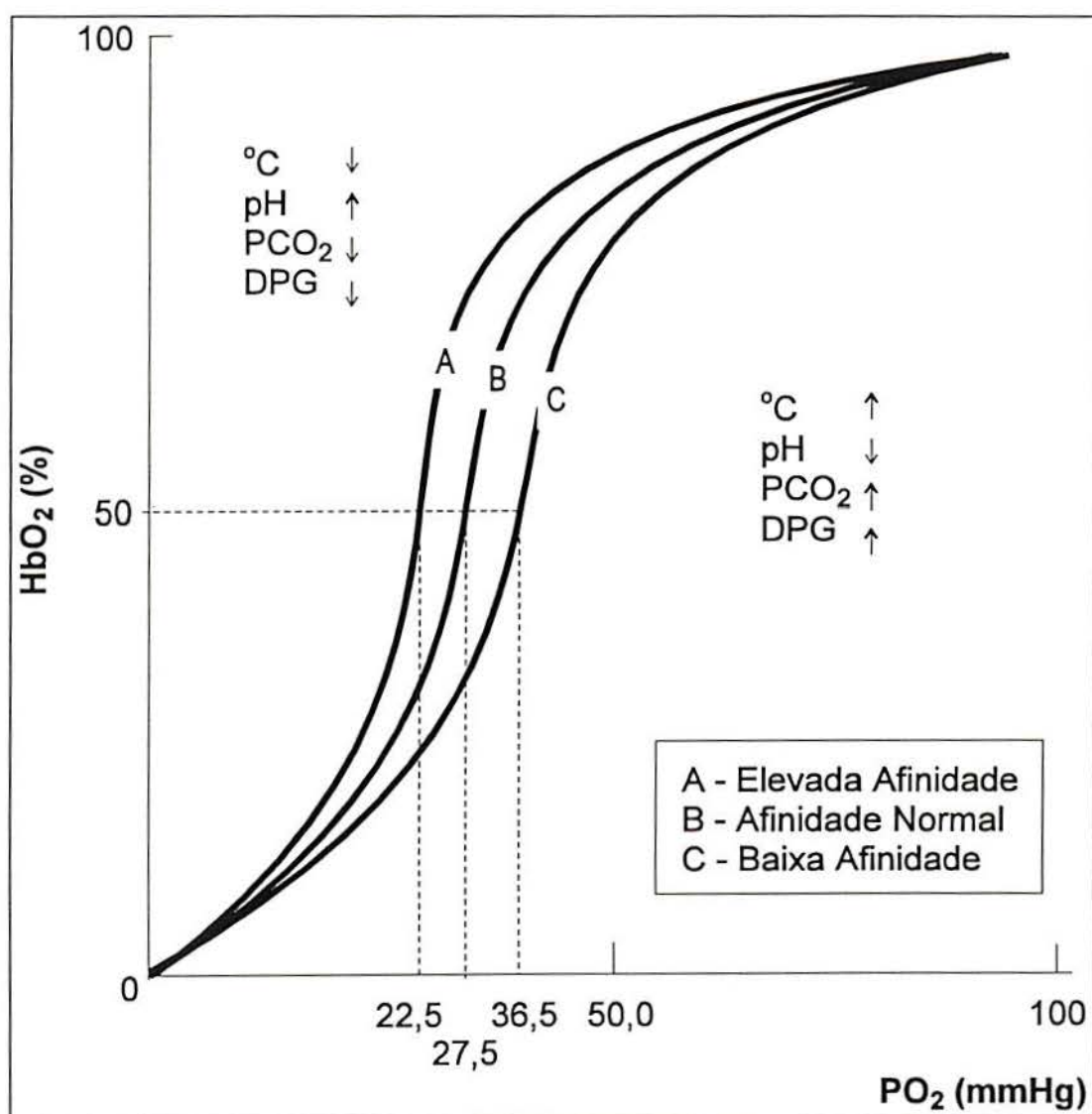


FIGURA 2 - Fatores que influenciam a posição da curva de dissociação da HbO₂

A curva B foi obtida num adulto normal a 38°C, pH 7,4, PCO₂ de 35 mmHg. As curvas A e B ilustram o efeito da P50 com variações na temperatura (°C), pH, PCO₂ e 2,3 difosfoglicerato (2,3 DPG). Adaptado de DUC G, 1971.

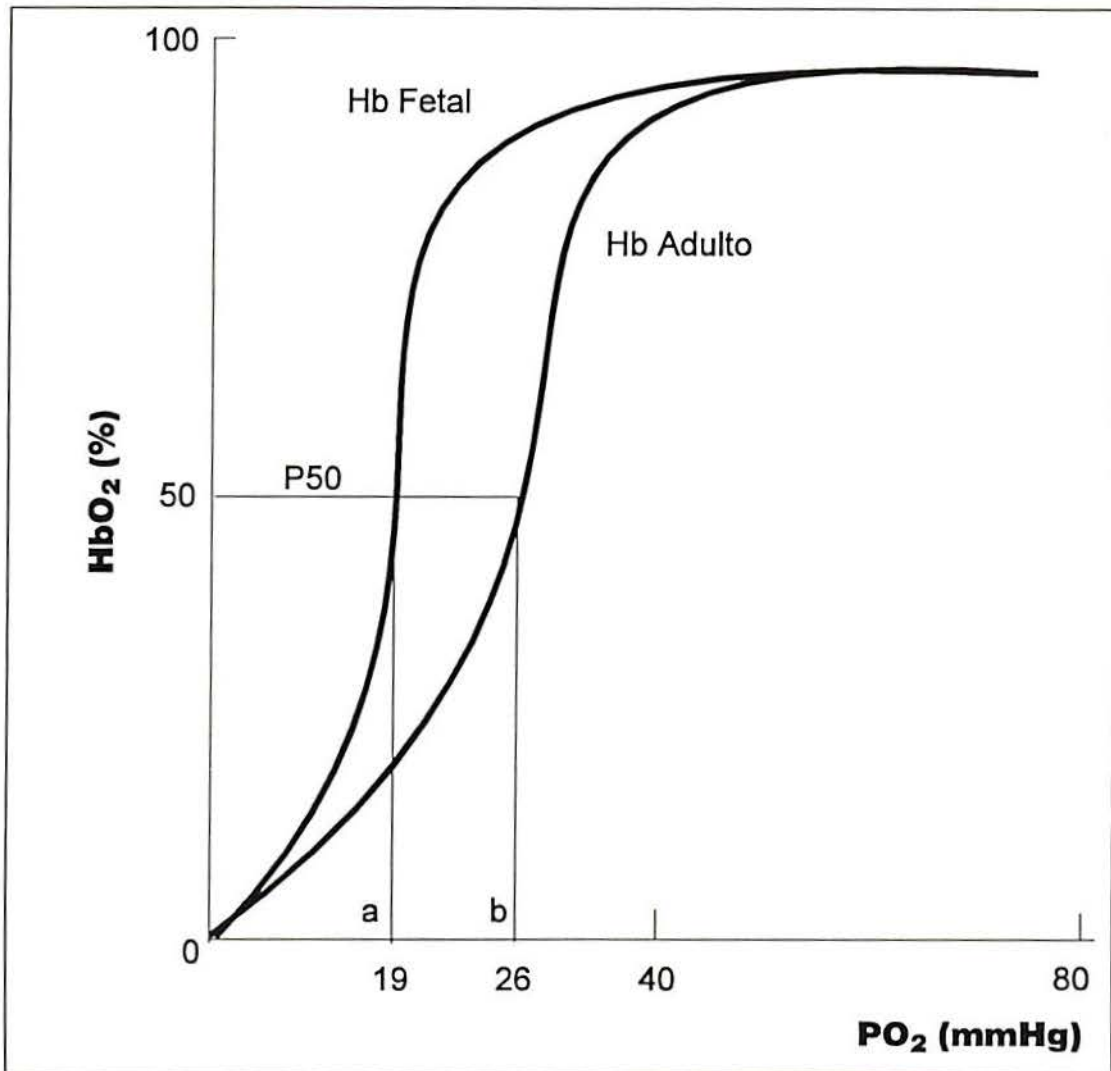


FIGURA 3 - Curvas de dissociação da HbO₂ com diferentes afinidades.

(a) - O predomínio de HbF no sangue do neonato é responsável por uma baixa P50 (19mmHg) e portanto, maior afinidade da Hb pelo O₂ e reduzida liberação tecidual. (b) - O adulto normal possui uma P50 mais elevada (26 mmHg). Adaptado de HAY WW Jr, 1987a.

3.4 - PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO:

O oxímetro de pulso mede as diferenças no espectro de absorção de luz da HbO₂ e da desoxiHb, envolvendo a convergência de três modalidades tecnológicas: oximetria, pletismografia e instrumentação microprocessada (WELCH et al, 1990). A pletismografia é usada para determinar a amplitude de pulso e a forma da onda de pulso, enquanto a espectrofotometria é usada para quantificar a luz transmitida através dos tecidos. O processamento de sinais em alta velocidade permite o registro contínuo e praticamente em tempos reais da SpO₂ (POLOGE, 1987, GILBOY & MCGAFFIGAN, 1989, SWEDLON & IRVING, 1991). Os componentes do oxímetro de pulso incluem sensor, transformador e conversor de sinais analógicos, circuitos temporais, microprocessador, tela ("display") e sistema de diagnóstico de funções (YOSHIYA et al, 1980, TAYLOR & WHITWAN, 1986, POLOGE, 1989, MOYLE, 1989, MEYAPPAN & PRAKASH, 1990) (Figura 4)

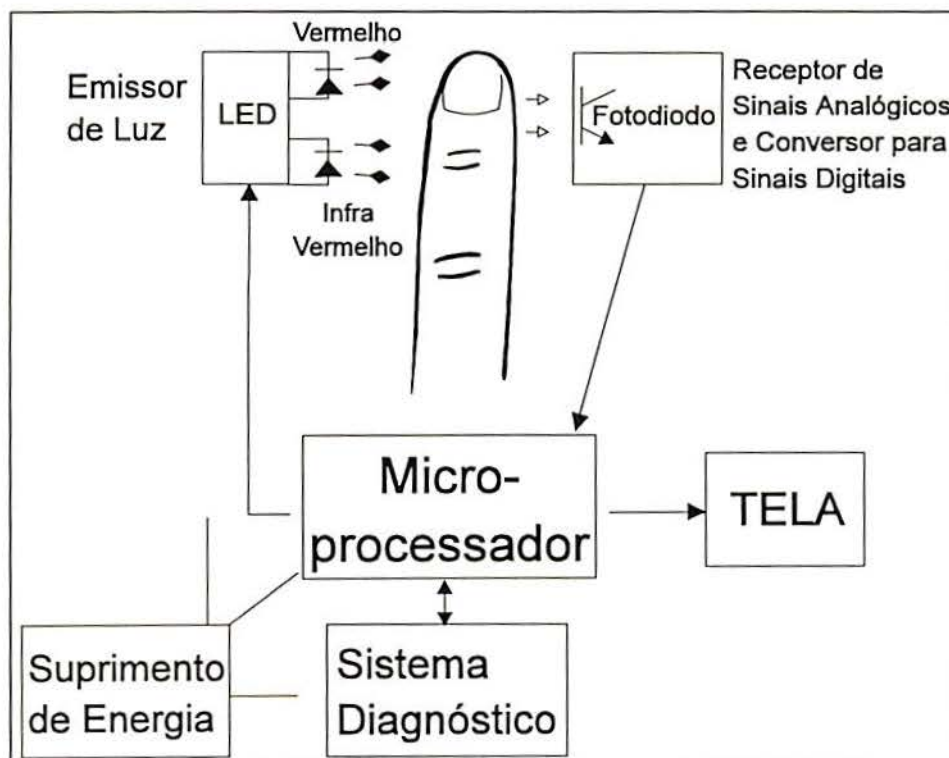


FIGURA 4 - Diagrama de bloco e componentes do oxímetro de pulso.

Adaptado de MOYLE JTB, 1989 e MEIYAPPAN S & PRAKASH O, 1990.

O sensor fotoelétrico atualmente utilizado é composto de dois LED e um fotodiodo, que capta a luz transmitida. Um LED deve ser capaz de emitir luz em ciclos pulsáteis, alternando a luz vermelha (660 nanômetros), luz infravermelha (940 nanômetros) e posteriormente nenhuma luz. No comprimento de onda de 660nm a desoxiHb absorve 10 vezes mais luz que a HbO₂. A HbO₂ transmite a luz vermelha e absorve luz na faixa de 940 nm (Figura 5)

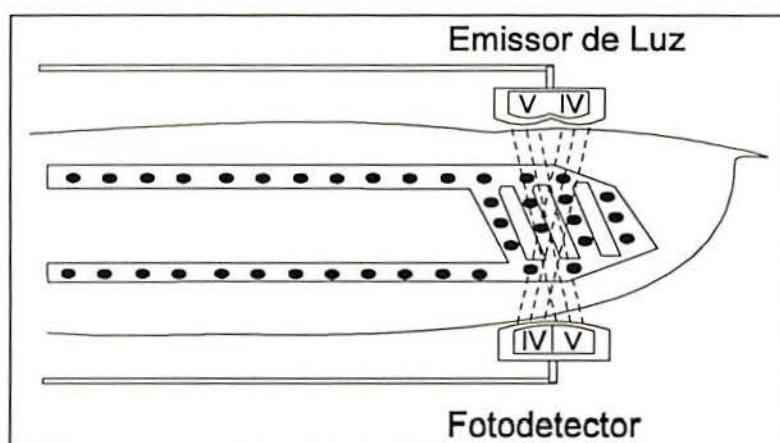


FIGURA 5 - Diagrama do sensor do oxímetro de pulso.

O sensor, que contém fontes de luz vermelha (v) e infravermelha (iv) e um fotodetector, é colocado em torno de um leito arteriolar pulsátil. Os diferentes comprimentos de onda de luz absorvidos pela onda pulsátil permitem analisar a saturação arterial de oxigênio. Adaptado de GILBOY NS & MCGAFFIGAN PA, 1989.

Toda luz emitida pelos LED atravessa os vários componentes do tecido interposto entre os dois lados do sensor. O único componente que varia em quantidade é o sangue, que altera de acordo com a onda de pressão arterial. A luz emitida é absorvida durante o fluxo pulsátil e a luz transmitida é utilizada para calcular a saturação de oxigênio funcional (SpO₂) e frequência de pulso (FP). Os ciclos de luz possuem frequências variadas, geralmente 480/segundos, o que permite a determinação de aproximadamente 30 valores de SpO₂/segundo.

O sensor deve ser colocado num local com adequada pulsação arterial, mais comumente extremidade dos dedos e/ou lobo de orelha, palma da mão ou nariz (Figura 6)

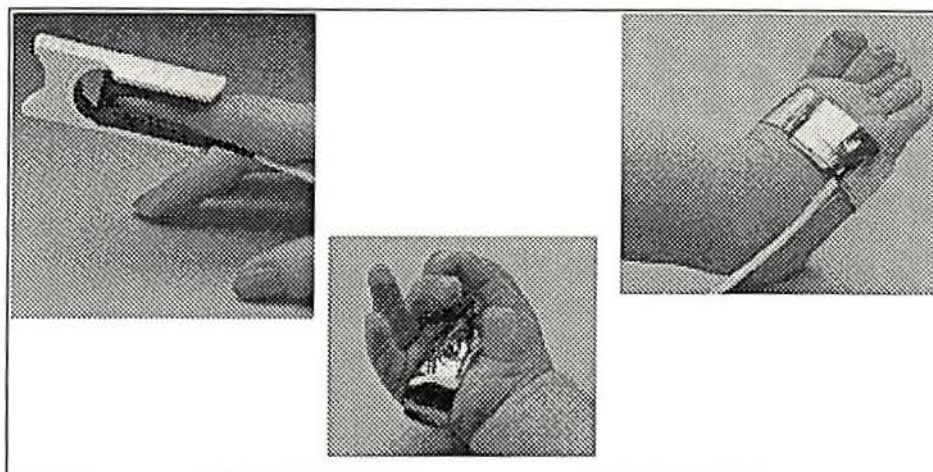
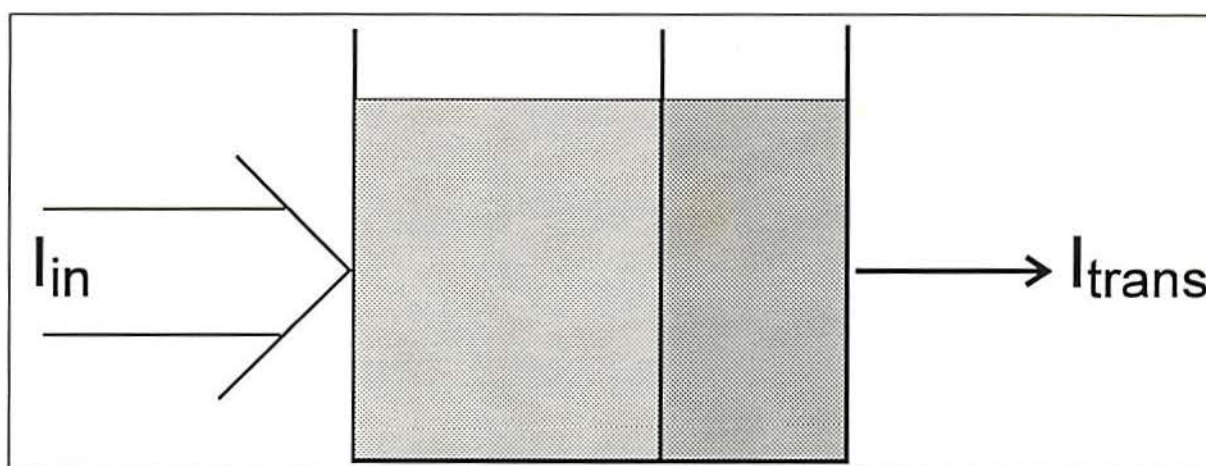


FIGURA 6 -Locais de colocação do sensor do oxímetro de pulso.

Adaptado do manual do usuário do oxímetro de pulso (NOVAMETRIX, 1989).

Matematicamente, a oximetria é baseada na aplicação clínica da Lei de Beer - Lambert, que define a relação entre a concentração de um soluto e a quantidade de luz transmitida através da solução (TREMPER & BARKER, 1989b, HAY et al, 1991). Se uma quantidade de soluto é colocada em uma solução, numa cuba de dimensões conhecidas, a concentração do soluto pode ser calculada medindo a intensidade de luz incidente e transmitida para um comprimento de onda específico. A lei assume como verdadeiro que toda luz emitida passa através da solução, isto é, não há nenhuma dispersão e que o soluto está numa solução homogênea. A determinação da concentração de uma única substância conhecida requer a medida da absorção de luz (A) a um determinado comprimento de onda com um coeficiente de extinção conhecido (e) através de uma distância (D). Dividindo a absorção de um comprimento de onda pelo outro, anula-se a distância percorrida. Em um sistema de um só componente, a absorção(A) é o produto da distância(D), da concentração (C) e do coeficiente de extinção. Soluções com múltiplas espécies necessitam de comprimentos de onda adicionais - um para cada espécie. No caso do Oxímetro de pulso, dois comprimentos de onda específicos foram selecionados para determinar a concentração de HbO_2 e desoxiHb (Figura 7).



$$I_{\text{trans}} = I_{\text{in}} e^{-A}$$

$$A = D \cdot C \cdot a_{\lambda}$$

FIGURA 7- Equações da lei de Beer - Lambert.

I_{trans} é a intensidade da luz transmitida, que sai da solução; I_{in} é a intensidade da luz incidente, que entra na solução; D é a distância que a luz percorre; A é a absorção; C é a concentração do soluto (hemoglobina); a_{λ} é o coeficiente de extinção do soluto a um determinado comprimento de onda e é próprio para cada substância. Adaptado de TREMPER KK & BARKER SJ, 1989b.

No funcionamento de todos os oxímetros é assumido que a absorção de luz que ocorre durante a sístole provém do sangue arterial.

Na prática, a obtenção de medidas não invasivas da SpO_2 são prejudicadas por uma série de fatores que afetam a reflexão e a absorção, tais como sangue venoso, tecidos interpostos, ossos e pigmentação da pele (WELCH et al, 1990).

Os oxímetros de pulso modernos corrigem a interferência na absorção de luz, criada por estes elementos, separando o componente pulsátil da absorção ou corrente alternada (AC) do componente estático não pulsátil ou corrente direta (DC) (Figura 8).

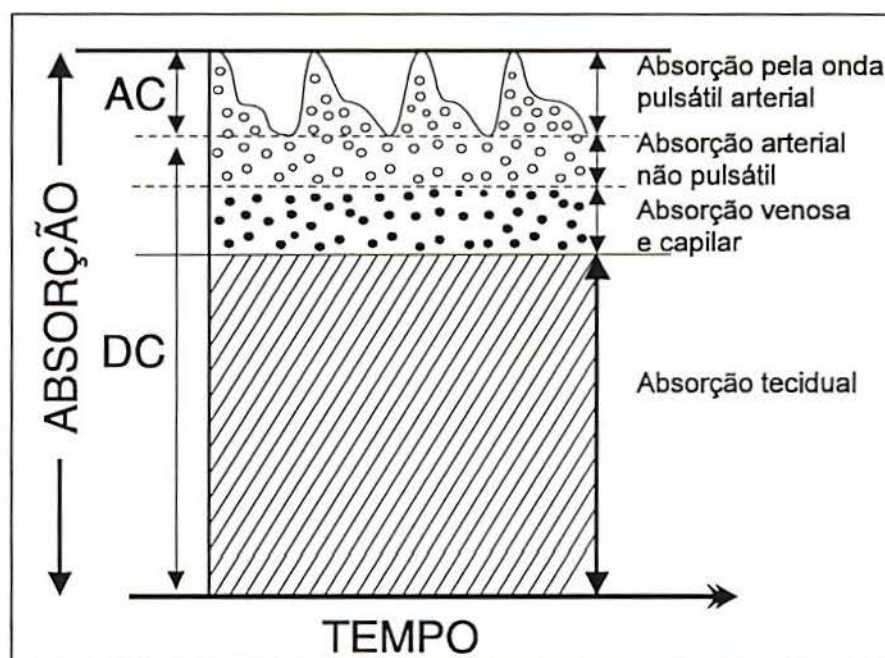
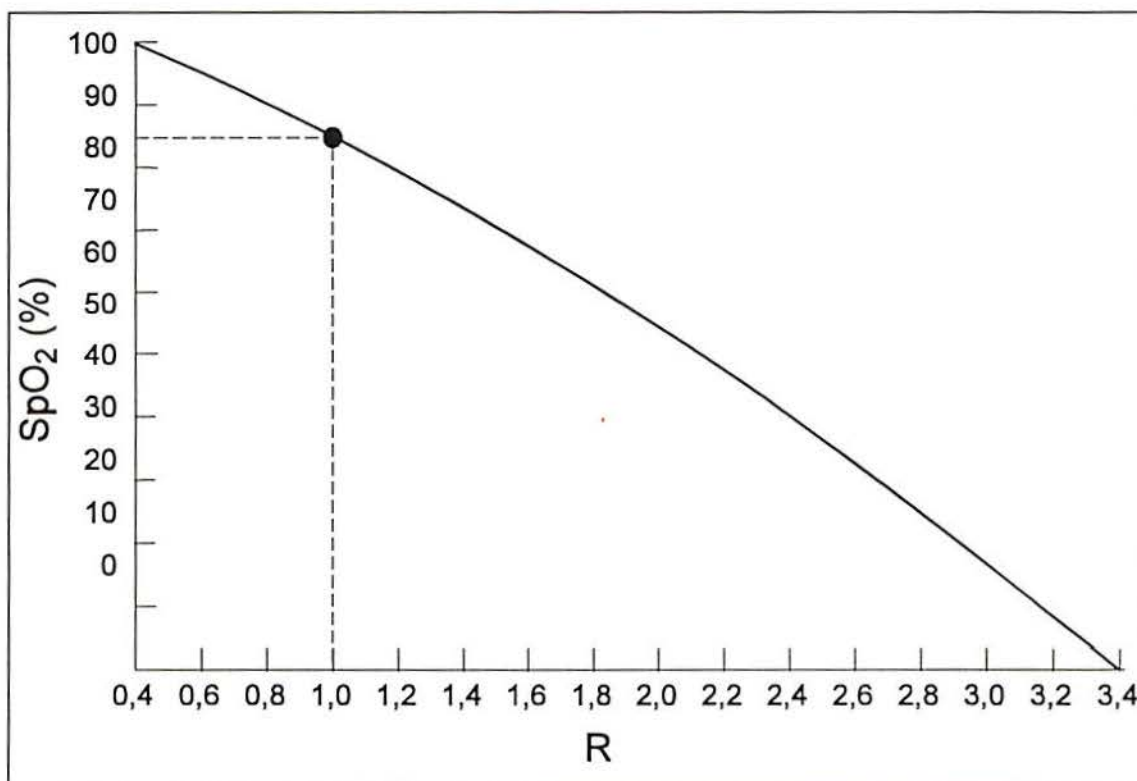


FIGURA 8 - Absorção de luz no tecido vivo

A porção superior da figura mostra o componente pulsátil ou corrente alternada (AC) que é atribuída ao sangue arterial pulsátil. A amplitude do componente AC é uma pequena percentagem da amplitude do sinal total e depende do volume de sangue por pulsação e da concentração da HbO_2 . Na base da figura está o componente que representa a absorção do leito tecidual, incluindo sangue venoso, capilar e sangue arterial não pulsátil. É o componente da corrente direta (DC). O componente DC também sofre influência da intensidade de luz e da sensibilidade do fotodetector. Adaptado de TREMPER KK & BARKER SJ, 1989b; WELCH JP et al, 1990.

O oxímetro de pulso inicialmente determina o componente AC da absorção em cada comprimento de onda. A seguir, divide este valor pelo valor correspondente ao componente DC para obter a absorção adicionada a cada pulsação arterial, independente da intensidade de luz incidente. Este valor corrigido do AC é teoricamente uma função da concentração de HbO_2 e desoxiHb da amostra que está sendo medida (TREMPER & BARKER, 1989b, HAY et al, 1991).

A relação (R) da absorção adicionada pelo pulso em ambos os comprimentos de onda (vermelha e infravermelha) a diversos níveis de saturação de O₂ é que define a curva de calibração para o instrumento (Figura 9).



AC vermelha/DC vermelha

R = _____

AC infravermelha/ DC infravermelha

FIGURA 9 - Curva de calibração do oxímetro

As curvas de calibração utilizadas comercialmente estão baseadas em estudos experimentais, e são desenvolvidas medindo a fração de absorção (R) do oxímetro em voluntários humanos e simultaneamente, em amostras do sangue arterial, in vitro.

R varia de 3,4 a 0,4, correspondendo a S_aO₂ de 0 a 100%. Um R de 1,0 corresponde a SpO₂ de aproximadamente 85%. Adaptado de TREMPER KK & BARKER SJ, 1989b.

Além da saturação de oxigênio, o Oxímetro de pulso mede a frequência de pulso (FP), mas não mede a perfusão periférica. A ausência de pulso é rapidamente detectada, mas a simples presença da FP não significa fluxo sanguíneo adequado. A frequência de pulso é medida levando em consideração o intervalo de tempo existente entre dois picos de pulsação

(onda R do eletrocardiograma), projetados matematicamente para apresentar o número de batimentos em um minuto (KIDD & VICKERS, 1989, HAY et al, 1991).

Apesar dos aspectos funcionais do oxímetro de pulso sugerirem complexidade, sua facilidade operacional estimula a submetê-lo a teste para avaliar sua utilidade na obtenção não invasiva da SaO₂ na faixa etária neonatal.

O trabalho a seguir relatado decorre do estímulo representado pelo uso do oxímetro em diferentes circunstâncias e representa parte da experiência clínica amalhada ao longo dos quatro últimos anos.

OBJETIVOS

4 - OBJETIVOS

O presente trabalho propõe-se a alcançar os seguintes objetivos na faixa etária neonatal:

- 1- Comparar as medidas da saturação de oxigênio "in vitro" calculadas pela análise de gases sangüíneos (SaO_{2cal}), com as saturações determinadas "in vivo" (SpO_2), através da monitorização pelo oxímetro de pulso em recém-nascidos doentes;
- 2- Relacionar valores da SpO_2 em recém-nascidos imediatamente após o parto e nas primeiras duas horas de vida;
- 3- Identificar os problemas técnicos inerentes à aplicação do método em recém-nascidos.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

5 - CASUÍSTICA E MÉTODOS:

Foram avaliados 134 RN das unidades assistenciais do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) utilizando critério de amostragem acidental e não probabilística.

Trata-se de estudo observacional e transversal, compreendendo a monitorização do estado de oxigenação de recém-nascidos (RN), através do registro da saturação de O₂ pelo oxímetro de pulso (SpO₂), em áreas clínicas de atendimento ao recém-nascido: UTI Neonatal, Berçário e Sala de Parto.

Este estudo foi aprovado pelo Comissão Científica do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). As mães eram informadas dos propósitos da monitorização no recém-nascido e obtinha-se consentimento verbal para realização da investigação.

O diagrama de trabalho, população avaliada e fases de colheita de dados nas três etapas distintas do estudo são apresentadas na figura 10.

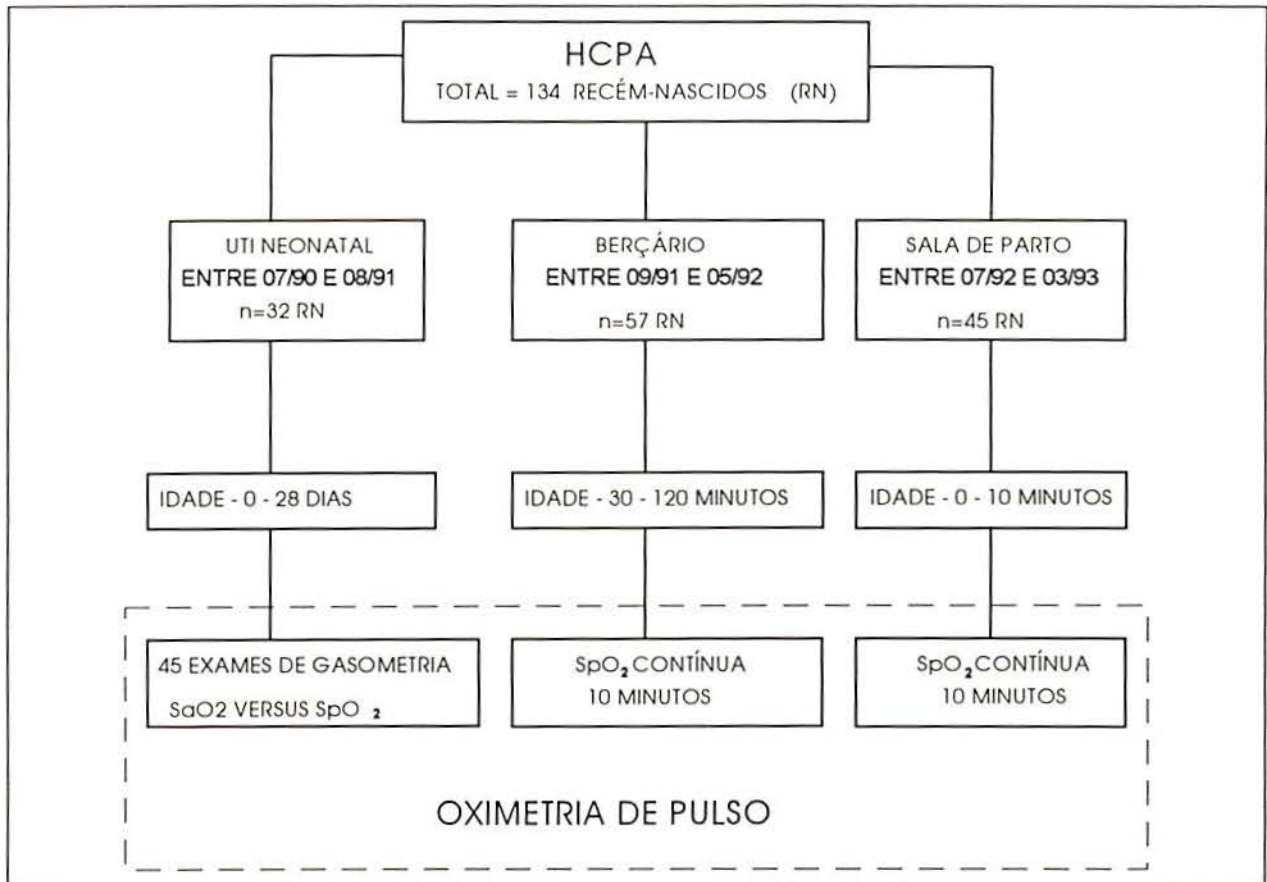


FIGURA 10 - Distribuição dos recém-nascidos de acordo com o local de estudo e a duração da monitorização com o Oxímetro de Pulso.

5.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA POPULAÇÃO

5.1.1 - CARACTERÍSTICAS MATERNAS:

Foi utilizado um questionário padronizado como instrumento de avaliação da história gestacional e obstétrica. Dados referentes a informações incompletas foram obtidos junto aos médicos da Unidade, ou mediante consulta aos prontuários das pacientes.

Conceituou-se como risco gestacional qualquer doença predominante ou condição biológica única, incluindo os vícios, como o tabagismo e alcoolismo que pudessem

interferir com a evolução da gestação (COSTA & RAMOS, 1991, VITIELLO, 1984, SABATINO, 1984). Entre as doenças maternas citam-se como exemplos: pré-eclâmpsia, hipertensão arterial, diabetes, placenta prévia, descolamento prematuro de placenta, gestação múltipla e infecções.

Como risco durante o trabalho de parto entendeu-se a presença de condições maternas mórbidas, adversas à adequada finalização do trabalho de parto, e as perinatais que pudessem causar sofrimento fetal, tais como: apresentação fetal anômala, prolapso de cordão, período expulsivo prolongado, líquido amniótico meconiado, presença de desacelerações intra parto do tipo II (DIP II) e bolsa rota por mais de 24 horas.

Não foi utilizado nenhum critério de exclusão para as mães do neonatos estudados. Os valores médios de idade, peso e altura das mães foram semelhantes nas três áreas clínicas de estudo (Tabela I). A média da idade gestacional obstétrica dos RN internados na UTI foi de $221 \pm 33,3$ dias, enquanto para os outros grupos demonstrou valores superiores à 259 dias (> 37 semanas). Mais de 70% das mães eram de cor branca e houve predominância de parto vaginal exceto para o grupo da UTI (Tabela II).

TABELA - I - Dados maternos por área clínica de estudo

Características	UTI Neonatal n=32	Berçário n=57	Sala de Parto n=45
Maternas			
Idade (anos)	27,0 ± 6,40 (17 - 40)	27,0 ± 5,80 (17 - 40)	26,0 ± 6,60 (16 - 39)
Peso (kg)	71,0 ± 11,1 (55 - 100)	70,3 ± 9,90 (53 - 99)	71,4 ± 11,20 (45 - 98,3)
Altura (cm)	1,60 ± 0,06 (1,50 - 1,70)	1,61 ± 0,06 (1,47 - 1,78)	1,59 ± 0,06 (1,48 - 1,74)
Idade Gestacional Obstétrica (dias)	221 ± 33,3 (161 - 298)	277 ± 11,1 (257 - 308)	275 ± 21,6 (189 - 312)

Dados apresentados em média aritmética ± desvio padrão e, entre parênteses, valores extremos.
n = número de casos.

TABELA - II - Dados Maternos por área clínica de estudo

Características Maternas	UTI Neonatal n (fr %)	Berçário n (fr %)	Sala de Parto n (fr %)
Cor			
Branca	25 (78)	52 (91)	37 (82)
Preta	7 (22)	5 (9)	8 (18)
Tipo de Parto			
Vaginal	15 (47)	42 (74)	27 (82)
Abdominal	17 (53)	15 (26)	8 (18)
Total	32 (100)	57 (100)	45 (100)

n= número de casos, fr= frequência relativa

Na sala de parto a incidência de fatores de risco de trabalho de parto e gestacional oscilou respectivamente de 49,9% e 51,1%; no berçário foi de 13,3% e 55,4%. O fumo correspondeu a aproximadamente 20% dos riscos gestacionais encontrados nas mães dos neonatos avaliados na sala de parto. Este percentual foi ainda maior no berçário (30%). Na UTI neonatal a incidência variou de 70% a 90%. Sendo que nesta, os casos de hipertensão arterial primária/pré-eclâmpsia e vícios (tabagismo e uso de drogas) contribuíram com cerca de 60% na frequência de riscos gestacionais. Quanto aos riscos detectados durante o trabalho de parto nos RN da UTI, foram mais frequentes a presença de líquido meconiado e rotura de bolsa amniótica por mais de 24 horas. As tabelas III e IV definem a proporção de fatores de risco gestacional e de trabalho de parto encontrados nas amostras das três áreas clínicas estudadas.

TABELA - III - Fatores de risco gestacional por área clínica de estudo

	UTI Neonatal	Berçário	Sala de Parto
Risco gestacional	n (fr %)	n (fr %)	n (fr %)
Pré-eclâmpsia	7 (21,9)	4 (7,0)	2 (4,4)
Hipertensão	3 (9,4)	5 (8,8)	5 (11,2)
Diabete	1 (3,1)	3 (5,3)	1 (2,2)
DPP	2 (6,3)	-	-
PP	-	1 (1,8)	-
TPP	4 (12,5)	1 (1,8)	1 (2,2)
Gestação múltipla	2 (6,3)	-	-
Infecção	1 (3,1)	-	-
Fumo	5 (15,6)	17 (29,8)	9 (20,0)
Drogas	4 (12,5)	-	-
Pós-datismo	-	-	1 (6,6)
Outros	-	5 (8,9)	2 (4,4)
Ausentes	3 (9,4)	26 (45,6)	22 (48,9)
Total	32 (100,0)	57 (100,0)	45 (100,0)

n= número de casos, fr= frequência relativa, DPP= Descolamento Prematuro de Placenta, PP= Placenta Prévia, TPP= Trabalho de Parto Prematuro. Outros fatores de risco de menor prevalência foram: Tireoidite de Hashimoto, Incompatibilidade Rh, Anemia, Febre Reumática, Tumor de Mama, Polidrâmnio.

TABELA -IV - Fatores de risco de trabalho de parto por área clínica de estudo

	UTI Neonatal	Berçário	Sala de Parto
Risco de trabalho de parto	n (fr %)	n (fr %)	n (fr %)
Líquido meconiado	6 (18,7)	4 (7,0)	7 (15,6)
Desacelerações intra-parto (DIP II)	2 (6,3)	1 (1,8)	4 (8,8)
Bolsa rota por mais de 24 h	6 (18,8)	4 (7,0)	3 (6,7)
Período expulsivo prolongado	1 (3,1)	1 (1,8)	3 (6,7)
Desproporção céfalo-pélvica	-	-	2 (4,4)
Apresentação anômala	4 (12,5)	1 (1,8)	2 (4,4)
Hemorragias	3 (9,4)	-	1 (2,2)
Ausentes	10 (31,2)	46 (86,7)	23 (51,1)
Total	32 (100,0)	57 (100,0)	45 (100,0)

n= número de casos, fr= frequência relativa

5.1.2 - CARACTERÍSTICAS DOS RECÉM-NASCIDOS

Para a avaliação dos neonatos foi aplicado um formulário para levantamento de dados antropométricos ao nascimento, índice de Apgar no 1º e 5º minutos, e presença de fatores de risco neonatais capazes de interferir nas condições de nascimento e na adaptação normal do recém-nascido à vida extrauterina. Além do registro de situações patológicas presentes no nascimento, como comprometimento do cordão umbilical e aspiração de mecônio, verificaram-se condições de risco tais como a prematuridade, idade gestacional < 259 dias (37 semanas) e pós-maturidade, idade gestacional > 294 dias (42 semanas). Outros dados incluídos na faixa de risco foram: baixo peso ao nascer (< 2500 g), índice de Apgar < 7

no 5º min e recém-nascido pequeno ou grande para idade gestacional (PIG ou GIG) (BATTAGLIA & LUBCHENCO, 1967, LUBCHENCO et al, 1972).

Convencionou-se neste estudo, que enquanto as crianças internadas na UTI caracterizavam neonatos doentes, aqueles internados no berçário eram RN clinicamente saudáveis.

Os dados relativos ao peso, comprimento e idade gestacional pediátrica foram inferiores nos RN internados na UTI Neonatal do que nos RN estudados no berçário e sala de parto. Nas três áreas de estudo predominaram RN do sexo masculino e RN com peso adequado para idade gestacional. A maior incidência de índices de Apgar baixos foi detectada nos neonatos da UTI. A idade gestacional apresentada para os RN da UTI foi a obstétrica. Não foi possível obter o índice determinado pelo método de Baillard para todos os pacientes. Nos demais RN foi utilizado o índice calculado pelo método de Capurro. As tabelas V e VI mostram a distribuição dos RN conforme o local de atendimento e respectivas características ao nascer.

TABELA - V - Características dos recém-nascidos por área clínica de estudo

Características dos RN	UTI Neonatal n=32	Berçário n=57	Sala de Parto n=45
Peso (g)	1758 ± 952,8 (680 - 3950)	3242 ± 497,2 (2130 - 4540)	3313 ± 650,8 (970 - 4430)
Comprimento (cm)	35,7 ± 14,8 (31 - 53)	48,51 ± 2,14 (43 - 52)	49,8 ± 2,12 (46 - 55)
Idade Gestacional (dias)	221 ± 33,3 (161 - 298)	279 ± 8,1 (259 - 293)	275 ± 17,6 (213 - 296)

Dados apresentados em média aritmética ± desvio padrão e, entre parênteses valores extremos. n= número de casos..

TABELA - VI - Características dos recém-nascidos por área clínica

Características dos RN	UTI Neonatal n (fr %)	Berçário n (fr %)	Sala de Parto n (fr %)
Sexo			
Masc	18 (56,0)	34 (60,0)	22 (49,0)
Fem	14 (44,0)	23 (40,0)	23 (41,0)
Apgar 1º min			
< 7	23 (72,0)	2 (3,5)	5 (11,1)
≥ 7	9 (28,0)	55 (96,5)	40 (88,9)
Apgar 5º min			
< 7	12 (37,5)	-	1 (2,2)
≥ 7	20 (63,5)	57 (100,0)	44 (98,8)
AIG **	26 (81,3)	46 (80,7)	34 (75,5)
PIG **	4 (12,5)	4 (7,0)	3 (6,7)
GIG **	2 (6,3)	7 (12,7)	8 (17,8)
Total	32 (100,0)	57 (100,0)	45 (100,0)

n = número de casos fr = frequência relativa

** - Classificação do RN que relaciona peso de nascimento e a idade gestacional criada pelo Centro Médico da Universidade do Colorado BATTAGLIA FC & LUBCHENCO LO, 1967 : AIG= Adequado para a Idade Gestacional; GIG= Grande para a Idade Gestacional; PIG= Pequeno para a Idade Gestacional.

A incidência de fatores de risco no nascimento foi baixa nos recém-nascidos avaliados no berçário (5,3%). Na sala de parto a incidência atingiu 40%, enquanto a totalidade dos neonatos internados na UTI apresentou fatores de riscos, com alta incidência de pré-termo (87,5%) (Tabela VII).

TABELA - VII - Fatores de risco no nascimento por área clínica de estudo

	UTI Neonatal	Berçário	Sala de Parto
Risco no nascimento	n (fr %)	n (fr %)	n (fr %)
Prematuridade	28 (87,5)	-	5 (11,1)
Aspiração de Mecônio	4 (12,5)	-	3 (6,7)
Comprometimento do cordão umbilical	-	3 (5,3)	9 (20,0)
Depressão por drogas	-	-	1 (2,2)
Ausentes	-	54 (94,7)	27 (60,0)
TOTAL	32 (100,0)	57 (100,0)	45 (100,0)

n= número de casos fr= frequência relativa

5.2 - AVALIAÇÃO ESPECÍFICA POR ÁREA CLÍNICA

5.2.1 - RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NA UTI NEONATAL

O estudo incluiu RN doentes que, na Unidade de Cuidados Intensivos, necessitavam de gasometria arterial, e não interferiu no processo técnico habitual estabelecido na área de colheita, armazenamento e análise das amostras de sangue arterial. Foi utilizado formulário adicional, exclusivo dos RN da UTI.

A colheita do sangue dos RN que já possuíam a artéria umbilical cateterizada foi realizada pelos médicos residentes de Pediatria. Quando necessária punção arterial, esta foi feita pelos técnicos de colheita do Laboratório do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), usando escalpe nº 25 conectado a seringa descartável previamente heparinizada. O volume de sangue colhido variou de 0,5 a 1 ml. As gasometrias foram analisadas dentro dos primeiros 20 minutos de colheita no Analisador de Gases Sangüíneos AVL 995 - Automatic Blood Gas System** Todos os pacientes da amostra encontravam-se em incubadoras ou berços aquecidos.

As saturações "in vivo" (SpO_2) consideradas no estudo, foram aquelas registradas na tela do oxímetro de pulso no momento em que o sangue arterial fluía para a seringa.

Os resultados da SpO_2 foram comparados com as saturações fornecidas pela gasometria (SaO_{2cal}) de acordo com a curva de dissociação da HbO_2 utilizada pelo analisador de gases sangüíneos, que considera o pH e a P_aO_2 obtidos da amostra de sangue arterial e o

** AVL Medical Instruments AG - AVL do Brasil LTDA. 22280 - Rio de Janeiro - RJ Brasil

padrão de temperatura e hemoglobina isto é, , $T=37^{\circ}\text{C}$, $\text{Hb}=15\text{g/dl}$. Não se corrigiram os valores da SaO_2 nas amostras testadas para as variações da PaCO_2 , temperatura corporal, dishemoglobinas e conteúdo de hemoglobina fetal (HbF).

5.2.2 - RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NO BERÇÁRIO.

No berçário realizou-se a monitorização continuada da SpO_2 e frequência de pulso (FP), que foram registradas em impressora conectada ao oxímetro de pulso por 10 minutos em RN escolhidos aleatoriamente nas primeiras duas horas de vida.

O oxímetro de pulso foi aplicado em neonatos sadios sem qualquer indicação de monitorização ou cuidados especiais. Todos os RN encontravam-se alertas, descansando em berço aquecido e respirando ar ambiente. Foram excluídos aqueles que estivessem recebendo suplementação de oxigênio ou conduta terapêutica que exigisse manipulação do RN no momento da impressão das variáveis. Foi interrompida a monitorização com o oxímetro de pulso em neonatos que no momento da avaliação necessitassem receber cuidados da enfermagem.

5.2.3 - RECÉM-NASCIDOS AVALIADOS NA SALA DE PARTO.

Nesta situação foi tentado o registro contínuo dos valores de SpO_2 e FP por 10 min nos primeiros dez minutos de vida através da impressora conectada ao oxímetro de pulso, ou seja, procurou-se dar seguimento às variações de SpO_2 na fase crítica de adaptação do RN à vida extra-uterina e durante a adoção de condutas habituais de atendimento na sala de parto.

Após o parto, cada criança foi colocada num berço aquecido e o vérnix caseoso foi retirado do pé com uma gaze seca para fixação do sensor. O atendimento aos RN seguiu a rotina do hospital, sendo realizado pela equipe de pediatras de plantão, geralmente médicos em especialização, e uma enfermeira.

Em nenhum momento a equipe teve acesso visual aos registros de oximetria, a fim de não ser influenciada a conduta com os recém-nascidos e ou determinação do índice de Apgar. Foram interrompidas as avaliações de quaisquer RN em estado crítico e nos quais a monitorização com o oxímetro ou manipulação adicional dificultasse a rotina de acesso da equipe de ressuscitação.

As principais observações feitas na sala de parto envolveram as manobras de aspiração de vias aéreas e administração de O₂. Para administração de O₂ foi utilizado cateter nasal ou a aproximação da máscara facial do ressuscitador, com um fluxo de 3 litros/min.

Para realização das aspirações, os pediatras usaram vacuômetro e cateteres com furo terminal único de nº 6. Foi considerada uma aspiração quando se introduzia o cateter apenas uma vez nas vias aéreas do RN. Quando ocorreu reintrodução do cateter, num intervalo de tempo de até 10 segundos, considerou-se repetição do procedimento. O número de aspirações foi utilizado para mostrar o efeito da manipulação das vias aéreas do RN nas leituras de SpO₂ obtidas do oxímetro de pulso.

A relação temporal entre cada evento e a colheita de dados foi protocolada e inscrita no impresso com os registros de SpO₂ e FP.

A relevância da somatória de fatores de risco maternos e neonatais foi sintetizada na evolução clínica imediata destes neonatos, determinada pelo encaminhamento ao berçário, RN saudáveis e, à internação na UTI Neonatal RN doentes.

5.3 - OXÍMETRO E IMPRESSORA

O oxímetro de pulso modelo DX405 da empresa Dixtal*, empregado na avaliação dos RN, fornece continuamente a leitura da saturação do oxigênio (SpO_2) e da frequência de pulso (FP) (Figura 11). Para garantir a mobilidade do conjunto de equipamentos, sem sobrecarga do espaço disponível para o atendimento dos neonatos, foi idealizado um armário móvel de maneira a facilitar sua ligação à rede elétrica e interconexão dos diversos componentes (Figura 12).



FIGURA 11 - Painel frontal do oxímetro Dixtal, modelo DX 405

* Dixtal Tecnologia Indústria e Comércio Ltda - R Iguatinga, 231 - São Paulo - SP

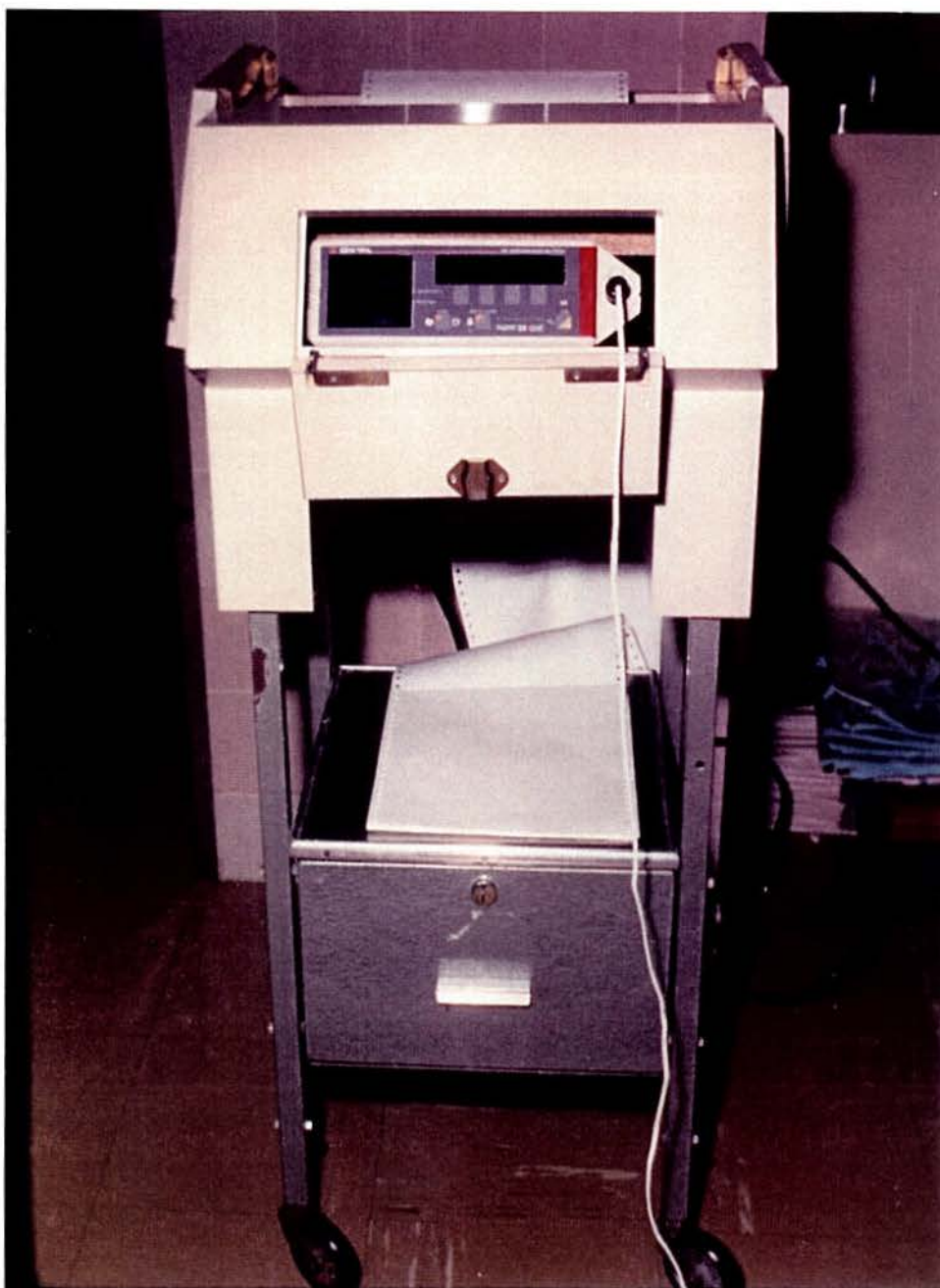


FIGURA 12 - Conjunto de equipamentos utilizados na monitorização dos recém nascidos.

Disposição e interconexão dos diversos componentes : Oxímetro de Pulso, sensor e impressora, em armário projetado para permitir adequada mobilidade do conjunto de equipamentos.

O monitor não dispõe de onda pletismográfica de pulso porém a visualização de um gráfico de barras, fornece uma indicação relativa da força de impulso gerada pelo sinal pletismográfico. O DX 405 é dotado de dispositivos para ajustes do tempo médio de leitura da SpO₂ e da FP e dos valores limítrofes de alarme, máximo e mínimo, segundo as condições abaixo:

Saturação de O ₂ (S _D O ₂)	limite de alarme máximo	100%
	limite de alarme mínimo	90%
	tempo médio de leitura	4 segundos
Frequência de Pulso (FP)	limite de alarme máximo	200 bpm #
	limite de alarme mínimo	100 bpm #
	tempo médio de leitura	4 segundos

batimentos por minuto

Este equipamento foi programado respeitando características específicas da faixa etária estudada. O sistema de múltiplas opções permitiu o ajuste dos valores pré-selecionados das variáveis SpO₂ e FP.

A impressora do tipo matricial, Elgin Lady 80* , foi configurada na saída serial de acordo com o manual do fabricante (NOVAMETRIX, 1989)**. A configuração previamente

* Elgin Máquinas S.A. - Rua Barão de Campinas,305. Mogi das Cruzes, SP.

** O oxímetro DX 405 comercializado no Brasil a partir de 1990, é o mesmo equipamento da empresa Novamatrix comercializado nos EUA como o modelo 515.

fixada das variáveis no oxímetro permitiu registros em números absolutos da SpO₂ e FP a cada segundo. A duração prevista para a impressão das variáveis foi de 10 min.

5.4 - SENSOR

O sensor utilizado foi em Y, modelo PN-8791, Novamatrix^{***}, indicado para uso em Pediatria e Neonatologia.

Para a fixação do sensor ao dorso do pé ou tendão de Aquiles do RN, foi utilizada fita adesiva, do tipo micropore ou, quando necessário, manutenção do sensor com o auxílio dos dedos da mão do próprio pesquisador. Para boa qualidade do sinal e obtenção de impulso pletismográfico visível na tela do monitor, era indispensável combinar os emissores com o fotodiodo receptor, um apostado ao outro. A partir daí, era possível iniciar o registro das SpO₂ e FP.

Após a utilização do sensor em cada neonato, a limpeza era realizada com gaze úmida, seguida por secagem com compressa.

^{***} Novamatrix Medical Systems Inc. Wallingford Connecticut, USA. 06492.

5.5 - QUALIDADE DOS REGISTROS IMPRESSOS

Para o grupo de RN do berçário e sala de parto (n=102) os registros resultantes da colheita inadequada e aqueles presentes durante mensagens de alerta foram analisados separadamente. Neste estudo, colheita inadequada é sempre referida para os valores impressos de SpO₂ e ou FP iguais a zero.

No mostrador do oxímetro podem ser identificados quatro tipos de mensagens, alertando para interferências na captação do sinal e portanto, acusando prejuízo das leituras e registros da SpO₂ e FP, quais sejam:

Interferência luminosa - significa que fontes de luzes do ambiente estão interferindo com a emissão de luz do sensor

Luz Insuficiente - Sensor colocado num local muito espesso ou opaco para permitir uma eficiente transiluminação do tecido.

Sensor fora do paciente - Sensor desconectado do paciente, indevidamente fixado ou colocado numa área muito translúcida. Em ambos os casos existe prejuízo de sua operacionalidade.

Sinal fraco - A força do sinal pulsátil detectada pelo sensor é muito fraca para propiciar um funcionamento adequado do monitor.

O ANEXO I ilustra um exemplo do registro obtido na impressora com mensagens de alerta e, em decorrência, invalidação das leituras de SpO₂ e FP.

Quando da presença de quaisquer das quatro mensagens de interferência citadas acima e de leituras inadequadas de SpO_2 , estas foram suprimidas mediante a estimativa do período de monitorização efetiva (PME), calculado em minutos segundo o seguinte critério:

$$PME \equiv PTM - PI, \quad \text{onde:}$$

PTM \equiv Período total de monitorização, definido como somatório do tempo decorrido desde a fixação do sensor até sua retirada.

PI \equiv Período de Interferência, baseado na soma do tempo de colheita inadequada e tempo total de mensagens registradas.

5.6 - ANÁLISE DOS DADOS:

Os resultados da monitorização de todos os RN nas três áreas clínicas de estudo foram analisados através de estatística descritiva, do teste t de Student, da análise de variância (ANOVA) para amostras independentes (para dados escalares). Quando a análise demonstrou diferença significativa entre grupos, utilizou-se o teste para comparações múltiplas de Student- Newman-Keuls (SNK).

Nos RN da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal verificou-se a concordância entre as duas técnicas de medidas clínicas: SaO_{2cal} e SpO_2 . No passado, muitos estudos utilizaram o coeficiente de correlação (r) como indicador de concordância entre um método bem estabelecido na prática clínica (referência) e outro método de introdução mais recente. BLAND & ALTMAN (1986) argumentaram contudo, que tanto o coeficiente de correlação como a análise de regressão linear são inadequados para as análises comparativas entre medidas obtidas por técnicas diretas e indiretas. Como alternativa, estes autores recomendaram

o cálculo da média e o desvio padrão das diferenças entre as duas medidas. A média das diferenças é denominada "bias relativo" e o desvio padrão é referido como "precisão". O "bias" ou validade do método (acurácia), demonstra se os valores encontrados superestimam ou subestimam os do método de referência. A precisão indica a confiabilidade do método ou seu erro aleatório (FLETCHER et al, 1991).

Neste estudo, optamos por avaliar as saturações de oxigênio obtidas pela análise de regressão linear múltipla, coeficiente de variação e, também, a análise proposta por Bland e Altman.

Os valores absolutos de SaO_2 cal, nosso método de referência, foram subtraídos dos correspondentes de SpO_2 para obtenção das diferenças. A seguir, calculou-se a média das diferenças ("bias relativo") e a precisão do oxímetro de pulso.

Buscando avaliar os valores extremos das diferenças entre SpO_2 e SaO_2 cal, os dados foram agrupados em quatro intervalos relacionados às saturações de oxigênio: $\leq 85\%$, $85 - 90\%$, $>90 - 95\%$ e $>95\%$. Complementou-se, ainda, a comparação de SpO_2 , SaO_2 cal e suas diferenças com intervalos menores de PaO_2 : de 5 em 5 mmHg entre 60 e 100 mmHg.

Os dados de saturação de oxigênio (SpO_2) e frequência de pulso (FP) obtidos nos RN do berçário (n=57) e sala de parto (n=45) foram expressos em média aritmética, desvio padrão e valores extremos. As observações foram analisadas em três níveis de valores: mínimo, médio e máximo da SpO_2 e FP, em registros livres de medidas espúrias ou seja, durante o período de monitorização efetiva (PME). As variáveis resultantes foram denominadas: SpO_2 mínima, SpO_2 média e SpO_2 máxima; FP mínima, FP média e FP máxima. Na aplicação dos testes estatísticos foram utilizados os valores médios de SpO_2 média e FP média como representativos da variação dos valores registrados.

Especificamente para os RN monitorizados na sala de parto foi adotado um critério adicional de avaliação para detectar as flutuações dos valores da SpO₂ média e FP média a cada segundo em intervalos de um minuto. Os 45 RN foram subdivididos em dois grupos de acordo com a conduta clínica tomada imediatamente após a saída da sala de parto. Dos neonatos avaliados na sala de parto aqueles encaminhados ao berçário definiram o grupo "S"(sadios, n= 40) os demais, levados à UTI, o grupo "D"(doentes, n= 5). Desta forma, analisaram-se as diferenças nos valores de SpO₂ em ambos os grupos. Ainda foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para verificar a correlação existente entre os valores de SpO₂ com o índice de Apgar no 5º minuto e com a frequência de pulso no grupo de RN sadios

O programa estatístico utilizado foi o SPSS - PC (Statistic Package for Social Sciences) versão 4.0. Para efeitos de significância estatística o valor do erro alfa foi fixado em 5%.

RESULTADOS

6 - RESULTADOS

6.1 - RECÉM-NASCIDOS INTERNADOS NA UTI NEONATAL

A casuística constou de 32 RN, dos quais foram obtidos 45 medidas simultâneas de saturações de oxigênio (SpO_2 e SaO_{2cal}). A idade no momento da amostragem variou de menos de 1 dia até 28 dias, média de $6,7 \pm 7,2$ (< 1 - 28 dias). A maioria dos RN (64,5%) foi avaliado na 1ª semana de vida (Tabela VIII).

TABELA VIII - Idade pós-natal dos RN internados na UTI Neonatal no momento da colheita dos dados.

Idade(dias)	n	fr (%)
< 1	13	28,9
2 - 7	16	35,6
8 - 14	8	17,8
14 - 21	6	13,4
22 - 28	2	4,4
TOTAL	32	100

n= número de casos, fr= frequência relativa

Vinte e dois RN (68,75%) apresentavam quadro clínico predominante de comprometimento respiratório, sendo que a doença Membrana Hialina foi a condição mais freqüente para motivar a permanência dos RN na UTI. Nenhum paciente era portador de cardiopatia congênita cianótica (Tabela IX)

TABELA IX - Prevalência das condições patológicas principal e associada que motivaram a permanência dos RN na UTI Neonatal.

Condição Principal	n	fr (%)	Condição Associada	n	fr (%)
Membrana Hialina	9	28,1	Nenhuma	10	31,2
Broncopneumonia	5	15,6	Hemorragia Intraventricular	3	9,4
Sepse	8	25,0	Broncopneumonia	3	9,4
Disfunção Respiratória	2	6,3	Disfunção Respiratória	5	15,6
Asfixia Perinatal	3	9,4	Insuficiência Cardíaca Congestiva	3	9,4
Aspiração de Mecônio	3	9,4	Sepse	4	12,5
Outras	2	6,3	Outras	4	12,5
TOTAL	32	100,0	TOTAL	32	100,0

Outras de menor prevalência foram: Doença Hemorrágica do RN, Hemorragia subaracnoidéia, Enterocolite necrosante, Convulsão, Persistência do Canal Arterial (PCA), Hipertensão Intracraniana. n= número de casos, fr= freqüência relativa.

Todos os RN estavam recebendo complementação de oxigênio no momento da colheita. Dezenove RN (42%) faziam fototerapia e recebiam suporte ventilatório. As amostras de sangue arterial em 27 RN (60%) foram obtidas via cateter inserido na artéria umbilical. Dezoito RN (40%) sofreram punção arterial no momento da colheita. O local mais freqüente de punção foi a artéria radial (15 RN).

O ANEXO II relaciona a idade no momento da monitorização e condições patológicas de cada RN, as medidas de SpO₂, FP, SaO_{2cal}, as diferenças (DIF) e dados da análise dos gases sanguíneos.

As médias e valores extremos de todas as variáveis relacionadas à oxigenação bem como as alterações no estado ácido-básico do sangue desses neonatos são apontadas na tabela X.

TABELA X - Valores médios, desvios-padrão e valores extremos das variáveis medidas pela gasometria e dos dados obtidos no oxímetro de pulso nas 45 amostras avaliadas nos RN da UTI Neonatal.

VARIÁVEIS	Média ± DP	Valores extremos
FiO ₂	0,60 ± 0,25	0,25 - 1,0
pH	7,30 ± 0,08	7,14 - 7,5
PaCO ₂ (mmHg)	43,10 ± 9,90	22,2 - 62,2
HCO ₃	20,41 ± 4,30	12,2 - 31,5
PaO ₂ (mmHg)	88,4 ± 29,40	36,6 - 190,2
SaO _{2cal} (%)	92,0 ± 8,00	60,0 - 99,6
SpO ₂ (%)	95,6 ± 3,70	80,0 - 100,0
FP (bpm)	144,5 ± 22,50	98,0 - 185,0

FiO₂ = Concentração Fracional de Oxigênio no ar inspirado, pH = concentração hidrogeniônica, PaCO₂ = pressão parcial de gás carbônico arterial, HCO₃ = íon bicarbonato, SaO_{2cal} = Saturação arterial de oxigênio calculada, PaO₂ = Pressão parcial de oxigênio arterial, SpO₂ = Saturação de oxigênio por oximetria de pulso, e FP = frequência de pulso.

O coeficiente de variação para a SpO₂ foi de 3%, enquanto para a SaO_{2cal} foi de 8%.

Não houve diferença significativa pelo teste *t* de Student entre os valores médios de SpO₂ quando comparamos os valores obtidos em relação às diferentes idades dos RN (≤ 7 dias e > 7 dias), cor (branca e preta), presença ou ausência de suporte ventilatório,

local de colheita da amostra de sangue arterial (a. umbilical e outras artérias) e possível interferência da fototerapia. O mesmo ocorreu quando foram analisadas as medidas de SaO_{2cal} , PaO_2 e a diferença entre SaO_{2cal} e SpO_2 (DIF) nos diferentes grupos de RN.

A análise de regressão linear múltipla apontou uma correlação de $r=0,77$ e coeficiente de determinação (r^2) de 0,59 ($p<0,0001$), sendo a equação da reta: $SpO_2 = 62,5 + 0,36 SaO_2$ (Figura 13).

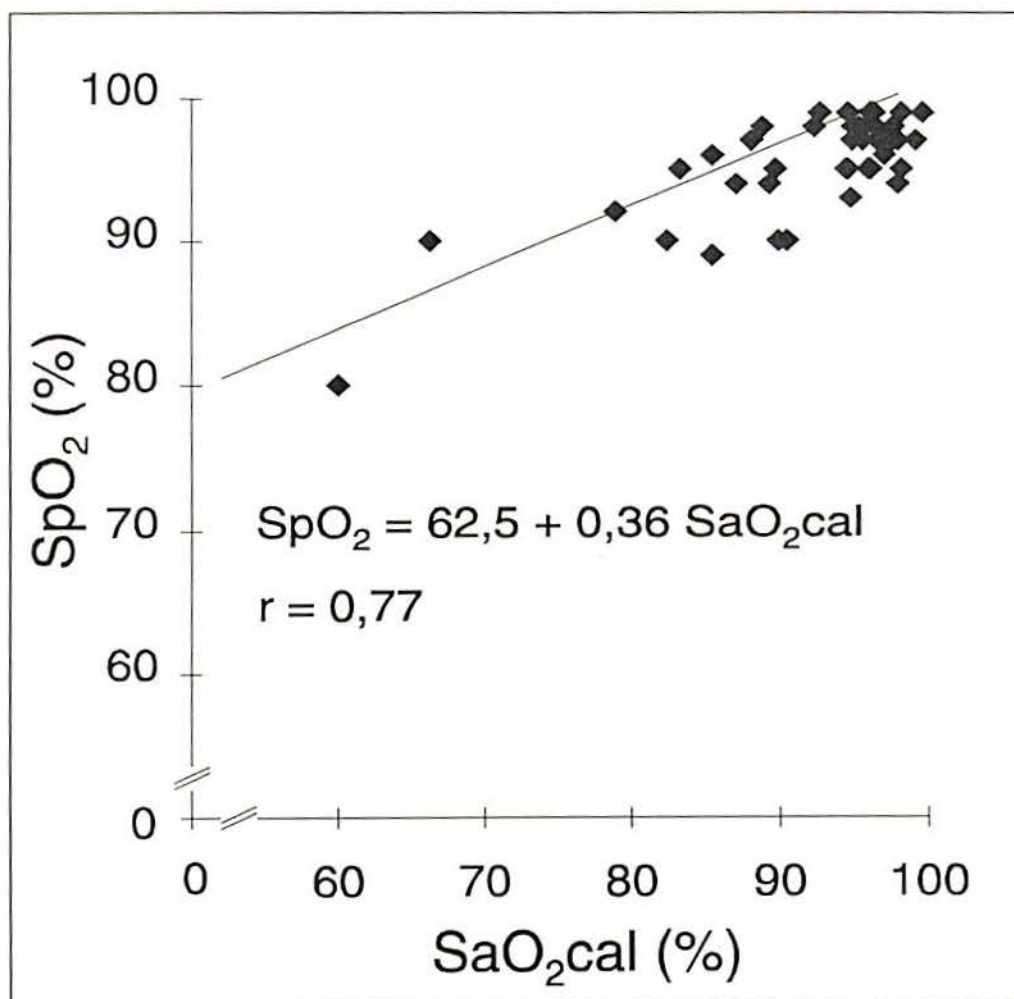


FIGURA 13 - Correlação entre SpO_2 e SaO_{2cal} das medidas obtidas na UTI neonatal.

Saturação de oxigênio calculada na análise dos gases sanguíneos in vitro (SaO_{2cal}) e os valores obtidos por meio do oxímetro de pulso (SpO_2).

A correlação existente entre SaO_{2cal} e a diferença entre as medidas (DIF) foi de $r = -0,90$ com $p < 0,0001$, poder maior que 95%, coeficiente de determinação (r^2) de 0,82 e a equação da reta: $DIF = 62,5 - 0,64 SaO_{2cal}$ (Figura 14).

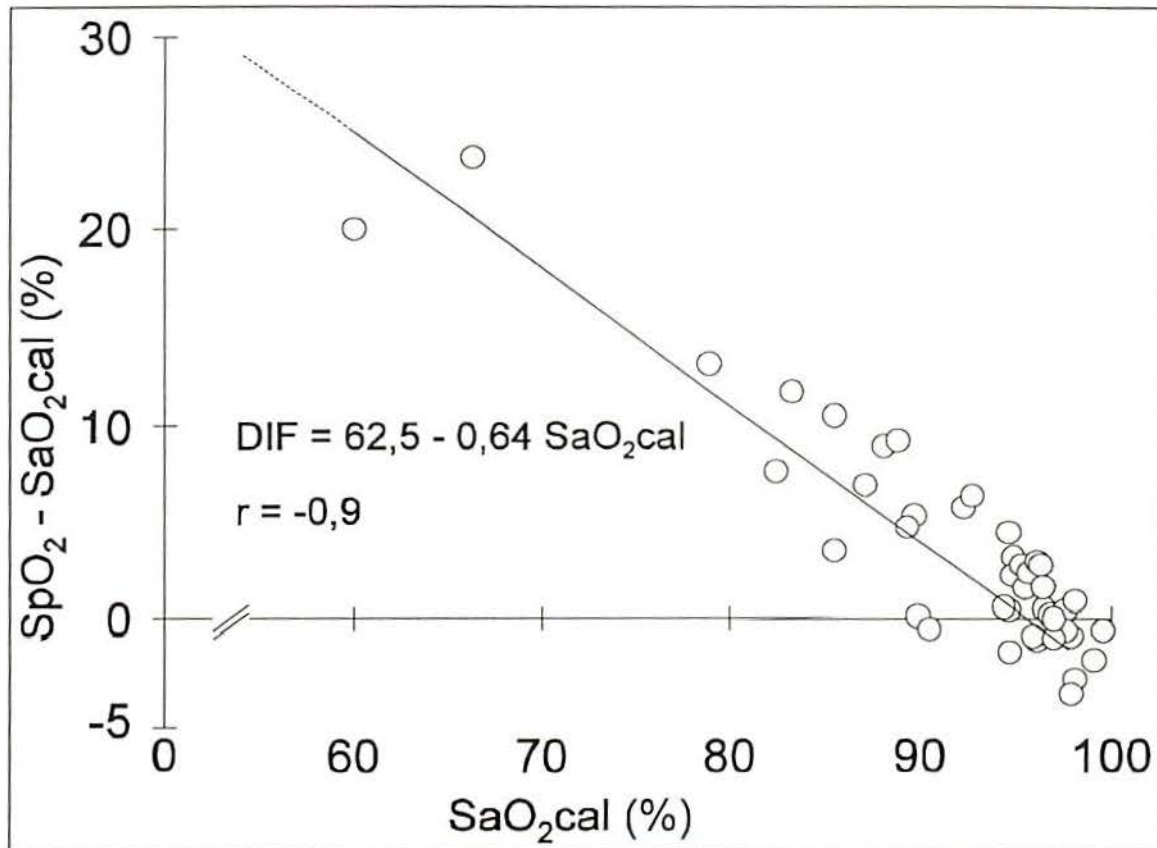


FIGURA 14 - Correlação da diferença entre SpO₂ e SaO_{2cal} (DIF) com a própria SaO_{2cal}.

$r = -0,90$ ($p < 0,0001$); coeficiente de determinação (r^2) = 0,82.

A média entre as diferenças absolutas dos valores de SpO₂ e SaO_{2cal} ("bias" relativo) foi de 3,5% e a precisão (estimativa de erro) foi de 5,6%.

As curvas de dissociação da HbO₂ obtidas com os valores de SpO₂ e SaO_{2cal} foram semelhantes, exceto para baixos valores de PaO₂ (Figura 15).

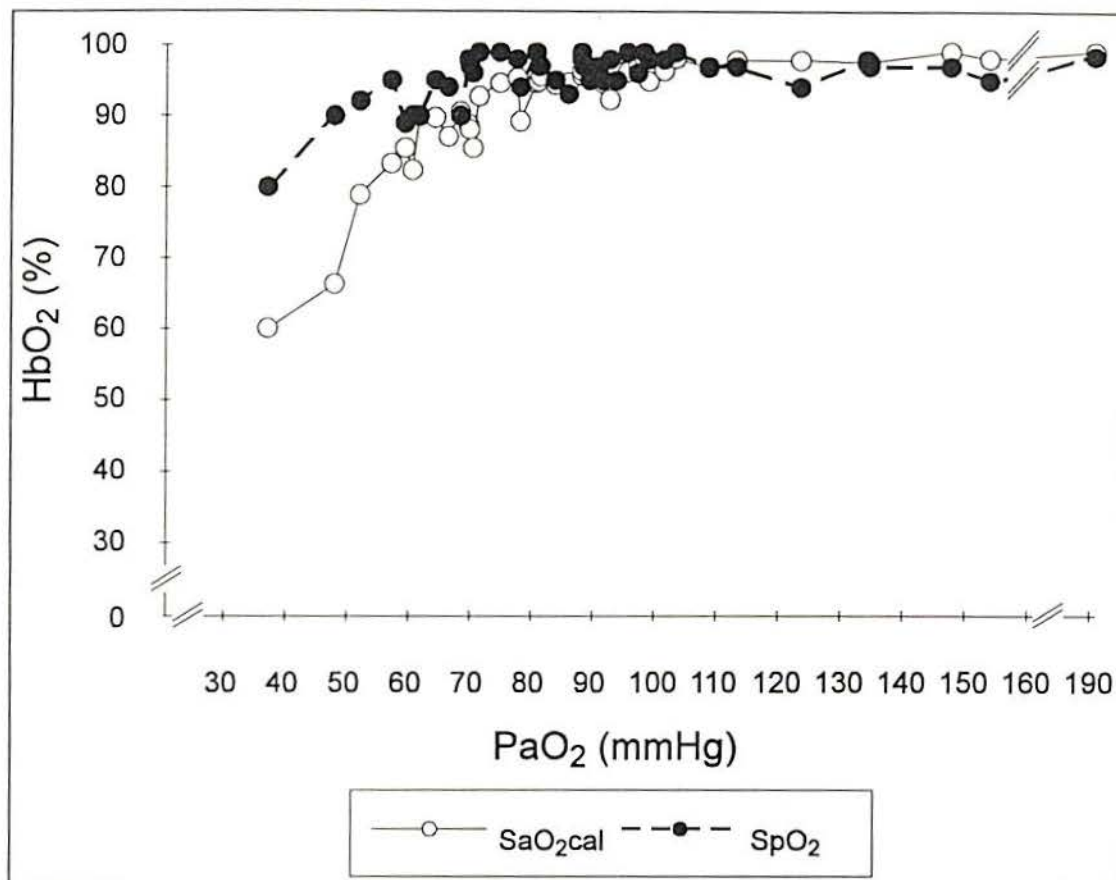


FIGURA 15 - Curva de dissociação da oxihemoglobina (HbO₂) obtida por dois métodos: *in vivo* (SpO₂) e *in vitro* (SaO_{2cal}).

As diferenças encontradas entre as medidas de SpO₂ e SaO_{2cal} foram ainda analisadas em agrupamentos conforme os valores de SaO_{2cal} apontados na tabela XI. Nesta verificação nota-se que a diferença entre as medidas aumenta quando a saturação de oxigênio cai.

TABELA XI - Análise das diferenças entre SpO₂ e SaO_{2cal} em diversos níveis de SaO_{2cal}.

SaO _{2cal} (%)	nº de medidas	SpO ₂ - SaO _{2cal}
≤ 85	5	15,2 ± 6,5 (7,6 - 23,7)
> 85 - 90	8	6,1 ± 3,4 (0,1 - 10,5)
> 90 - 95	11	2,8 ± 2,8 (-1,7 - 6,3)
> 95	21	0,11 ± 1,8 (-3,9 - 2,9)
TOTAL	45	

Valores das diferenças apresentados como média aritmética ± desvio padrão e valores extremos entre parênteses.

6.2 - RECÉM-NASCIDOS ESTUDADOS NO BERÇÁRIO E NA SALA DE PARTO

Cinquenta e sete recém-nascidos internados no berçário, com idade variando de 10 minutos a 2 horas de vida e 45 RN na sala de parto, do nascimento a 10 minutos de vida, foram monitorizados com registro contínuo da SpO₂. A distribuição dos RN de acordo com a idade no momento do início da monitorização mostrou que no berçário a média de idade encontrada foi de $64,0 \pm 28,5$ min, enquanto na sala de parto foi de $73,5 \pm 40,9$ segundos (Tabela XIII).

TABELA XIII - Distribuição dos RN de acordo com a idade em minutos no momento da monitorização

Idade (min)	Berçário		Idade (min)	Sala de Parto	
	n	fr (%)		n	fr (%)
>10 - < 30	6	10,5	< 1	19	42,2
≥ 30 - < 60	22	38,6	≥ 1 - 2	16	35,5
≥ 60 - ≤120	29	50,9	≥ 2	10	22,3
TOTAL	57	100,0		45	100,0

n= número de casos, fr= frequência relativa

A maioria dos neonatos internados no berçário (89,4%) tinha peso no nascimento adequado para a idade gestacional (AIG). Todos os RN alcançaram Apgar maior que 7 no 5º minuto.

Na sala de parto, cinco RN (11,1%) eram pré-termos. Aquelas com menos de 34 semanas (casos nº 21, 32 e 43) foram encaminhados à UTI neonatal. Além desses, os neonatos casos nº 44 e 45 também necessitaram cuidados intensivos: um RN por aspiração de mecônio e o outro por quadro de asfíxia perinatal decorrente de circular de cordão. Estes cinco neonatos constituíram um grupo de RN doentes (D), enquanto os 40 RN restantes, um grupo de RN sadios (S).

Quatorze RN (31.1%) receberam complementação de O₂ por aproximação da máscara facial por curtos intervalos de tempo, com fluxo de 3 L/min. Apenas dois neonatos não foram aspirados durante a rotina de atendimento. Os demais sofreram de uma a sete aspirações em quatro locais distintos: oral, nasal, traqueal e gástrica. Dois RN desta amostra foram intubados durante sua permanência na sala de parto.

Os ANEXO III e IV relacionam os dados obtidos na monitorização de cada RN do berçário e da sala de parto, respectivamente.

As médias e variações de saturação de oxigênio resultantes de todos os neonatos estudados na sala de parto ($85,2\% \pm 4,7\%$) contrastam marcadamente com as verificadas no berçário ($96,2\% \pm 2,7\%$). Os valores extremos de saturação na sala de parto estiveram sempre abaixo dos encontrados no berçário. Observou-se grande variação dos valores de frequência de pulso e uma tendência para médias de FP menores nos RN da sala de parto: $98,0 \pm 17,6$ bpm versus $109,5 \pm 18,9$ bpm no berçário (Figura 16).

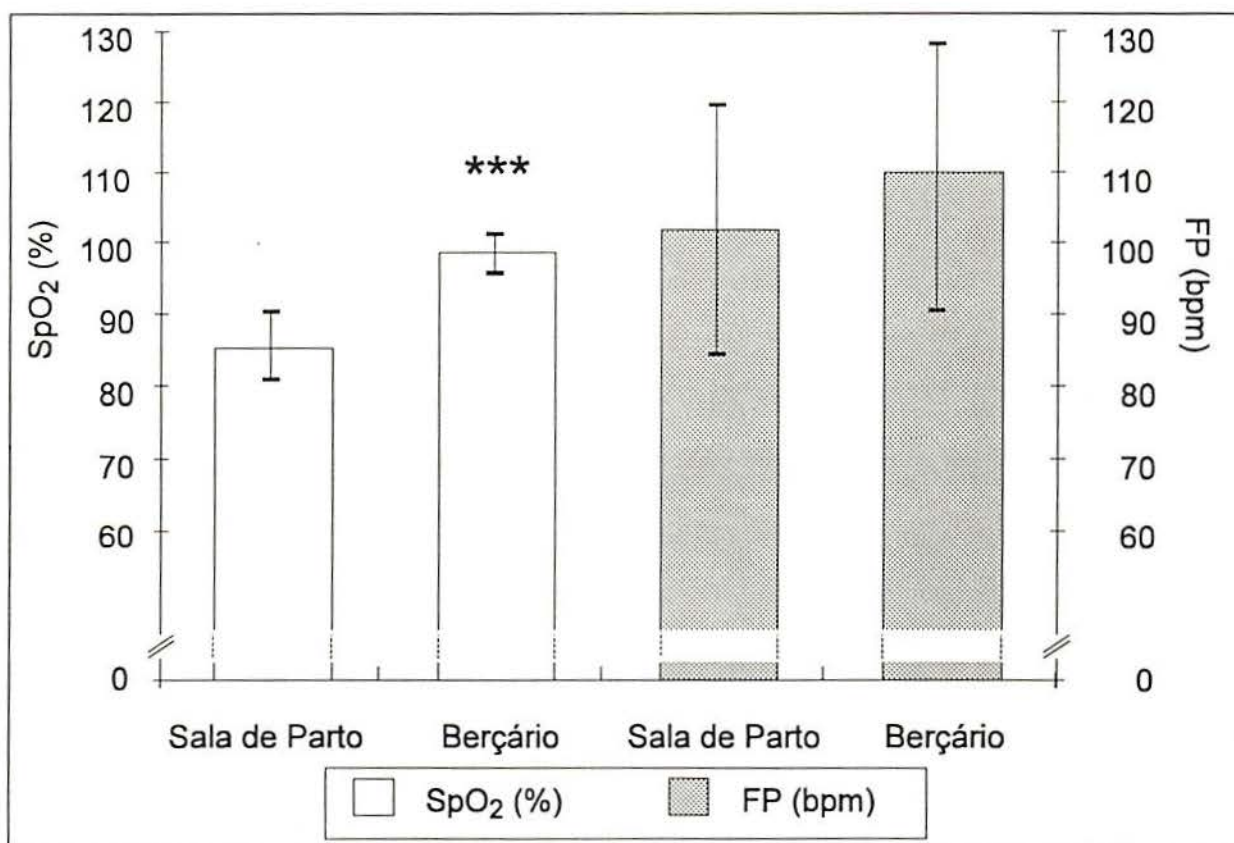


FIGURA 16 - SpO₂ e FP observadas na sala de parto e berçário

Valores médios \pm desvio padrão para variações de SpO₂ e FP observadas na sala de parto (n=45) e no berçário (n=57). Os valores de SpO₂ na sala de parto foram significativamente diferentes daqueles encontrados no berçário (***) $p < 0,00001$

As tabelas XIV e XV ilustram as médias da SpO₂ e FP e respectivas variações mínima, média e máxima durante o período de monitorização efetiva (PME) nos dois locais de estudo. Na sala de parto são discriminados os valores para os recém-nascidos encaminhados à UTI (grupo D) e dos RN sadios (grupo S).

TABELA XIV - Valores médios \pm desvios padrão e valores extremos da SpO₂ mínima, SpO₂média e SpO₂máxima durante o tempo de monitorização efetiva (PME) nos 102 RN estudados.

Variáveis	Berçário n = 57	Sala de Parto Grupo S n=40	Sala de Parto Grupo D n = 5
SpO ₂ mínima	94,0 \pm 3,3 (86,2 - 100)	80,6 \pm 1,0 (65,0 - 92,1)	74,7 \pm 3,6 (65,0 - 82,0)
SpO ₂ média	96,2 \pm 2,7 (88,4 - 100)	85,7 \pm 0,7 (75,6 - 95,8)	80,8 \pm 2,2 (74,1 - 85,4)
SpO ₂ máxima	97,9 \pm 2,3 (90,4 - 100)	90,5 \pm 0,6 (80,5 - 98,5)	87,0 \pm 1,0 (84,7 - 90,0)

TABELA XV - Valores médios \pm desvios padrão e valores extremos das frequências de pulso mínima, média e máxima durante o tempo de monitorização efetiva (PME) nos 102 RN estudados.

Variáveis	Berçário n = 57	Sala de Parto Grupo S n=40	Sala de Parto Grupo D n = 5
FP mínima	83,4 \pm 19,8 (49,7 - 123,1)	66,6 \pm 2,0 (44,5 - 106,9)	72,7 \pm 9,4 (54,7 - 108,7)
FP média	109,5 \pm 18,9 (73,7 - 143,8)	96,4 \pm 2,7 (69,6 - 134,7)	110,7 \pm 9,0 (83,0 - 134,2)
FP máxima	132,8 \pm 16,6 (99,7 - 165,1)	132,6 \pm 3,2 (100,5 - 180,0)	146,4 \pm 9,4 (122,4 - 178,5)

Não houve diferença significativa para os RN do berçário pelo teste *t* de Student utilizando os valores médios da SpO₂ média quando comparados os grupos constituídos de acordo com: tipo de parto (vaginal e abdominal), riscos gestacionais (presente e ausente), de trabalho de parto (presente e ausente), cor (branca e preta), sexo (masculino e feminino), índices de Apgar (< 7 e ≥ 7) nos 1º e 5º minutos. O mesmo se repetiu na análise pelo teste *t* de Student para os neonatos da sala de parto.

Da mesma forma, não se observaram diferenças para os neonatos da sala de parto quando se analisaram os grupos de RN doentes (SpO₂ média=80,8%) e sadios (SpO₂ média=85,7%) e entre aqueles que receberam complementação de oxigênio. Houve, contudo, diferenças significativas entre os valores SpO₂ média quanto a peso ao nascer e presença de fatores de risco no nascimento. Os RN com menos de 2500 gramas (n= 3) tiveram uma SpO₂ média de 79,2%, enquanto nos demais este valor se elevou para 85,6%. Nos RN sem risco ao nascimento (n= 28) a SpO₂ média foi de 86,4%, enquanto para os RN com risco presente (n= 17) a SpO₂ média foi de 83,2%.

A análise de variância realizada para comparar as médias da SpO₂ média de acordo com a idade no momento da monitorização identificou diferença entre RN do berçário com menos de 30 minutos em relação àqueles com idade superior a 30 minutos (Figura 17)

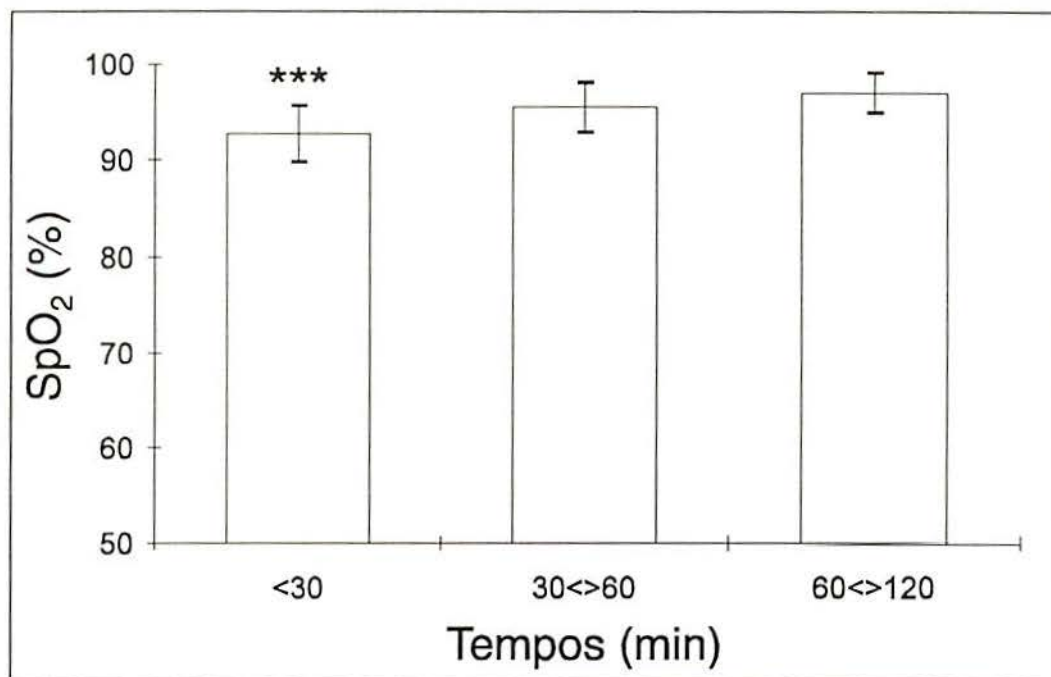


FIGURA 17 - SpO₂ obtida no berçário para RN com até 2 horas de vida.

Nos RN monitorizados no berçário houve diferenças significativas entre as médias de SpO₂ quando foram analisados três grupos definidos pela idade no momento do início da monitorização. As SpO₂ dos RN com menos de 30 minutos (92,7 ± 2,9%) diferiram daquelas com idade entre 30 - 60 minutos de vida (95,5 ± 2,6%) e das com mais de 60 minutos de vida (97,0 ± 2,1%) (p<0,05).

Para os RN da sala de parto como foram registrados todos os valores médios de SpO₂, minuto a minuto, descontados os tempos invalidados para obtenção satisfatória das flutuações da SpO₂ e FP, obteve-se um total de 220 medidas de SpO₂ e FP durante os dez primeiros minutos. Destas apenas 18 medidas foram obtidas nos RN encaminhados à UTI Neonatal. O número de medidas válidas no grupo de RN sadios (S), por intervalo de um minuto, variou de 2, no primeiro minuto de vida, a 30, no sexto. Dentro de cada intervalo foram calculadas as médias e dispersões para SpO₂ e FP (Figuras 18 e 19).

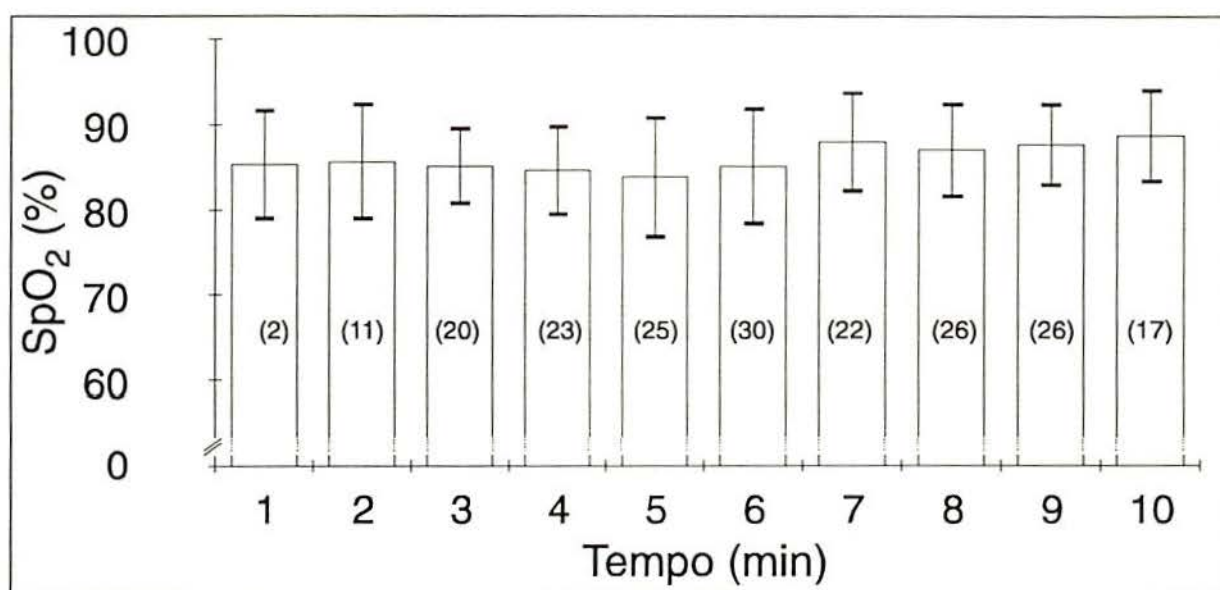


FIGURA 18 - Variação da SpO₂ na sala de parto nos dez primeiros minutos de vida de neonatos sadios.

As barras verticais representam a SpO₂ média e as linhas delimitadas, sua dispersão. Entre parênteses, o número de medidas feitas em cada minuto.

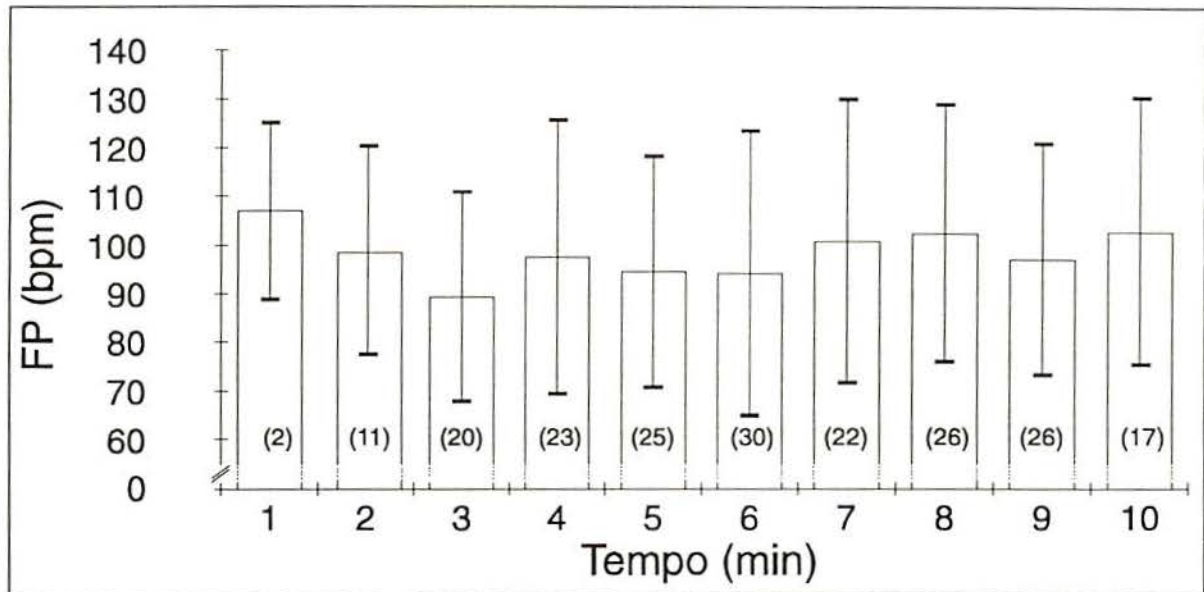


FIGURA 19 - Variação da frequência de pulso (FP) na sala de parto nos dez primeiros minutos de vida de neonatos saudáveis.

As barras representam a SpO₂ média e sua dispersão. Entre parênteses, o número de medidas feitas em cada minuto.

O ANEXO V fornece dados de SpO₂ e FP a cada minuto para os 45 RN da sala de parto. Especifica a média e desvio padrão dos valores de SpO₂ para os RN saudáveis (n=40) e os RN doentes (n=5).

Pela ausência de traçados efetivos no 1º min, a SpO₂ foi correlacionada com índice de Apgar apenas no 5º min. Houve correlação fraca ($r=0,33$), embora significativa ($p<0,01$), entre o índice de Apgar no 5º minuto do grupo de RN saudáveis e as medidas de SpO₂ obtidas no intervalo de tempo entre o 2º até o 5º minuto de vida. O coeficiente de correlação de Pearson para valores de FP e de SpO₂ foi de 0,25 ($p<0,0001$).

Quando foi considerada a diferença entre as 82 medidas da SpO₂ média nos 1º, 2º, 3º, 4º e 5º minutos e as 200 medidas dos cinco últimos minutos de monitorização efetiva, comprovou-se o mesmo já observado nos RN do berçário: valores crescentes da SpO₂ com o avançar da idade em minutos. A média de SpO₂ no primeiro intervalo de tempo foi de $84,6 \pm 5,6$, enquanto que $87,1 \pm 5,8$ foi verificado no segundo intervalo ($p<0,01$).

6.3 - ASPECTOS TÉCNICOS DA APLICAÇÃO DA OXIMETRIA DE PULSO NA SALA DE PARTO E BERÇÁRIO

Embora a média, em minutos, do período de monitorização total (PMT) tenha sido semelhante para ambos os grupos de RN, da sala de parto e do berçário, o PI (Período de Interferência) e o PME (Período de monitorização efetiva) definidos neste estudo, foram significativamente diferentes ($p < 0,0001$). Os RN monitorizados na sala de parto tiveram menor período de monitorização efetiva e maior intervalo de interferência quando comparados com os RN do berçário (Tabela XVI).

Na sala de parto, apesar dos cuidados com a fixação do sensor, não foi possível viabilizar maior número de registro satisfatório de SpO₂ no 1º minuto. Em dois casos (RN 21 e 43) houve necessidade de suspensão da monitorização pelo oxímetro de pulso antes de completar o tempo previsto em função da necessidade de atendimento por parte do neonatologista. A duração da monitorização inferior ao tempo proposto resultou da impossibilidade de manter a adequada fixação do sensor devido à movimentação ativa dos RN decorrentes de manipulação e choro. Em sete RN (15,6%), o PMT durou menos de 5 min.

No berçário, em 8 RN (14%) não se obteve monitorização integral por 10 min por dificuldade de fixar o sensor ou devido à suspensão dos registros pela necessidade de manipulação pela enfermagem.

Em alguns neonatos, tanto na sala de parto quanto no berçário, a duração da monitorização contínua ultrapassou 10 minutos. No entanto, o tempo que excedeu aos 10 minutos propostos não foram considerados nas etapas anteriores quando, apenas os dados de SpO2 e FP obtidos dentro do intervalo fixado foram analisados.

TABELA XVI - Valores dos períodos de monitorização total (PMT), de interferência (PI) e efetiva (PME) expressos em média \pm desvio padrão ($x \pm DP$) e valores extremos em 102 RN.

Período (minutos)	BERÇÁRIO n= 57		SALA DE PARTO n=45	
	$x \pm DP$	Valores extremos	$x \pm DP$	Valores extremos
PMT	10,4 \pm 1,7	(4,3 - 16,5)	9,3 \pm 2,7	(3,5 - 13,4)
PI	1,0 \pm 1,1	(0,0 - 6,5) *	3,7 \pm 1,1	(0,5 - 10,4)
PME	9,4 \pm 1,3	(4,0 - 10,0) *	5,5 \pm 2,1	(2,0 - 10,0)

* $p < 0,0001$

Cada registro realizado nos neonatos, na sala de parto, apresentou algum tipo de interferência, sendo que em mais da metade da amostragem (57,8%) períodos superiores a 3 min foram invalidados. No berçário, 57,9% dos RN sofreram menos de 1 minuto de interferências e somente dois RN (3,5%) estiveram isentos de qualquer tipo de interferência (Figura 20).

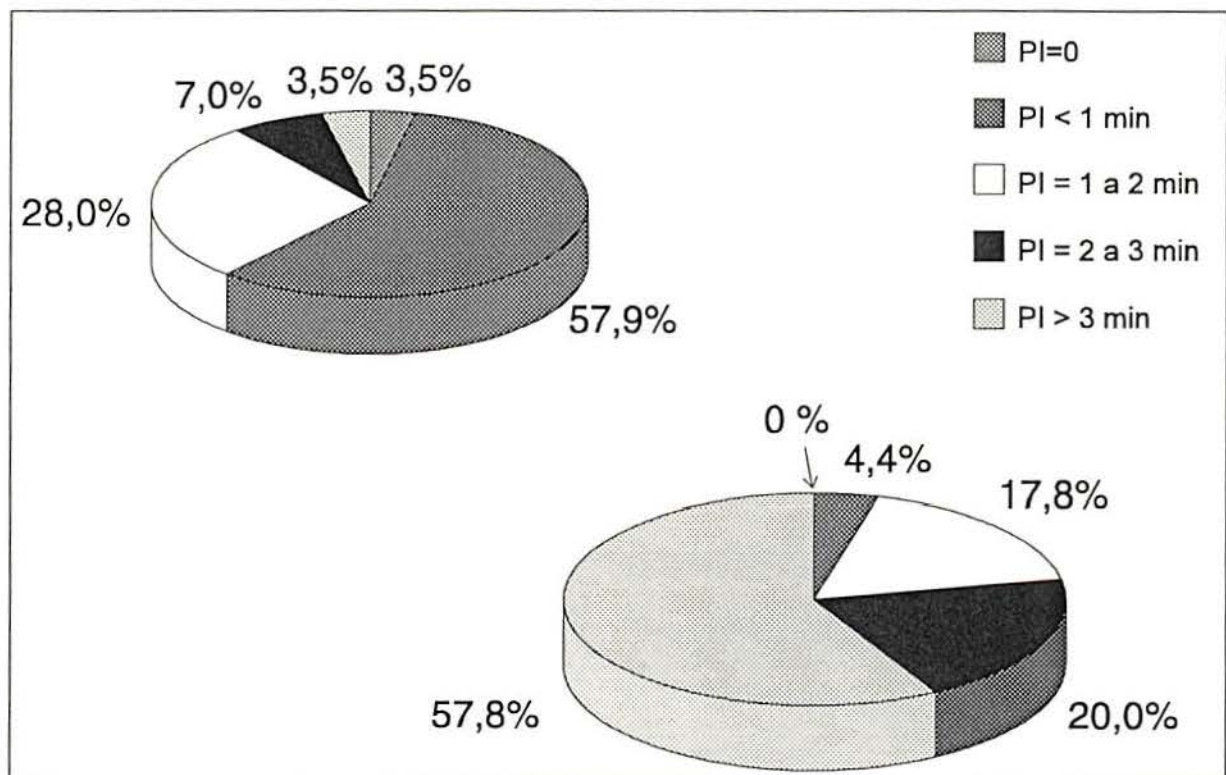


FIGURA 20 - Frequência e duração das interferências observadas na monitorização dos RN da Sala de Parto e Berçário.

Durante o período de interferência foi contabilizada a frequência de aparecimento de cada mensagem de alerta fornecida pelo Oxímetro DX 405, ou seja, de interferência luminosa (I), luz insuficiente (II), sensor fora do paciente (III) e sinal fraco (IV). Foi significativa a maior presença de mensagens para os RN da sala de parto, exceto quanto à mensagem "sinal fraco" (Figura 21)

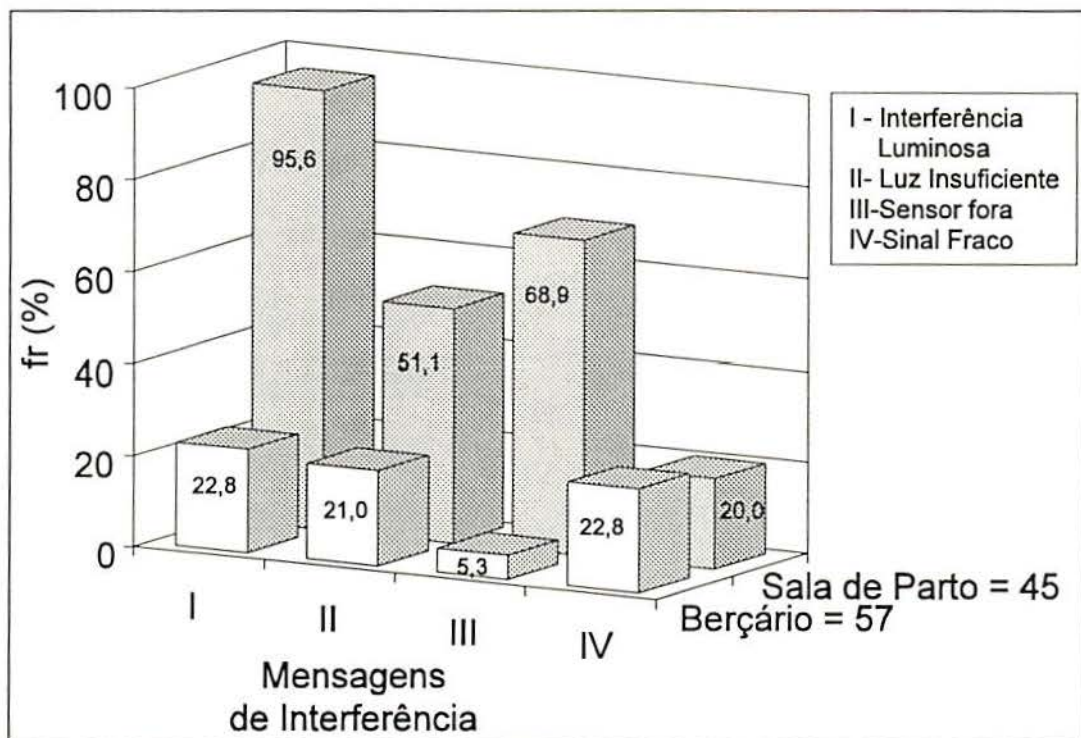


FIGURA 21 - Frequência relativa (fr) das mensagens de interferência observadas no berçário e sala de parto.

Os títulos do eixo z apresentam a unidade hospitalar e o número total de crianças observadas na unidade.

Os números em cada coluna representam a frequência relativa de cada tipo de interferência em relação ao número total de crianças observadas na unidade. Para exemplificar, do total de crianças na sala de parto (45), quarenta e três (95,6%) apresentaram interferência luminosa.

Quarenta e três RN foram monitorizados durante 160 procedimentos de aspiração - oral, nasal, traqueal e gástrica - realizadas como parte do atendimento habitual na sala de parto. Em 98 procedimentos (61,2%), houve perda total do registro da oximetria de pulso no momento das intervenções (Figura 22). No momento das duas intubações orotraqueais realizadas nesta população também houve perda dos registros.

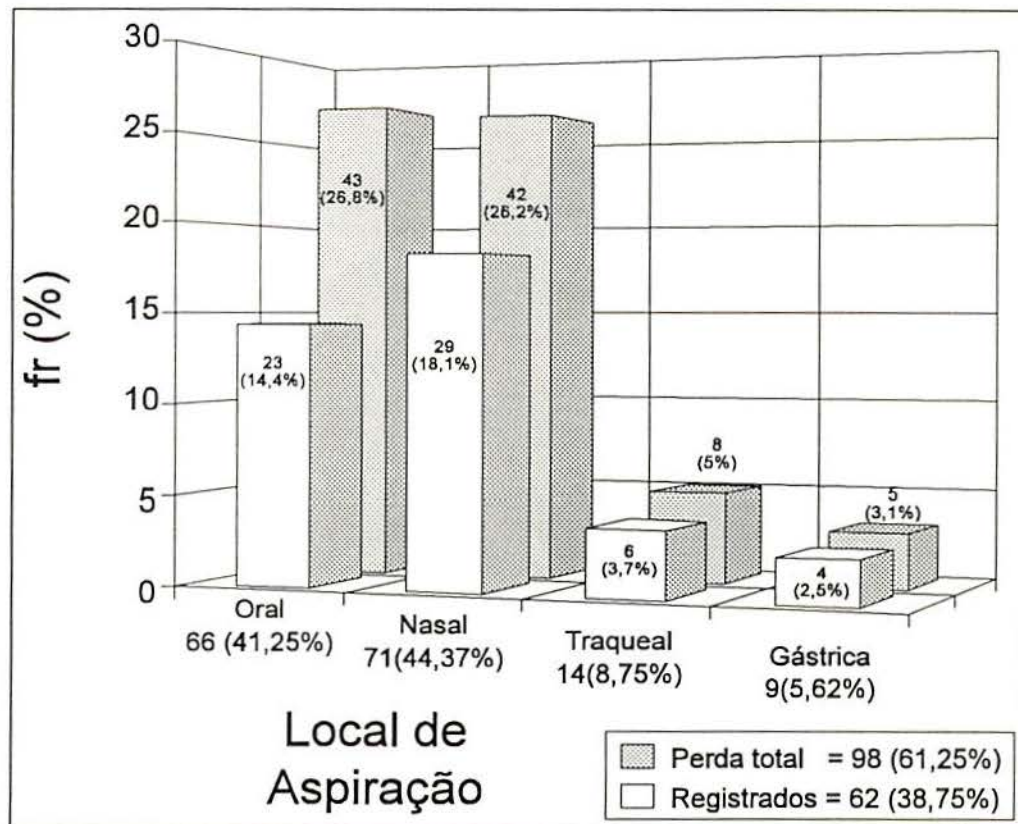


FIGURA 22 - Interferências na leitura da oximetria causadas por manobras de aspiração com os recém-nascidos na sala de parto.

Os números entre parênteses constituem frequência relativa (*fr*).

Em cada coluna estão apontados o número de vezes e a *fr* onde ocorreu aspiração sem perda de registro (colunas brancas) ou onde houve interferência e perda (colunas cinzas).

No eixo x estão apontados os locais de aspiração e o número de vezes que a via foi utilizada, tendo, entre parênteses, a *fr* sobre o número total de aspirações.

DISCUSSÃO

7 - DISCUSSÃO

De conformidade com os objetivos deste trabalho, a discussão está dividida em três etapas. Na primeira etapa (7.1) são abordados os aspectos relacionados a casuística e métodos aplicados nos RN avaliados na UTI Neonatal, no Berçário e na Sala de Parto. Nas etapas seguintes (7.2 e 7.3), são comentados os aspectos referentes aos resultados obtidos nos neonatos avaliados nas três áreas clínicas estudadas.

A etapa final abrange os problemas técnicos e interferências encontrados nos RN monitorizados com oxímetro de pulso no Berçário e Sala de Parto (7.4) e por último, as perspectivas futuras da aplicação deste equipamento (7.5).

7.1.- CASUÍSTICA E MÉTODO

7.1.1 - A amostra

Nossa amostra refletiu, além do tipo de população materna e neonatal que procura o HCPA, as condições patológicas mais freqüentes, bem como os procedimentos clínicos e terapêuticos usualmente utilizados no atendimento desses pacientes (FIORI & SILVA, 1984).

A limitação numérica das amostras nas três áreas clínicas de investigação decorreu fundamentalmente de fatores ligados aos aspectos técnicos da aplicação do sensor do oxímetro de pulso em neonatos, mormente às dificuldades inerentes à realização de estudos clínicos que utilizam medidas invasivas ou maior manipulação de RN; à disponibilidade de apenas um oxímetro de pulso para realização do projeto e, ainda, ao fato de tratar-se de área reservada, nem sempre acessível ao pesquisador. Essa limitação na amostragem encontra respaldo em estudos realizados com oxímetro de pulso em países desenvolvidos, seja em neonatos doentes (FANCONI et al, 1985, RYAN, 1986, PEABODY et al, 1986, MOK et al, 1986b, BOXER et al, 1987, JENNIS & PEABODY, 1987,

WISWELL, 1987, HODGSON et al, 1987, WASH et al, 1987) ou em RN sadios (MOK et al, 1986a).

Dos 32 RN internados na UTI, 87,5% eram pré-termo, sendo a maioria de baixo peso (78,1%). Todos apresentavam fatores de risco no nascimento (Tabela VII). Na UTI Neonatal do HCPA existe, de acordo com relatório de sua enfermagem (observações não publicadas), uma prevalência de RN prematuros da ordem de 80%.

A maior incidência de doenças respiratórias (Tabela IX), em especial de Membrana Hialina (28%), reafirma a necessidade de acompanhamento periódico da oxigenação e ventilação.

Por outro lado, a inexistência de RN portadores de cardiopatia congênita cianótica excluiu *shunts* direita-esquerda de grande magnitude, o que poderia ter interferido na comparação das medidas de saturação de O₂ (MEIER-STAUSS et al, 1990).

Dados importantes, alguns controversos, que podem afetar o desempenho do oxímetro de pulso estiveram fora do escopo desta investigação, como quantidade e tipo de hemoglobina (KOLISAR et al, 1990, SEVERINGHAUS & KOH, 1990): carboxihemoglobinemias (BARKER & TREMPER, 1987, EISENKRAFT, 1988a, RAEMER et al, 1989), metahemoglobinemia (EISENKRAFT, 1988b, BARKER et al, 1989, REYNOLDS et al, 1993), hiperbilirrubinemias (VEYCKEMANS et al, 1989, BEALL & MOORTHY, 1989, CHELLURI et al, 1991); conteúdo de HbF (PEABODY et al, 1986, DURAND & RAMANATHAN, 1986, SOUTHALL et al, 1987); além das situações clínica e terapêutica presentes na indicação da gasometria e número de transfusões sanguíneas (WILKINSON et al, 1980).

A quase totalidade dos 102 RN a termo avaliados no berçário e na sala de parto apresentaram boa vitalidade e peso adequado ao nascer (Tabela V, VI). Apenas 5 RN (11,1%) monitorizados pelo oxímetro de pulso na sala de parto foram encaminhados à UTI

neonatal devido à prematuridade ou por condições clínicas decorrentes de aspiração de mecônio e asfixia perinatal (grupo D). Estes foram analisados separadamente para não comprometer a relação de valores da SpO₂ considerados de referência para RN sadios (grupo S).

7.1.2 - O instrumento

Os fabricantes do oxímetro de pulso usualmente alertam sobre fatores capazes de comprometer o bom funcionamento do equipamento e com os quais o usuário deve familiarizar-se para a obtenção de dados confiáveis (OHMEDA, 1987, NELLCOR, 1987, NOVAMETRIX, 1989). Resultados obtidos com uma marca e modelo do equipamento variam conforme o tipo de situação presente e não podem ser extrapolados para outras condições de avaliação (SYKES, 1989). Estudos clínicos realizados em voluntários sob condições adversas como: hipóxia profunda (SEVERINGHAUS & NAIFEH, 1987, SEVERINGHAUS et al, 1989, VEGFORS et al, 1991), alterações na perfusão periférica (MORRIS et al, 1989, WILKINS et al, 1989, CLAYTON et al, 1991, CRAFT et al, 1992, VEGFORS et al, 1992), hipotensão (FALCONER & ROBBINSON 1990, LANGTON et al, 1990), cardiopatias congênitas cianóticas (RIDLEY, 1988) e baixos níveis de hemoglobina e hematócrito (RAMSING & ROSENBERG, 1992, VEGFORS et al, 1992) confirmam desempenhos distintos entre os diferentes equipamentos. No que diz respeito ao oxímetro Dixtal 405 (Novamatrix 515) empregado neste trabalho, vários estudos que empregaram modelos com versões de "softwares" anteriores, apontaram melhor desempenho quanto mais atualizada a versão do equipamento (SEVERINGHAUS & NAIFEH, 1987, NICKERSON et al, 1988, SEVERINGHAUS et al, 1989, CHOE et al, 1989, FALCONER & ROBBINSON 1990, CLAYTON et al, 1991). No modelo de equipamento em pauta, a falta de onda pletismográfica não permitiu confirmar, com segurança, pulsações adequadas, nem conhecer a amplitude e regularidade do sinal pulsátil. A observação da intensidade e uniformidade do gráfico de barras dá uma visão grosseira e insuficiente para estimar ou anular um sinal

específico (YELDERMAN & NEW, 1983, KELLEHER, 1989). Em decorrência disso, foi fundamental esperar pela estabilização da SpO₂ apresentada na tela, sobretudo porque nenhum RN estava monitorizado com eletrocardiograma para permitir uma comparação da frequência cardíaca (FC) e frequência de pulso (FP).

O desenho e a qualidade do sensor variam de acordo com o fabricante, sendo importante verificar o local adequado e a maneira mais simples de fixá-lo. Os adesivos do sensor em "Y" Novamatrix não permitiram boa captação do sinal nos neonatos da presente série. Os artifícios por nós utilizados para garantir boa captação do sinal pulsátil foram fixação com micropore (READ, 1989) ou fixação manual pelo pesquisador. Sem êxito foram efetuadas tentativas como o uso de presilhas de velcro e cobertura do sensor com ataduras de malha ortopédica (THARP, 1986). Apesar de o sensor não ser descartável, ele é frágil e sua reutilização pode aumentar os riscos de infecção e exige cuidados adicionais no manuseio (WILKINS, 1993). Ao longo deste estudo houve necessidade de aquisição de 3 novos sensores a custo elevado.

Quanto ao local de fixação do sensor, optamos por sistematizar seu posicionamento no pé dos RN por ser mais viável, principalmente por tratar-se da melhor possibilidade de acesso ao neonato logo após o nascimento. Nesta fase, a exigüidade de espaço para o atendimento do neonato tornava-se crítica para o neonatologista e a enfermagem.

MEIER-STAUSS e colaboradores (1990) alertam para diferenças na colocação pós-ductal do sensor, que em sua observação variaram entre 5 e 10%, em relação às medidas de SpO₂ tomadas em nível pré ducto arterial, nos primeiros 17 minutos de vida. Após o fechamento fisiológico do ducto arterial, estas diferenças deixam de ser significativas. Todos os RN avaliados na UTI estavam com mais de 30 minutos de vida (Tabela VIII), portanto com menor chance de apresentarem diferenças de SpO₂ conforme o local de fixação do sensor.

Uma indefinição, presente na faixa etária neonatal, diz respeito à conformação dos limites de alarmes auditivos e visuais, mínimo e máximo da SpO₂ e FP. Ajustes aleatórios dos limites de alarmes podem ser danosos (KOPOTIC et al, 1987). Neste estudo, o limite mínimo da SpO₂ em 90% foi baseado em informações da literatura (CUNNINGHAM et al, 1987, REYNOLDS & YU, 1988, HENDERSON, 1988). O limite máximo de 100% foi no entanto utilizado, devido a maior presença de RN sadios na população deste estudo. Além disso, a duração da monitorização sempre foi curta pelo que o controle do RN doente não dependia do limite máximo fixado no alarme.

Em situações usuais, o ato de desligar ou anular artificialmente os alarmes, fixá-los inadequadamente e não obedecer critérios propostos para esta faixa etária, promove uma falsa tranquilidade com riscos reais de episódios de hipoxemia ou hiperoxemia acabarem despercebidos (EHRHARDT & GRAHAM, 1990). Diversos autores citam como limite superior máximo da SpO₂ em RN doentes valores entre 92 e 95% (SOLIMANO et al, 1986, BAECKERT et al, 1986, HAY et al, 1989, BURCHER et al, 1989); para RN sadios, na ausência de doenças cardiorrespiratórias e terapia com O₂, estes valores habitualmente ultrapassam 95% de saturação de oxigênio (STEBBENS et al, 1990).

Tipicamente o oxímetro de pulso faz o processamento dos sinais pulsáteis em 2 a 16 segundos. O usuário deve sempre selecionar uma opção. Neste estudo fixamos o tempo de resposta para 4 segundos para a apresentação da SpO₂ na tela. Dessa forma, buscamos obter medidas de SpO₂ próximas do tempo real, porém com prejuízo em termos de estabilidade na sucessão das medidas. O tempo que leva para uma alteração da oxigenação em nível alveolar ser retratada na periferia pelo oxímetro é, em média, 60 segundos (SEVERINGHAUS & NAIFEH, 1987, SYKES, 1989). Se o equipamento fosse ajustado com um tempo médio de resposta superior à escolhida, teria acarretado perda da sensibilidade para identificação rápida e desejável das alterações dos níveis da saturação de oxigênio no período pós-natal imediato (VERHOEFF & SYKES, 1990).

Na UTI Neonatal, a obtenção das saturações de O_2 *in vivo* foram procedentes de leituras estabilizadas na tela do oxímetro de pulso no momento que o sangue arterial fluía na seringa para análise gasométrica. Nas fases de colheita contínua da SpO_2 (sala de parto e berçário) cabe salientar o rigor de critério adotado para excluir dados espúrios. O registro impresso em números absolutos a cada segundo, durante a período proposto de monitorização (10min), gerou aproximadamente 27000 registros de SpO_2 e FP nos 45 RN da sala de parto e 34200 nos 57 RN do berçário. A eliminação de dados espúrios, decorrentes de interferências externas e de movimentos, limitou os registros ao período efetivo de monitorização (Tabela XVI). Desta forma, acreditamos que a precisão das medidas obtidas foram representativas dos valores reais da saturação de oxigênio.

7.2. - UTI NEONATAL

A partir de 1990, observou-se que o oxímetro de pulso passou a ser utilizado na UTI neonatal do HCPA de forma crescente, tornando-se a alternativa preferencial para monitorizar o grau de oxigenação do RN. Em 1991, a unidade recebeu 6 monitores de oximetria de pulso e o percentual de gasometrias decresceu. Infelizmente, não existe levantamento oficial em dados numéricos para comprovarmos esta afirmativa.

A introdução de técnica não invasiva para o cuidado de pacientes críticos exige, no entanto, conhecimento do nível de confiabilidade do método e o grau de limitação da informação obtida. Nesta etapa do estudo, buscou-se preencher tal lacuna através do uso do oxímetro de pulso em neonatos doentes e da comparação da saturação de O₂ obtida pela oximetria de pulso com aquela calculada pela análise de gases sanguíneos, não ajustada para a HbF.

WISWELL (1987) pondera, no seu trabalho de análise de 324 pares de saturação de O₂ medidas em 43 neonatos doentes no 1º dia de idade, que a qualidade do sinal pulsátil é o componente de maior relevância em termos de acurácia, independentemente de outros fatores como idade pós natal e diferentes condições clínicas. Na presente investigação não encontramos diferenças significativas entre valores médios de SpO₂, SaO₂cal, PaO₂ e diferença entre as medidas de SpO₂ e SaO₂cal (DIF) quando analisados pelo teste *t* de Student com os grupos formados por diferentes idades de RN, local de colheita da amostra de sangue arterial e presença ou ausência de suporte ventilatório. Isto sugere que estes fatores parecem não interferir na comparação dos resultados obtidos, tanto com o oxímetro de pulso quanto pela própria técnica de gasometria.

Dentre os outros prováveis fatores mencionados na literatura e que podem prejudicar a qualidade do sinal pulsátil captado pelo oxímetro de pulso citam-se: disritmias cardíacas (WONG et al, 1989), pigmentação da pele (EMERY, 1987, RIES et al, 1989),

congestão ou pulsações venosas (STEWART & ROWBOTTOM, 1991, SAMI et al, 1991) e interferência luminosa (BROOKS et al, 1984, AMAR et al, 1989). Destes, pesquisamos a influência da cor do RN e da fototerapia. A ausência de diferenças nas medidas realizadas em RN em fototerapia pode ser atribuída ao uso sistemático do micropore protegendo o sensor. A conduta de cobrir o sensor, seja com papel alumínio ou outro material não transparente, embora simples, é suficiente na maior parte das vezes para evitar a interferência luminosa (ZABLOCHI & RASCH, 1987, READ, 1989). Observamos ainda que neonatos filhos de negros ainda não possuem pigmentação escura a ponto de gerar diferenças de leitura no oxímetro de pulso, conforme demonstrado na análise comparativa entre brancos e negros.

A experiência na UTI com 32 pacientes revelou que o oxímetro de pulso, apesar dos problemas de fixação do sensor, pode ser utilizado de forma satisfatória em uma variedade de condições (Tabela X e XI), especialmente em prematuros, sem que nenhuma lesão de pele ou quaisquer das complicações recentemente referidas na literatura fossem por nós observadas (MURPHY et al, 1990, PETTERSEN et al, 1992, MILLS & RALPH, 1992).

Quarenta e cinco leituras simultâneas de SpO₂ foram comparadas com a SaO₂cal a partir de colheitas nos 32 pacientes estudados.

Baseados na análise de regressão linear, os pares de saturação demonstraram uma correlação significativa ($r=0,77$, $p<0,0001$) entre as medidas de saturação obtidas pelo oxímetro de pulso (SpO₂) e aquelas calculadas pelo analisador de gases sanguíneos (SaO₂cal). No entanto, a concordância entre os métodos, verificada pela análise proposta por BLAND & ALTMAN (1986), mostrou baixa acurácia (bias relativo) de 3,5% e a precisão (estimativa de erro) de 5,6% para o oxímetro de pulso DX405, enquanto a acurácia do oxímetro de pulso, em geral, vem sendo estimada em $\pm 2\%$ para valores de SpO₂ entre 70 e 100% (KELLEHER, 1983, SEVERINGHAUS, 1991)

Na tabela XVII os estudos comparativos na faixa etária neonatal obtidos da

literatura revisada apontam para resultados superiores aos encontrados neste trabalho. Com exceção feita ao trabalho de WISWELL (1980), os demais utilizaram o co-oxímetro ou o hemoxímetro (HAY, 1989) para obtenção das SaO₂. A existência de variação numérica dos coeficientes de correlação obtidos nos diversos estudos, entre 0,74 a 0,99, pode ser atribuída às diferenças metodológicas empregadas pelos diversos autores. Porém marca, modelo e versão do oxímetro e o instrumento utilizado para determinar a SaO₂, são muito provavelmente, as principais razões que contribuem para estabelecer diferenças entre os resultados comparáveis.

Outros estudos, não citados na tabela XVII, utilizaram medidas da SaO_{2cal} como padrão de referência para comparar com valores de SpO₂. GODOY e colaboradores (1987) estudaram 39 RN na primeira semana de vida com o oxímetro Novametrix 500 e encontraram uma correlação de 0,52. Em 1989, dando continuidade à linha de pesquisa, o mesmo grupo obteve uma correlação entre SpO₂ e SaO_{2cal} de 0,94. Esses autores não citaram a marca do oxímetro de pulso usado e tampouco se houve mudança na aplicação do método que justificasse a melhoria no índice de correlação. Já o grupo de CORTES (1989) comparou SpO₂ e SaO_{2cal} em 35 medidas simultâneas em 9 crianças com insuficiência respiratória grave e com idade variando de 3 dias a 13 anos, com oxímetro Nellcor N-10, encontrando $r = 0,79$. A ampla variação de idade numa amostra pequena impossibilitou relacionar esses resultados com os obtidos neste estudo.

No presente trabalho foi identificado que o coeficiente de variação da SaO_{2cal} (8%) superou o da SpO₂ (3%). É possível que esta diferença possa ser de fato devido à técnica utilizada pelo analisador de gás sanguíneo. Vários autores afirmam que estudos comparativos com saturações de O₂ obtidas de amostras sanguíneas não constituem testes adequados para o controle de qualidade da informação fornecida pelo oxímetro de pulso (HAY, 1987b, HODGSON, 1987, REYNOLDS & YU, 1988). Embora o co-oxímetro seja o equipamento mais freqüentemente adotado pelos pesquisadores, sua validade como padrão de

referência em neonatos tem sido debatida em função da HbF. Foi constatado por ZWART et al (1981) que, a qualquer pressão parcial de O_2 , a saturação da HbF pode ser lida no espectro da carboxihemoglobina no co-oxímetro. Segundo esse pesquisador, a leitura da SaO_2 in vitro estaria abaixo da real, com discrepâncias que podem representar desvios de 6 a 8% ou até mais. Existem opiniões contrárias sobre a influência do conteúdo de HbF nas leituras do oxímetro de pulso (HENDERSON, 1988, POLOGE; RALEY, 1987, RAMAMATHAN et al, 1987, PRAUD et al, 1989). Alguns autores aplicam correções matemáticas ou cálculos simplificados (CORNELLISSSEN et al, 1983) para compensar os erros de medida decorrentes da quantidade de HbF presente na amostra (DURAND & RAMAMATHAN, 1986, RYAN et al, 1986, PEABODY et al, 1986). Em estudo experimental, MENDELSON & KENT (1989) mostraram que a presença de 100% de HbF ou 100% de HbA não influenciava a quantidade de luz transmitida pelo oxímetro de pulso. Atualmente, apesar destas controvérsias, prevalecem as opiniões dos autores que referem que a HbF não prejudica de maneira significativa a leitura da saturação de O_2 funcional.

A utilização da SaO_2 cal como referência neste estudo buscou cumprir os propósitos de avaliar o oxímetro de pulso dentro das condições habituais de trabalho em nosso meio. No entanto, abstraindo-se as reconhecidas falhas potenciais na colheita de amostra de sangue arterial já referidas, erros cumulativos tornam-se inevitáveis com o método quando a técnica para derivar SaO_2 é realizada sob condições laboratoriais usuais (JONHSON et al, 1993). A ausência de dados complementares comuns nas solicitações de gasometria e a falta de calibração do analisador sangüíneo para sangue fetal determinaram, invariavelmente, medidas de SaO_2 cal originadas da curva padrão do equipamento. A tabela XI é chamativa a este respeito quanto à ampla variação de fatores capazes de deslocar a curva de dissociação da oxihemoglobina de sua posição normal. Ademais, a fração funcional do 2,3 DPG, produto do conteúdo de 2,3 DPG das hemácias e o percentual de HbA em relação à HbF, que é o maior responsável pelas características da curva de dissociação da HbO_2 peculiar do neonato (DELIVORIA - PAPADOPOULOS et al, 1971) não pode ser

determinado através do oxímetro de pulso e nem pelo analisador de gases sanguíneos. As variáveis que determinam a fração funcional de 2,3 DPG exigem testes bioquímicos ou equipamentos específicos (JONXIS & HUISMAN, 1956, DEJEAN et al, 1992). Problemas práticos decorrentes deste tipo de dificuldades são reais no nosso meio e concorrem para as possíveis falhas quando da interpretação dos resultados de uma gasometria.

Vale ressaltar ainda que na verificação das diferenças nos diversos níveis de SaO₂cal (Tabela XI), as médias dos valores de saturação de O₂ e das diferenças entre os pares de medidas demonstraram grande variabilidade, principalmente nos patamares de dessaturações (SaO₂cal ≤ 85%). Em contrapartida, a concordância entre os métodos foi máxima para SaO₂cal entre 90% - 95%. As diferenças negativas observadas acima de 95% demonstram que os valores de SpO₂, neste nível, subestimam a SaO₂cal (figura 15).

É consenso, na literatura, que o oxímetro de pulso tende a superestimar os valores de saturação "in vitro", especialmente nos patamares de maior dessaturação (MOK et al, 1986b, FANCONI, 1988, KELLEHER, 1983, CAHAN et al, 1990). Tal fato foi por nós identificado em análises anteriores realizadas em pacientes adultos (ARENSON-PANDIKOW et al, 1991), pediátricos (FELIX et al, 1991) e na presente observação.

A correlação entre as diferenças (SpO₂-SaO₂cal) e valores de SaO₂cal confirma uma forte correlação inversa ($r = -0,90$), com poder maior que 95%. Isto permite demonstrar que, quanto mais altos os valores de SaO₂cal, menor a diferença existente entre medidas de SpO₂ e SaO₂cal.

Uma outra hipótese sugerida para explicar valores mais elevados de SpO₂ em relação a baixos valores de SaO₂cal decorre de uma menor relação sinal/interferência no oxímetro de pulso. À medida que a saturação de O₂ cai, menor a transiluminação do tecido pela luz vermelha, o que torna a captação do sinal mais fraca. Como artifício, em alguns modelos de oxímetro de pulso, é utilizada a ampliação dos sinais. Através da maior emissão

de luz e do aumento do ganho do fotodetector procura-se melhorar a captação de sinais mas, como consequência natural, amplia-se também a incidência de interferências fisiológicas acidentais e elétricas (POLOGE, 1989).

Finalmente, pode ser aventada outra interpretação ou seja, existe a possibilidade de as curvas de dissociação da HbO_2 obtidas "in vivo" serem verdadeiramente distintas daquelas obtidas "in vitro". Esta discrepância foi comprovada por WILKINSON et al (1980) num estudo que utilizou oxímetro de fibra óptica com o sensor posicionado na artéria aorta.

Recentemente, alguns autores preconizam instrumentos ou dispositivos criados em modelos experimentais (MUNLEY et al, 1989, VOLGYESI et al, 1990) na busca de melhor qualidade na obtenção de medidas comparáveis e aprimoramento do desempenho técnico do equipamento.

Existe risco, na interpretação comparativa de medidas discordantes de SaO_2 , de o clínico tender a considerar as leituras do oxímetro como incorretas, quando, de fato, o inverso possa ser o real.

A comparação dos valores de SpO_2 , SaO_{2cal} e diferença entre as medidas, com valores de PaO_2 , foram realizadas para testar a capacidade da SpO_2 em prever a PaO_2 .

A Figura 15 ressalta a semelhança entre ambas as curvas de dissociação da HbO_2 obtidas para as medidas "in vivo" e "in vitro". Para valores de PaO_2 entre 60 e 100 mmHg, enquanto nos valores extremos de PaO_2 ocorrem maiores discrepâncias. Os valores de SpO_2 correspondentes a baixas PaO_2 (<60 mmHg) superestimam a saturação de O_2 quando comparados com aqueles da SaO_2 .

As diferenças entre as medidas ($SaO_{2cal} - SpO_2$) foram chamativas nos níveis mais baixos de PaO_2 . Nos valores de PaO_2 menores que 60 mmHg, a SpO_2 variou de 80% a

95%. Entre 60 e 90 mmHg de PaO₂, as 22 medidas de SpO₂ foram superiores a 90%. Das 28 medidas obtidas com PaO₂ > 90mmHg o valor mínimo de SpO₂ foi de 94% (Tabela XII).

Estes dados sugerem certa relevância das medidas de SpO₂ na delimitação de valores de referência para manter a oxigenação adequada em RN doentes.

Buscando suporte na literatura para verificar especificidade e sensibilidade da oximetria de pulso em situações de hipoxemia e hiperoxemia encontramos pouca concordância quanto aos valores limítrofes seguros de SpO₂ para diagnosticar ambas as situações.

HAY et al (1989) referem que a SpO₂ deva ser mantida entre 92 ± 3% para evitar os riscos de hipoxemia. BACKERT et al (1986) estabelecem que a SpO₂ não deve ultrapassar 95% para diminuir riscos de hiperoxemia (PaO₂ >90mmHg). BUCHER et al, ALBERSHEIM et al (1987) e POETS et al (1993) são unânimes quanto ao limite máximo de SpO₂ de 95% para detecção de hiperoxemia (PaO₂ > 90mmHg). REYNOLDS & YU (1988) fornecem como guia diagnóstico de situações de hipoxemia (PaO₂ < 55 mmHg) e hiperoxemia (PaO₂ > 80mmHg) valores divergentes para neonatos com distrição respiratória aguda ou crônica. Para os doentes agudos refere extremos de SpO₂ de 85% e 90%, para os crônicos de 87% e 95%.

Optamos por estabelecer valores de PaO₂ ≤ 60 mmHg e SpO₂ < 90 para a definição de hipoxemia e de PaO₂ > 90 mmHg e SpO₂>95% para hiperoxemia. Nesta amostra, embora a sensibilidade do método encontrada para apontar hipoxemia tenha sido baixa (40%), a especificidade de 100% é sugestiva de que valores de SpO₂ menores que 90% exigem atenção especial. FANCONI (1989) recomenda que medidas de SpO₂ abaixo de 75 - 80 % sejam consideradas indicativas da necessidade de medidas diretas da SaO₂ para prevenir hipoxemia grave.

Neste ensaio clínico pudemos verificar que, na maioria das vezes em que os

valores de SpO_2 estiveram acima ou iguais a 90%, a oxigenação do RN estava normal. A sensibilidade do oxímetro de pulso para normoxemia foi de 41% e a especificidade de 69,6%, enquanto que, para hiperoxemia, foi encontrado 77,8% de sensibilidade e baixa especificidade (de 51,8%). Estudos adicionais seriam, no entanto, mandatórios para melhor definir a validade deste ensaio principalmente para prevenir os riscos de hiperoxemia nesta faixa etária, sabidamente associada a maior incidência de lesão vascular da retina e demais formas de oxigeniotoxicidade (NUNN, 1987, FLYNN et al, 1992).

REYNOLDS & YU (1988) e a Associação Americana de Cuidados Respiratórios (AARR, 1991) propõem que sejam documentados e registrados graficamente, na beira do leito do paciente, os dados de SaO_2 obtidos pelo método de referência e o valor de SpO_2 correspondente; a idade, condições clínicas no momento de realização das medidas e as observações relevantes que interferem na CDO. Isto poderia resultar em benefícios e maior precisão na aferição indireta de uma das variáveis da oxigenação. Adicionalmente, a experiência conquistada com a observação diária deste tipo de documentação reforça o aprendizado e agiliza o raciocínio clínico na interpretação dos dados não invasivos. Essas constatações merecem ser validadas futuramente no nosso meio.

Em síntese, a ampla margem de erro decorrente de medidas de SpO_2 e SaO_2 cal torna difícil prever valores absolutos e confiáveis de SaO_2 cal a partir da SpO_2 . A monitorização não invasiva salienta sua suprema validade no acompanhamento contínuo da evolução do estado de oxigenação, o que se constitui em um sistema de alerta frente a alterações rápidas e indesejáveis da condição do paciente: hipoxemia/hiperoxemia.

O desenvolvimento de um protocolo para uso em UTI Neonatal é primordial para que o método possa ser valorizado dentro das condições reais do exercício clínico bem como para o manuseio apropriado do equipamento. Desta forma é possível gerar conhecimentos, estabelecer limitações e responsabilidades frente a interpretação de dados e as implicações decorrentes a para prática clínica, principalmente na definição de limites de

saturações de O₂ aceitáveis. A elevação ou queda da SpO₂ acima dos critérios estabelecidos, colabora na instituição imediata de condutas efetivas, como incrementos ou diminuições da FiO₂ de um RN sob oxigenioterapia até que os níveis desejados sejam alcançados (KING & SIMON, 1987, HARBOLD, 1989, MOROZOFF & EVANS, 1992, ROTELLO et al, 1992).

Tabela XVII - Estudos comparativos de medidas de SpO₂ e SaO₂ realizados na faixa etária neonatal.

AUTOR	AMOSTRA	ANÁLISE DE REGRESSÃO	BIAS RELATIVO	PRECISÃO
Durand et al 1986	n=75, 152 pares	r=0,86 IRespA r=0,91 IRespC		
Mok et al 1986	n=19, 37 pares	r=0,95		
Peabody et al 1986	n=31, 177 pares	r=0,90	0,3% a 3,6% **	1,9% a +2,3%
Ramanathan et al, 1987	n=68, 136 pares	r=0,88 IRespA r=0,90 IRespC	2,7%	1,9%
Hodgson et al 1987	n=16, 64 pares	-	0,8%	1,8%
Walsh et al 1987	n=21	r=0,91	-	-
Wiswell 1987*	n=43, 324 pares	r=0,6 r=0,78		
Henderson 1988 *	n=15, 45 pares	r=0,87	-	-
Hay et al 1989	n=58, 117 pares	r=0,99	-	-
Praud et al 1989 *	n=60, 112 pares	r=0,74	-0,18 a +4,17**	1,35% a +2,4%
Fortis 1994	n=32, 45 pares	r=0,77	3,5%	5,6%

* - Todos os autores utilizaram o oxímetro de pulso da marca Nellcor, modelo N-100, excetuando Henderson (1988) e Praud et al (1989). Esses últimos aplicaram em seus estudos o oxímetro de pulso da marca Ohmeda. Wiswell (1987) estudou ambos os aparelhos.

** - Variação das diferenças entre as medidas e da precisão foram decorrente da concentração de HbF (Peabody et al, 1986, Praud et al, 1989).

IRespC = Insuficiência respiratória crônica. IRespA = Insuficiência respiratória aguda.

As colunas com ausência de dados devem-se às diferentes análises estatísticas aplicadas. Alguns autores realizaram análise de regressão linear e determinaram o coeficiente de correlação enquanto outros calcularam o "bias" e a precisão do oxímetro de pulso.

7.3 - SALA DE PARTO E BERÇÁRIO

As observações anteriores quanto à concordância entre as saturações do sangue arterial obtidas pela oximetria de pulso (SpO_2) e *in vitro* (SaO_2), deixaram ampla margem de discussão sobre a validade de ambos os métodos em termos de valores absolutos confiáveis.

Apesar da restrição acima, a presente etapa do projeto indica que o oxímetro de pulso pode ocupar um lugar de relevância no campo da monitorização neonatal quando utilizado para detectar a tendência / grau de variação das SpO_2 a partir do nascimento.

De um total de 102 médias de SpO_2 isentas de medidas espúrias, 45 obtidas nos RN monitorizados na sala de parto (ANEXO III) e 57 nos neonatos internados no berçário (ANEXO IV), foi detectado que quanto maior a proximidade com o momento do nascimento, mais baixas foram os valores médios da saturação de oxigênio medida pelo oxímetro de pulso (SpO_2).

Os resultados das SpO_2 obtidos inicialmente no berçário, dentro das primeiras duas horas de vida, mostrou uma média global de saturação de 96,2%. No entanto, a dispersão foi considerável. No berçário, as saturações atingiram nível gradual de estabilidade, com média em torno de 92,7% em menos de 30 minutos, 95,5% em menos de 60 minutos e, subsequente, de 97%. Naqueles RN monitorizados com menos de 30 minutos de vida a média da SpO_2 foi significativamente menor em relação as demais (Figura 17). Buscando a comprovação deste achado, a investigação prosseguiu para a sala de parto.

Na sala de parto, os valores médios da SpO_2 foram inferiores a 90%. A média aritmética e dispersão da SpO_2 média no grupo de neonatos sadios (n=40) foi de $85,5 \pm 4,4\%$, enquanto para o grupo de RN encaminhados à UTI (n=5) a média foi ainda menor: $80,8 \pm 4,8$ (Tabela XIV). No entanto, não foi possível demonstrar diferença de significado

estatístico na comparação dos valores de SpO₂ em ambos os grupos. Tal fato, provavelmente, deveu-se ao pequeno número de RN doentes que puderam ser monitorizados. Estudos futuros devem ser estimulados com ampliação da amostra para que seja possível identificar diferenças no processo de adaptação e as alterações da oxigenação em neonatos de risco e durante manobras de ressuscitação na sala de parto.

As médias aritméticas dos valores de SpO₂ registrados na sala de parto, a cada segundo, em RN sadios gerou 202 medidas de SpO₂ representativas das flutuações minuto a minuto (ANEXO V.1). Os valores de SpO₂, mais baixos ao nascer, e da ordem de 85,6% no 2º min de vida, evoluíram para 88,7% com o avançar do tempo na sala de parto. Nos 5 RN da sala de parto encaminhados à UTI (grupo D) verificou-se tendência para valores ainda menores de SpO₂ (ANEXO V.2). Os registros destes, no entanto, não foram satisfatórios para comparações com os demais RN sadios.

A frequência cardíaca, principal determinante do débito cardíaco no período neonatal (SHIEBER, 1990), registrada na periferia pela frequência de pulso (FP) do oxímetro, variou ampla e rapidamente. É difícil valorizar neste estudo os valores de FP encontrados. Sem o registro de referência do ECG, as FP registradas tanto poderiam estar retratando bradicardia ou taquicardia "normais" da fase de adaptação à condição extraútero, como serem decorrentes de interferências (Tabela XVI e Figura 16). Se isoladamente as alterações da frequência cardíaca fossem indicadores seguros de oxigenação inadequada ou hipóxia, o eletrocardiograma teria se tornado uma monitorização de rotina nas unidades de atendimento aos recém-nascidos (LAMIÉL, 1991). Entretanto, apesar das restrições apontadas, o índice de correlação encontrado entre valores da frequência de pulso e da SpO₂ ($r = 0,25$) sugere que melhores níveis de oxigenação são acompanhados de elevação da FP.

O processo dinâmico fisiológico de ajuste cardiopulmonar do RN à vida extrauterina se manifesta pela aeração inicial dos pulmões seguido por alterações maiores do sistema hemodinâmico (SMITH & KAPLAN, 1942, YODER & NULL, 1986, NUNN, 1987,

SCHIEBER, 1990). Nesse ocorre redução dramática da resistência vascular pulmonar, redistribuição do retorno venoso, débito cardíaco, fechamento das anastomoses artério-venosas e aumento da resistência sistêmica (BONICA, 1980, PHIBBS, 1990). Esta seqüência verifica-se nos primeiros momentos de vida e estende-se até vários dias após o nascimento (PANG, 1975, YODER & NULL, 1986).

É referido que o aumento pós-natal da PaO_2 representa o principal fator de fechamento funcional do ducto arterioso, 10 a 15 horas após o nascimento do RN a termo (PANG, 1975), sendo que os níveis de saturação nas primeiras horas e dias de vida representam, provavelmente, o ajuste mais essencial requerido pelo organismo do RN (SMITH & KAPLAN, 1942)

Na maioria dos neonatos sadios, essa adaptação verifica-se sem intercorrências. Em alguns, o desvio da normalidade parece refletir, tão somente, mecanismos de super compensação fisiológica normal, noutros sugere distúrbios cardiorrespiratórios severos (ACKERMAN, 1986, NELSON, 1990, MONDANLOU et al, 1973)

Os dados existentes sobre níveis de oxigenação no período de transição normal da vida fetal para a pós-natal não são ainda suficientes para definir os valores absolutos da saturação de O_2 no sangue arterial. Isto pode ser atribuído, em parte, às diferenças entre modelos animais de estudo (DAWES et al, 1960), que limitam a extrapolação de resultados para a espécie humana. Mas, decorre também, da velocidade com que as mudanças dos valores de SaO_2 e PaO_2 se estabelecem nos primeiros minutos de vida (SMITH & KAPLAN, 1942, OLIVER et al, 1961). Os valores obtidos das análises gasimétricas de sangue das artérias umbilicais de RN, colhidos nos primeiros segundos após o nascimento apresentam grande variabilidade (CAVALCANTI, 1991) e, conforme anteriormente comentado, há dificuldades metodológicas envolvendo comparações de dados analisados *in vitro* com aqueles obtidos *in vivo*.

O espectro de variação das SpO₂ por nós identificado com o oxímetro de pulso está em sintonia com a fisiologia de transição do neonato. À semelhança do obtido no trabalho clássico de SMITH & KAPLAN (1942), foi possível observar que, mesmo para o mais vigoroso e saudável RN, a SpO₂ dificilmente alcançava valores acima de 90% antes dos 10 minutos de vida. Estes autores realizaram estudos seriados de saturação com amostras de sangue arterial procedente de veia do cordão umbilical nos primeiros 30 minutos de RN à termo e, dando seguimento, utilizando sangue arterial de incisões cutâneas realizadas em neonatos a termo, pré-termo e ainda em adultos. Foi documentado, dessa forma, que as saturações - com valores bem inferiores ao nascimento - elevavam-se progressivamente para o nível encontrado em adultos, muitas vezes nos 30 minutos após o parto e, usualmente, dentro de 3 horas. A regra geral, no entanto, era de saturações de 90% ou menos no período neonatal imediato. Nos pré-termo, as saturações de oxigênio eram mais baixas do que a dos RN a termo com idades comparáveis.

No presente estudo foram constatados valores de SpO₂ média inferiores em RN com baixo peso, mas também quando da presença de outros fatores de risco ao nascer (Tabela VII). Os três RN com peso abaixo de 2500g tiveram SpO₂ média de 79,2% e, em 17 RN com algum fator de risco, a média registrada foi de 83,9%. Ambas foram inferiores à média de SpO₂ nos grupos comparáveis (85,6% e 86,4% respectivamente).

Quanto ao índice de Apgar no 5º minuto, comprovou-se uma correlação positiva e significativa ($r = 0,33$) com as medidas de SpO₂ obtidas de neonatos saudáveis. Isto sugere que, embora de maneira subjetiva, o índice de Apgar avalia a melhoria dos níveis de oxigenação nos primeiros minutos de vida.

No processo continuado de registro das SpO₂ na sala de parto observaram-se, em concordância com outros autores (HOUSE et al, 1987, SENDAK et al, 1986), quedas sistemáticas e transitórias das SpO₂ em períodos de aspiração das vias aéreas. Estas foram

principalmente notáveis quando as aspirações eram realizadas em seqüência e sem suplementação de O₂. Lamentavelmente, em função das dificuldades técnicas de viabilizar registros confiáveis durante essas manobras, estas observações fugiram dos critérios de análise adotados neste trabalho.

Esses achados ressaltam a importância de estimular a continuidade de estudos de análise de SpO₂, à luz dos fatores ligados à prematuridade, manipulação de vias aéreas, a relação com a avaliação pelo índice de Apgar e outras condições de risco dos neonatos.

São raros os trabalhos realizados com oxímetro de pulso no período neonatal. Em geral, os existentes são descritivos (SENDAK et al, 1986, PORTER, 1987, MAXWELL et al, 1987), incompletos (PORTER, 1987) e de metodologia questionável especialmente quando realizados na sala de parto (SENDAK et al, 1986, HOUSE et al, 1987).

HOUSE, SCHULTEN e GRAVENSTEIN (1987) registraram SpO₂ colocando o sensor do oxímetro de pulso no lado ulnar da mão direita de 100 RN na sala de parto, com pesos entre 850 a 5230 g. Em 74 casos, os autores utilizaram um tipo de oxímetro e, nos demais 26 RN, oxímetro de outra fabricação cujo sensor era de utilização no lobo da orelha. Sem apontar para as diferenças inerentes à captação de sinais por oxímetros distintos e tampouco mencionar a metodologia adotada para os registros das SpO₂, o trabalho refere saturações médias de 59% no 1º minuto, 68% no 2º minuto, 82% no 5º minuto e 90% no 15º minuto. Os RN com índice de Apgar menor apresentavam SpO₂ mais baixas.

Outra investigação apontou índices baixos de Apgar no 1º, 5º e 10º minutos de vida associados com níveis extremos de dessaturação (PORTER, 1987) porém, da mesma forma que o anterior não houve qualquer menção aos critérios adotados para obter registros das SpO₂. Porter encontrou valores de SpO₂ superiores aos acima citados: 77,6 ± 11,7% no 1º min, 84,4 ± 7,7% no 5º e 89,6 ± 6,4% no 10º minuto de vida.

As vantagens de monitorizar os aumentos graduais das saturações pelo

oxímetro de pulso nos primeiros momentos de vida foram ainda divulgadas por HARRIS et al (1986). Empregando metodologia aparentemente cuidadosa, esses investigadores registraram SpO₂ crescentes do 1º ao 7º minutos, da ordem de 61% a 81% após parto por via baixa e de 47 a 82% após cesariana. No entanto, as diferenças foram transitórias e insignificantes após pouco minutos. A rapidez com que as medidas de SpO₂ tornam-se similares provavelmente justifique o resultado obtido nesta amostragem: a ausência de diferenças nas médias de SpO₂ em relação parto vaginal e cesárea.

As baixas saturações encontradas nas referências acima entram em conflito com nossos resultados, alertando sobretudo para os valores fictícios baixos de SpO₂ na vigência de deslocamento do sensor e falhas nas técnicas de registro dos dados (KELLEHER, 1989). Além disso, estudos exaustivos comprovaram a baixa validade do oxímetro de pulso quando os níveis de SpO₂ situam-se abaixo de 70%, tanto em adultos sadios (SEVERINGHAUS et al, 1989, WEBBS, 1991, YOUNG et al, 1992), como em crianças doentes (DECKART & STEWARD, 1984, FANCONI et al, 1985, BOXER et al, 1987), como também em modelos animais (SENDAK et al, 1988).

Entretanto, no contexto das manobras de ressuscitação o oxímetro de pulso demonstra objetivamente dados de oxigenação, alerta sobre a manutenção adequada das vias aéreas e proporciona a visualização rápida e as melhoras dramáticas na SaO₂ que resultam dos esforços de ressuscitação satisfatórios (SENDAK et al, 1986, NARANG, 1986, HOUSE et al, 1987, SPITALL, 1993).

Fora da sala de parto, alguns autores buscaram definir níveis de saturação nos estágios de vigília, durante a amamentação e em altas altitudes (MOK et al, 1986a, RAMIREZ et al, 1988, THILO et al, 1991, LOGANO et al, 1992)

MOK e colegas (1986a), que utilizaram critérios semelhantes aos nossos registros das SpO₂ apontaram para média de saturação - naqueles neonatos investigados na

1º hora de vida e no estado de vigília - coincidentes com os nossos valores no berçário (96,2%).

Apesar das restrições quanto à utilização dos valores absolutos das SpO₂, o oxímetro de pulso ocupa um relevante espaço no campo da monitorização neonatal quando utilizado para detectar a tendência/grau de variação dos níveis de saturação de O₂ a partir do nascimento. As variações das SpO₂ obtidas na sala de parto e berçário, na grande maioria, guardaram uma relação temporal com o processo fisiológico e dinâmico de adaptação dos níveis de oxigenação do RN. Nos minutos iniciais da vida extrauterina os valores médios de SpO₂ são inferiores a 90%, enquanto nos minutos seguintes ocorre um aumento gradual que atinge rapidamente valores superiores a 95%. Com duas horas de vida o recém-nascido considerado normal atinge valores semelhantes aos de um indivíduo adulto.

Baseados na análise acima, é possível ponderar que, enquanto existem diferenças quantitativas nos valores de saturação encontrados pelos diferentes autores, no geral, a oximetria de pulso parece mostrar o que é consenso na fisiologia neonatal: a evidência de que ao nascer existe um grau de dessaturação que tende a normalizar nos primeiros minutos de vida (SpO₂ > 90%).

Todavia, face aos cuidados metodológicos utilizados para discriminar os dados efetivos durante o período de monitorização, acreditamos ter definido valores de referência para as variações das SpO₂ lidas pelo oxímetro de pulso para RN sadios na sala de parto e berçário (Figuras 17 e 18).

7.4- PROBLEMAS TÉCNICOS E INTERFERÊNCIAS ENCONTRADAS NOS RECÉM-NASCIDOS MONITORIZADOS NA SALA DE PARTO E BERÇÁRIO

O uso do oxímetro de pulso, a par da verificação da natureza dinâmica e transitória do processo de ajuste nos níveis de oxigenação à vida extra-uterina, evidencia as reais dificuldades da aplicação do método em recém-nascidos. Em ambas as etapas, sala de parto e berçário, de aplicação do oxímetro de pulso em recém-nascidos foram identificados restrições de ordem técnica com a versão do equipamento utilizado. Mercê da interposição de interferências geradas principalmente por movimentação espontânea ou manipulação do paciente, ambos acarretando deslocamentos do sensor, a documentação das SpO₂ nos primeiros minutos de vida ficou altamente comprometida. A redução do período de monitorização efetiva (Tabela XVI), em especial na sala de parto, ilustra bem que o critério adotado para evitar leituras espúrias diminuiu consideravelmente o número de observações. Resultados mais favoráveis puderam ser verificados no berçário, quando as condições dos RN eram estáveis. A maior parte dos neonatos do berçário tiveram período de interferência (PI) com duração inferior a 1 min (Figura 20).

Leituras de SpO₂ pouco confiáveis são risco potencial durante a utilização do oxímetro de pulso (COSTARINO et al, 1987, SEVERINGHAUS et al, 1991) e são atribuídas, principalmente, a mau posicionamento do sensor (KELLEHER & RUFF, 1989, BARKER et al, 1993), interferência luminosa ((BROOKS et al, 1984, AMAR et al, 1989) e presença de movimentos (PEABODY et al, 1986, LANGTON; HANNING, 1990). Outros fatores também relevantes foram citados anteriormente e estão ligados à condição do paciente, tais como vasoconstrição periférica e baixa perfusão. A presença de um ou mais fatores compromete a captação do sinal pulsátil e pode invalidar a interpretação dos resultados (RALSTON et al, 1991).

A captação insuficiente do sinal pulsátil, contabilizada pela somatória dos

quatro tipos de mensagens (Figura 21), pôde ser por nós comprovada, especialmente nos primeiros minutos de vida. Além da vasoconstrição periférica, presença freqüente nesta situação, somaram-se às dificuldades com colocação apropriada do sensor (mensagem de sensor fora, luz insuficiente) e fixação do mesmo (mensagem sinal fraco), invariavelmente agravadas por deslocamentos inadvertidos, manobras de aspiração das vias aéreas e interposição de dados espúrios decorrentes de interferência luminosa (mensagem = interferência luminosa). Em aproximadamente 60% das intervenções nas vias aéreas, independentemente do número e local da aspiração, houve perda de registros satisfatórios de SpO₂. A mensagem mais freqüente na sala de parto foi "interferência luminosa", seguida de "sensor fora". No berçário a única mensagem, que ultrapassou em freqüência àquela encontrada na sala de parto foi o "sinal fraco". Isto vem confirmar que a menor manipulação permitiu que o sensor se mantivesse fixo com maior facilidade e a perda do sinal certamente decorreu da discreta movimentação espontânea do neonato.

Fatores complexos envolvem a produção de interferências. LANGTON & HANNING (1990) referem que, além das diferenças entre os microprocessadores de oxímetros de marcas diversas, as características físicas do sensor, principalmente a massa e a força que exercem no local de fixação, são relevantes na gênese de medidas incorretas da SpO₂.

O problema mais conturbador no uso do oxímetro de pulso todavia deveu-se às interferências causadas pela movimentação dos RN, sendo diretamente dependente da problemática de fixação do sensor. Sensores colocados de maneira inapropriada resultam em valores alterados de SpO₂ que podem ser decorrentes de um mecanismo descrito por KELLEHER & RUFF (1989) denominado de "efeito penumbra". A movimentação do paciente pode ainda resultar tanto em batimentos cardíacos extras ou de perda na percepção periférica dos mesmos. A conseqüente detecção incorreta da pulsação leva a cálculos imprecisos da FP e dessaturações espúrias (HUCH et al, 1988, JONES et al, 1992, BARKER

qualidade, os autores ressaltam a intransferível responsabilidade do investigador cujo desempenho intelectual é capaz de interpretar os dados colheitados.

Nossos resultados corroboram as afirmações acima. A menos que se compreendam as limitações da técnica e adotem-se critérios confiáveis de colheita de dados, o oxímetro de pulso ainda não está pronto para ser utilizado indiscriminadamente como monitor único do grau de oxigenação do recém-nascido e de maneira usual nas condições especificamente críticas de atendimento ao neonato nos primeiros minutos de vida. As observações obtidas ilustram a importância de uma inspeção da aplicação do sensor em intervalos regulares para impedir que, na prática clínica, erros de interpretação coloquem o neonato em condição de risco.

7.5 - PERSPECTIVAS FUTURAS

A evolução tecnológica da oximetria de pulso parece caminhar para a oximetria de reflexão, que facilitará o emprego do método inclusive para a monitorização fetal (JOHNSON et al, 1990, JOHNSON et al, 1991). A fabricação de novos modelos de sensores, até mesmo de colocação intra-útero, procura ampliar o uso, restringir as interferências externas com a captação do sinal e a influência dos movimentos (PALVE, 1990). A oximetria de reflexão transcutânea parece encerrar outra promessa em termos de monitorização mais confiável nos casos de perfusão periférica baixa, esfriamento de extremidades e elevação da resistência vascular periférica (MENDELSON & OCHS, 1988, CUI et al, 1990, MENDELSON & MCGINN, 1991, TAKATANI et al, 1992).

Os sensores que podem ser colocados em áreas mais centralizadas do corpo (braço, tórax, fronte) talvez possam trazer o refinamento necessário para implementar o desempenho atual do oxímetro de pulso resolvendo os problemas de fixação do sensor.

Muito tem sido dito e ensaiado sobre a validade e confiabilidade das medidas realizada pelos oxímetros de pulso porém, na prática, até mesmo os bons argumentos acabam sendo pouco convincentes. Após 4 anos de experiência com o uso do oxímetro de pulso, acreditamos que a evolução do método deveria alicerçar-se sobremaneira em dois aspectos práticos que têm importância cumulativa. O primeiro é dependente da utilização clínica continuada e criteriosa do equipamento. O levantamento assíduo feito pelo usuário sobre dificuldades técnicas, sejam elas com sensores, captação do sinal em tempo real ou sobre a frequência de mensagens e alarmes falsos, discrimina aspectos relevantes nem sempre obtidos em laboratórios de experimentação e que são cruciais para a implementação do estado atual da técnica. Com base nas informações dos usuários, os fabricantes poderão introduzir recursos microprocessados que viabilizem mecanismos para a exclusão automática de dados espúrios. O segundo diz respeito à documentação judiciosa das condições clínicas e

específicas dos pacientes nos quais o instrumento é empregado. Para cada caso, o julgamento clínico do médico sobre o estado global da oxigenação do paciente será soberano no processo de validação do equipamento, como ferramenta subsidiária de avaliação dos níveis de oxigenação.

Em suma, a implementação do método dependerá fundamentalmente da experiência e documentação do corpo clínico atuante nas unidades e dos usuários do oxímetro de pulso. Protocolos específicos para a utilização do equipamento discriminarão aspectos práticos de alta relevância para os fabricantes tornarem o método de emprego mais confiável em Neonatologia.

CONCLUSÕES

8- CONCLUSÕES

Os resultados e observações obtidos na presente série estudada nas três unidades de atendimento neonatal do HCPA possibilitam que sejam atingidas as seguintes conclusões:

1ª - A análise comparativa de 45 pares de medidas de SpO₂ e SaO₂cal obtidas em RN doentes revelou boa correlação entre as leituras simultâneas ($r=0,77$).

2ª - Os valores da média das diferenças entre os valores absolutos de +3,5% com precisão de 5,6% sugerem uma tendência da SpO₂ para superestimar medidas de SaO₂cal.

3ª - A ampla margem na variação das diferenças entre as medidas impossibilita prever valores absolutos e confiáveis de SaO₂cal a partir da SpO₂.

4ª - Foram relacionados os valores das variações das saturações de oxigênio lidas pelo oxímetro de pulso (SpO₂) em neonatos sadios na sala de parto e berçário. Os valores encontrados nos primeiros dez minutos de vida logo após o parto, foram inferiores à 90% e, no berçário, de 92,7% nos primeiros 30 minutos de vida, 95,5% em 1 hora e 97% em 2 horas.

5ª - Por dificuldade de fixação do sensor e por deslocamentos devido a movimentação excessiva dos neonatos houve comprometimento da colheita de dados efetivos mormente ao nascimento. Limitações técnicas na faixa etária neonatal alertam para a importância de os profissionais adotarem critérios de seleção nas leituras de saturação de oxigênio dos oxímetros de pulso existentes em suas áreas de atuação.

6ª - Até que avanços tecnológicos sobrepujem as dificuldades apontadas neste estudo, o método oferece o risco de incorporar dados espúrios à interpretação da condição real do paciente.

ANEXOS

ANEXO I - Reprodução de Relatório Impresso da Oximetria

Identificação: RN de R.S. RG 562161/8

Pulse Oximeter - Serial Interface

: SaO2 = 099	Rate = 110	Status:	
: SaO2 = 099	Rate = 088	Status:	
: SaO2 = 100	Rate = 088	Status:	
: SaO2 = 099	Rate = 061	Status:	
: SaO2 = 097	Rate = 061	Status:	
: SaO2 = 000	Rate = 063	Status: SINAL FRACO	00 <i>Inválido (sinal fraco)</i>
: SaO2 = 000	Rate = 061	Status: SINAL FRACO	01
: SaO2 = 000	Rate = 058	Status:	<i>Inválido (SaO2 = 0)</i>
: SaO2 = 000	Rate = 092	Status:	
: SaO2 = 099	Rate = 078	Status:	
: SaO2 = 100	Rate = 039	Status: PULSO-BAIXO	<i>Alarme de pulso baixo</i>
: SaO2 = 099	Rate = 039	Status: PULSO-BAIXO	
: SaO2 = 097	Rate = 100	Status:	
: SaO2 = 090	Rate = 082	Status: SaO2-BAIXO	<i>Alarme de SaO2 baixo</i>
: SaO2 = 090	Rate = 088	Status: SaO2-BAIXO	
: SaO2 = 099	Rate = 090	Status:	
: SaO2 = 097	Rate = 100	Status:	
: SaO2 = 000	Rate = 000	Status: SENS FORA PAC	00 <i>Inválido - sensor fora</i>
: SaO2 = 100	Rate = 088	Status:	
: SaO2 = 100	Rate = 088	Status:	
: SaO2 = 000	Rate = 162	Status: INTERF LUMINOSA	00 <i>Inválido - interferência</i>
: SaO2 = 000	Rate = 162	Status: INTERF LUMINOSA	01
: SaO2 = 000	Rate = 162	Status: INTERF LUMINOSA	02
: SaO2 = 000	Rate = 162	Status: INTERF LUMINOSA	03
: SaO2 = 099	Rate = 090	Status:	
: SaO2 = 099	Rate = 090	Status:	
: SaO2 = 099	Rate = 088	Status:	
: SaO2 = 000	Rate = 000	Status: LUZ INSUFICIENTE	00 <i>Inválido - luz insuficiente</i>
: SaO2 = 000	Rate = 000	Status: LUZ INSUFICIENTE	01
: SaO2 = 100	Rate = 090	Status:	
: SaO2 = 098	Rate = 090	Status:	
: SaO2 = 097	Rate = 100	Status:	

Exemplo de relatório da impressora. Destacados os registros com mensagens de alarme ou erro. A numeração à frente da mensagem de erro constitui apontamento sequencial do número de registros com a mensagem de dado inválido até a correção.

Como em todo o relatório há um registro por segundo, é possível calcular durante monitorização impressa qual foi o tempo total de interferências e o tempo efetivo de monitorização.

ANEXO II - DADOS DOS NEONATOS AVALIADOS NA UTI

Caso Nº	Registro	Idade	Peso	IG	Apgar 1'	Apgar 5'	F _{IO₂}	pH	PaO ₂	SaO ₂	SpO ₂	DIF	PaCO ₂	HCO ₃	CO ₂
01	112401/5	1	2540	245	3	7	99	7,25	153,5	98,1	95	-3,1	53,3	29,1	25,8
02	142349/0	5	1060	210	3	8	40	7,29	95,2	96,1	99	2,9	49,2	22,7	24,2
03	232711/2	10	1200	196	5	5	25	7,37	87,7	96,3	99	2,7	42,7	23,9	25,1
03	232711/2	19	1200	196	5	5	40	7,41	88,0	97,0	97	0,0	41,4	25,3	26,5
04	315089/3	8	1170	189	2	6	99	7,50	97,9	98,1	99	0,9	22,2	16,9	16,6
05	333201/2	9	2510	273	1	4	40	7,28	69,5	88,1	97	8,9	62,2	31,5	33,6
05	333201/2	11	2510	273	1	4	43	7,30	112,8	97,9	97	-0,9	55,9	26,3	-
05	333201/2	1	2510	273	1	4	99	7,39	190,2	99,6	99	-0,6	33,0	19,5	20,5
06	349279/0	9	1020	213	6	8	80	7,21	133,8	97,6	98	0,4	40,9	15,8	17,0
07	394183/8	3	3220	298	7	8	47	7,38	81,0	95,5	97	1,5	39,0	22,4	23,6
08	411897/2	1	3950	235	1	1	25	7,41	77,2	95,3	98	2,7	35,8	22,0	23,0
09	425712/0	28	810	192	5	6	99	7,38	90,2	96,5	97	0,5	30,7	17,6	18,5
10	465060/2	14	2140	238	8	9	60	7,39	147,3	99,1	97	-2,1	27,4	15,8	16,8
11	477444/4	1	1670	197	2	7	40	7,23	108,4	96,8	97	0,2	49,2	20,0	21,4
12	481210/3	27	680	172	1	1	40	7,23	66,0	87,1	94	6,9	38,2	15,6	16,7
13	482605/3	3	2990	238	3	8	40	7,34	80,3	94,6	99	4,4	37,0	19,2	20,4
13	482605/3	2	2990	238	3	8	50	7,35	80,7	94,8	97	2,2	35,2	18,3	19,4
14	482881/0	15	690	196	1	4	35	7,26	36,8	60,0	80	20,0	51,4	22,6	24,1
15	485167/1	1	1850	243	6	3	70	7,25	56,8	83,3	95	11,7	59,6	23,4	25,1
15	485167/1	1	1850	243	6	3	60	7,20	98,7	94,9	98	3,1	37,9	12,2	13,1
16	488283/3	2	2100	231	0	9	40	7,33	87,7	95,7	98	2,3	43,6	22,4	23,7
16	488283/3	1	2100	231	0	9	50	7,31	93,5	96,1	95	-1,1	44,9	21,9	23,2
17	489909/2	2	920	189	1	5	40	7,23	91,2	94,6	95	0,4	48,4	19,6	21,8
18	493384/2	6	940	182	1	5	50	7,26	74,4	94,6	99	4,4	45,2	19,7	21,1
19	499253/3	1	1240	196	6	7	99	7,14	70,0	85,5	96	10,5	46,7	15,5	46,7
20	501147/3	15	940	196	2	8	80	7,38	61,3	89,9	90	0,1	22,8	13,1	13,8
21	505372/3	1	2150	255	8	8	40	7,33	89,0	95,9	95	-0,9	40,1	20,7	21,9
22	506335/9	2	1250	209	6	8	30	7,26	101,2	96,4	98	1,6	47,1	20,6	22,0
22	506335/9	10	1250	209	6	8	70	7,15	134,2	97,6	97	-0,6	50,2	17,1	18,6
23	506344/1	2	3790	272	4	7	40	7,28	123,2	97,9	94	-3,9	28,8	13,0	13,5
24	506350/8	3	1650	250	8	8	85	7,28	83,4	94,4	95	0,6	56,3	25,7	27,4
24	506350/8	7	1650	250	8	8	45	7,36	96,9	97,0	96	-1,0	49,0	26,6	28,0
25	509367/9	19	770	161	8	9	80	7,16	77,7	89,3	94	4,7	44,9	15,3	16,7
25	509367/9	8	770	161	8	9	25	7,33	63,9	89,7	95	5,3	43,6	21,9	23,2
25	509367/9	15	770	161	8	9	99	7,39	92,3	92,3	98	5,7	34,5	20,5	21,6
26	511941/7	1	1900	224	7	9	99	7,28	59,0	85,5	89	3,5	56,1	25,3	27,0
26	511941/7	2	1900	224	7	9	90	7,28	85,6	94,7	93	-1,7	52,4	23,9	25,4
27	513453/1	1	1150	203	8	9	25	7,23	69,3	88,8	98	9,2	48,6	19,7	21,4
28	519148/2	1	3600	286	1	2	60	7,44	103,1	98,1	99	0,9	39,6	26,0	27,2
29	522946/3	19	1740	203	9	10	60	7,35	71,0	92,7	99	6,3	31,2	16,6	17,5
29	522946/3	5	1740	203	9	10	99	7,35	71,0	92,7	99	6,3	31,2	16,6	17,5
30	522962/0	5	1560	245	5	9	40	7,27	51,7	78,9	92	13,1	34,9	15,4	16,4
31	525310/9	3	1590	217	1	3	90	7,14	47,6	66,3	90	23,7	60,5	19,7	21,5
31	525310/9	2	1590	217	1	3	80	7,34	60,2	82,4	90	7,6	52,4	19,7	21,2
32	543468/8	1	1480	215	7	9	50	7,30	68,0	90,5	90	-0,5	45,8	21,9	23,3

Os registros demarcados com quadros e com o mesmo número de ordem dizem respeito ao mesmo neonato, cujas medidas foram tomadas em diferentes oportunidades, o que totaliza 32 recém nascidos e 45 medidas
 IG = Idade Gestacional; DIF = diferença entre SpO₂ e SaO₂

ANEXO III - DADOS DOS NEONATOS AVALIADOS NO BERÇÁRIO

Caso Nº	Registro	Peso	Capurro	Apgar 1	Apgar 5	Min Vida	SpO ₂ min	SpO ₂ med	SpO ₂ max	Freq min	Freq med	Freq max
1	259760/7	4190	280	8	9	60	93,40	96,55	99,00	83,80	117,82	139,10
2	510089/6	2730	283	9	9	120	90,90	95,34	98,10	104,00	121,59	134,80
3	535284/4	3650	283	9	10	79	93,80	96,02	97,70	82,90	107,94	127,90
4	535340/4	2580	260	9	9	10	94,30	96,41	97,80	71,60	106,21	142,60
5	535342/0	3700	260	9	10	73	96,78	98,50	99,78	114,44	142,95	163,89
6	513132/1	3000	283	9	9	46	91,83	94,82	97,67	49,67	74,49	106,83
7	535693/6	3330	270	9	9	116	95,13	96,48	97,75	79,63	115,79	142,63
8	254269/4	4000	283	10	10	99	95,40	97,45	98,90	88,30	121,74	143,20
9	522589/1	2870	273	8	9	46	89,40	93,85	95,60	72,20	91,32	112,60
10	528419/5	3660	283	9	9	19	89,22	91,61	93,56	67,56	100,03	134,44
11	505760/9	2690	283	9	9	13	87,00	88,41	90,44	74,56	89,83	113,33
12	532554/3	2920	288	8	9	38	88,40	92,27	95,30	64,70	106,70	135,20
13	145346/3	2840	283	8	9	40	95,71	97,14	98,71	88,86	104,73	115,29
14	476803/2	2940	292	8	9	10	92,60	94,69	96,70	64,40	95,00	109,40
15	535306/5	3070	275	9	10	45	86,50	89,62	91,00	58,00	73,68	102,75
16	365235/1	4040	293	9	10	51	96,56	98,22	99,78	123,11	143,78	162,44
17	521424/2	3500	280	9	10	120	95,30	97,67	98,90	110,30	122,12	132,80
18	537521/7	2700	280	9	9	69	86,20	89,57	92,80	56,80	81,65	111,40
19	353843/6	3210	288	9	9	89	91,20	94,03	97,20	75,20	104,79	129,90
20	498739/2	3550	293	8	9	62	93,80	95,56	97,80	74,70	105,30	137,90
21	176216/0	3300	280	3	7	51	92,10	94,77	96,70	53,90	80,17	118,70
22	397668/0	2930	273	9	10	85	91,30	94,39	96,20	80,10	112,99	146,30
23	542097/1	3520	275	9	10	97	91,90	96,97	99,80	70,50	90,84	110,40
24	540258/1	4540	292	9	9	92	96,80	98,18	99,20	100,70	131,28	146,70
25	540238/3	3150	259	9	9	54	94,40	96,01	97,40	81,30	109,71	134,10
26	360310/7	3430	273	9	9	74	96,56	97,83	98,44	120,11	133,80	138,33
27	537211/5	3020	280	9	10	93	94,00	96,62	98,80	63,60	94,77	131,00
28	539182/6	3660	275	7	9	10	88,30	90,96	93,10	56,30	77,13	104,10
29	479013/5	3330	283	9	9	61	96,20	98,08	100,00	80,10	113,82	142,80
30	526476/7	2710	278	9	10	51	95,40	98,56	99,90	94,90	125,92	149,20
31	526452/8	3620	283	9	10	69	95,57	98,06	100,00	88,71	108,96	134,14
32	485153/1	3450	288	8	9	105	96,40	98,21	99,50	109,80	125,59	138,40
33	530680/8	3500	270	10	10	103	92,80	96,94	98,90	72,10	92,53	116,80
34	526443/7	2130	278	10	10	49	91,11	93,33	96,67	85,22	105,24	127,22
35	507492/7	3710	285	8	9	108	93,80	96,13	99,10	76,10	111,04	137,50
36	544262/9	3200	283	8	9	96	91,50	94,97	97,80	70,10	89,67	116,80
37	531943/0	3000	275	9	9	60	94,90	98,69	100,00	110,50	133,12	145,80
38	542917/0	3380	280	9	9	31	93,90	96,38	98,50	62,30	87,26	105,60
39	455128/9	4500	273	9	9	35	95,10	96,65	97,60	92,30	130,59	165,10
40	212076/4	2910	278	7	8	47	98,50	99,42	99,90	103,20	128,04	141,00
41	545966/5	2510	280	9	9	53	92,11	96,40	99,22	65,67	103,30	142,78
42	428648/0	3490	288	9	9	77	96,10	98,23	99,10	57,20	88,54	118,20
43	452352/8	2570	283	9	9	89	99,90	99,99	100,00	107,20	124,17	136,00
44	210982/5	3250	263	8	9	88	97,44	98,87	100,00	90,56	108,88	139,89
45	545969/8	3380	283	8	9	89	99,10	99,95	100,00	114,90	131,56	142,40
46	098556/4	3000	280	8	9	55	97,20	98,66	99,70	122,50	139,93	153,70
47	144411/0	3470	275	10	10	58	93,75	97,30	100,00	88,25	122,65	153,75
48	396151/3	3810	288	9	9	45	97,20	98,55	100,00	95,60	130,51	153,20
49	276210/1	2400	278	7	9	78	97,00	98,79	99,70	114,20	131,09	140,60
50	472431/6	3500	273	8	9	56	94,10	96,92	98,70	58,70	83,08	112,30
51	084711/1	3010	275	9	9	15	89,70	94,14	97,70	75,40	103,08	130,20
52	529744/5	2910	283	9	10	64	98,60	99,54	100,00	107,10	137,96	155,80
53	464867/1	2870	275	6	8	69	96,60	98,49	99,60	91,10	117,77	130,70
54	520264/9	3350	270	9	9	66	91,10	96,91	99,00	75,10	121,60	157,60
55	533070/9	3120	272	9	9	37	88,90	90,53	92,30	58,40	77,25	99,70
56	015309/8	3510	293	9	9	57	93,50	95,17	97,30	64,10	98,67	135,20
57	546817/8	2500	268	9	10	78	95,80	97,52	98,80	88,10	109,32	124,20

Min Vida = idade em minutos no momento da monitorização. Os dados de SpO₂ min (mínima), med (média) e max (máxima), e Freq min, med e max foram calculados a partir das médias de cada minuto de observação.

ANEXO IV - DADOS DOS NEONATOS AVALIADOS NA SALA DE PARTO

Caso Nº	Registro	Peso	Capurro	Apgar 1	Apgar 5	Seg Vida	SpO2min	SpO2med	SpO2max	Freq min	Freq med	Freq max
1	196534/2	3010	283	8	9	180	75,00	77,74	80,50	57,50	69,61	100,50
2	248377/4	3830	278	8	9	56	81,75	86,26	90,25	71,50	106,88	135,25
3	253149/9	3940	296	6	9	180	77,00	84,36	89,00	50,00	72,90	107,50
4	351119/3	3900	278	8	9	70	80,67	83,33	89,00	76,33	105,12	149,67
5	422628/8	3260	285	8	8	92	80,67	88,09	94,00	53,00	84,19	137,00
6	443721/6	3550	282	9	9	140	71,00	77,04	83,25	66,50	84,29	100,50
7	520040/7	3980	280	9	9	75	80,50	86,16	91,67	44,50	78,96	114,83
8	477523/5	4100	293	8	9	75	70,33	80,08	93,00	68,83	103,05	143,00
9	483749/8	3310	280	9	9	120	82,33	89,60	94,33	54,67	76,81	105,33
10	489911/8	3950	267	3	7	120	65,00	75,59	84,50	65,00	124,33	175,00
11	557574/1	3420	275	8	10	43	82,17	87,97	93,83	62,67	92,44	138,17
12	562146/1	3700	283	9	9	30	84,67	89,96	93,67	57,33	81,61	114,33
13	562161/0	2810	270	9	10	30	92,14	95,80	96,57	106,86	134,70	145,29
14	563516/4	2420	253	9	9	60	84,00	86,17	88,63	59,50	92,66	129,00
15	564700/3	3350	273	9	9	60	65,75	88,84	98,50	68,00	98,92	153,00
16	569975/6	3350	283	9	9	33	85,00	86,63	91,25	65,00	96,44	132,00
17	567904/8	3850	293	9	9	120	66,67	76,80	83,83	63,17	87,39	133,50
18	568509/4	3500	283	9	9	60	85,75	88,35	90,00	62,00	92,94	123,25
19	569073/3	3350	273	9	10	130	79,25	84,11	89,50	86,25	122,72	180,00
20	569974/9	2800	245	8	10	89	80,20	85,39	91,20	59,80	87,82	130,00
21	077278/0	1730	226	9	9	50	65,00	74,13	85,67	54,67	103,32	134,33
22	207324/5	4220	288	9	10	32	84,25	87,16	91,00	54,50	78,96	101,25
23	296879/0	4430	291	10	10	50	78,80	82,10	87,20	93,20	121,20	148,40
24	330421/9	3290	289	9	10	51	76,29	80,44	84,14	73,14	111,36	141,29
25	467499/0	3740	283	7	9	60	84,20	87,05	90,20	89,60	121,70	144,80
26	463172/7	3390	278	9	10	30	83,60	89,69	92,60	63,80	90,57	139,40
27	474914/9	3720	276	8	9	60	79,00	84,28	88,00	85,25	119,24	158,00
28	507185/7	3280	283	9	9	22	85,67	90,57	95,67	57,67	88,32	122,67
29	519198/6	3400	273	8	7	120	81,00	83,14	87,17	63,00	94,32	124,67
30	569644/8	2720	274	9	9	40	87,75	91,02	94,38	54,13	83,25	124,63
31	532067/6	2730	273	5	9	30	84,67	86,59	89,67	84,00	125,34	170,17
32	565688/9	2520	238	3	9	85	79,67	84,15	89,17	71,17	126,56	178,50
33	562115/6	2900	289	7	9	24	83,25	88,19	91,75	61,00	100,47	140,50
34	564563/5	2820	293	9	10	82	89,00	91,59	94,71	80,71	117,88	158,43
35	569908/7	2600	288	9	9	110	75,50	85,16	92,25	60,00	75,39	104,75
36	569914/5	3550	275	9	9	59	87,00	89,67	92,00	72,40	106,65	142,40
37	569915/2	3770	283	9	9	42	83,00	86,68	90,71	72,29	104,03	141,57
38	569953/3	2960	289	8	9	42	78,13	81,70	84,38	53,75	80,77	107,38
39	569954/1	3360	268	8	9	30	79,00	83,14	89,20	54,00	79,00	115,40
40	569962/4	2780	270	9	10	60	89,00	92,67	96,25	69,25	89,32	127,75
41	464893/7	3790	259	8	10	54	81,50	84,48	89,33	64,67	85,62	115,83
42	507496/8	3600	273	9	9	60	82,25	86,60	91,75	59,13	90,79	129,13
43	564486/9	970	213	7	8	90	67,00	77,19	84,67	64,33	82,98	122,33
44	565705/1	4050	293	7	9	130	82,00	85,39	90,00	64,67	106,65	148,00
45	569971/5	3390	266	2	6	130	80,00	83,19	85,67	108,67	134,22	148,67

Seg Vida = idade em segundos no momento da monitorização. Os dados de SpO2 min (mínima), med (média) e max (máxima); e Freq min, med e max foram calculados a partir das médias de cada minuto de observação.

ANEXO V - DADOS DE SpO₂ e FREQUÊNCIA CARDÍACA, MINUTO A MINUTO, DOS NEONATOS AVALIADOS NA SALA DE PARTO, COM SEPARAÇÃO DOS RECÉM NASCIDOS SADIOS E DOENTES.

RECÉM NASCIDOS SADIOS

Caso Nº	sp1	f1	sp2	f2	sp3	f3	sp4	f4	sp5	f5	sp6	f6	sp7	f7	sp8	f8	sp9	f9	sp10	f10
01							78,48	66,13	77,00	73,08										
22											86,40	54,22	87,27	56,98	87,50	81,68	87,48	122,97		
02							82,13	109,22			85,62	69,43	89,38	108,17	87,92	140,70				
03							86,93	63,40	84,17	89,73							85,22	69,80	81,13	68,67
23					87,02	121,55	79,48	97,77	82,03	120,63	83,13	119,58			78,83	146,45				
24							74,62	100,87	75,00	87,28	81,58	113,55	83,05	117,92	79,95	110,93	84,12	124,93	84,73	124,02
04					83,03	98,80	84,47	120,03	82,50	96,52										
05															91,72	87,23	84,38	84,58	88,17	80,75
06					78,70	74,10	78,17	90,45	74,22	79,38	77,05	93,23								
07			95,60	93,02	92,12	82,90	90,43	98,17	83,78	85,32	76,83	72,42	78,23	41,95						
26	89,75	119,85			85,03	92,82			90,32	93,13	89,50	83,60	88,83	63,43						
41							85,22	96,93			84,13	63,40	80,92	69,28	78,62	36,15	88,00	108,00	90,00	139,95
25									87,52	122,65	84,00	88,85			89,08	118,65	87,42	122,30	87,23	156,03
27			87,20	80,80	85,63	128,58	83,03	159,52			81,25	108,07								
08			76,63	103,85	81,92	59,63					82,98	101,15	78,45	115,47	88,87	101,90	95,60	136,27		
09									84,60	66,07	85,33	81,77	98,87	82,58						
10											70,52	105,43	80,65	143,22						
28					87,83	76,82									91,58	90,83			92,30	97,30
42			86,15	98,18	83,53	74,25	87,03	76,10	85,70	92,80	86,80	73,98	89,82	125,37	89,50	86,87	84,27	98,75		
29							85,13	126,43	83,10	88,93	85,25	89,33			85,80	92,63	79,70	69,48	79,88	99,12
31	80,87	94,15	85,45	140,40	86,18	135,15	89,08	124,47	87,42	113,58	90,55	144,28								
11			88,40	72,45	88,18	88,60			89,13	60,70			89,70	129,33	89,13	112,10	83,28	91,45		
33					88,65	94,30									81,82	79,87	87,37	119,93	94,90	107,77
12			81,15	65,58	89,95	90,50			89,73	79,22					91,10	96,82	95,27	85,28	92,53	72,25
13					94,67	86,20	98,17	149,98	96,75	154,27	98,73	153,03	96,70	154,35	98,03	149,98	87,53	95,10		
14					84,50	83,85	81,68	64,50	85,70	96,08	85,22	141,03	86,90	115,40	89,20	86,25	90,77	88,65	85,38	65,50
34							84,22	96,58	87,97	136,27	88,22	96,05	95,30	125,90	97,37	143,65	94,05	98,73	94,03	127,97
15									77,03	61,87					88,78	96,50	94,13	111,62	95,42	125,67
17							84,97	91,55	64,12	77,43	67,75	63,07	85,52	107,18	79,72	90,85	78,72	94,23		
18							87,92	136,77			90,02	119,35	87,68	72,45			87,78	43,20		
19							87,43	92,33	80,37	124,80	76,58	173,92	92,07	99,83						
30			79,10	74,50	83,98	76,97	89,47	75,20	95,67	97,23	95,57	68,37	94,73	86,32			94,08	80,25	95,58	107,18
35					82,02	50,57	81,00	84,37					92,33	94,55			85,30	72,05		
36									88,70	84,08	89,72	73,67	88,35	120,37	89,57	143,80	92,00	111,33		
37					82,65	87,48			80,37	111,53	84,68	93,70	86,00	74,03	88,72	103,67	91,77	128,90	92,55	128,87
38			80,15	83,17	78,87	71,98	79,25	66,63	83,28	70,05	88,73	59,82	84,37	112,45	78,93	104,92			80,00	77,15
39			84,08	79,90	78,25	111,30					83,02	76,18			84,53	74,93	85,83	52,67		
40			98,17	110,98							94,57	87,08			90,08	78,25	87,87	80,95		
20							88,32	55,98			89,37	79,82			80,73	116,18	81,97	115,92	86,55	71,20
16											89,33	77,60			85,13	91,93	84,45	117,32	87,60	98,92
med	85,31	107,00	85,64	91,17	85,14	89,32	84,64	97,54	83,85	94,51	85,08	94,17	87,96	100,75	87,01	102,45	87,63	97,10	88,70	102,84
DP	6,28	18,17	6,66	21,47	4,35	21,56	5,09	28,22	6,98	23,72	6,71	29,36	5,68	29,22	5,36	26,57	4,67	24,01	5,30	27,65
n	2,00	2,00	11,00	11,00	20,00	20,00	23,00	23,00	25,00	25,00	30,00	30,00	22,00	22,00	26,00	26,00	26,00	26,00	17,00	17,00

sp 1..10 = SpO₂ média por um minuto, do 1º ao 10º minuto de observação; f1..10 = frequência de pulso média por minuto, do 1º ao 10º minuto de observação de cada neonato.
 Caso N° = número de ordem do caso; med = média; DP = desvio padrão; n = número de neonatos observados

...continuação do ANEXO V

RECÉM NASCIDOS DOENTES

Caso Nº	sp1	f1	sp2	f2	sp3	f3	sp4	f4	sp5	f5	sp6	f6	sp7	f7	sp8	f8	sp9	f9	sp10	f10
21					74,27	97,38	69,18	98,20			78,93	114,37								
32					85,08	116,05			83,75	75,52	82,82	133,25	87,33	92,82	79,62	186,80	86,32	154,90		
43					72,33	85,95	79,23	87,97	80,00	75,03										
44															91,35	79,68	83,38	104,08	81,43	136,18
45			85,27	127,48	84,55	140,20			79,75	134,98										
med	0,00	0,00	85,27	127,48	79,06	109,90	74,21	93,09	81,17	95,18	80,88	123,81	87,33	92,82	85,49	133,24	84,85	129,49	81,43	136,18
DP	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	23,71	7,11	7,23	2,24	34,47	2,75	13,35	0,00	0,00	8,29	75,75	2,08	35,94	0,00	0,00
n	0,00	0,00	1,00	1,00	4,00	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00

sp 1..10 = SpO2 média por um minuto, do 1º ao 10º minuto de observação; f1..10 = frequência de pulso média por minuto, do 1º ao 10º minuto de observação de cada neonato.
 Caso Nº = número de ordem do caso; med = média; DP = desvio padrão; n = número de neonatos observados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, N.B. - Diseases of adaptation. In: KIRBY RR, TAYLOR RW. **Respiratory failure**. Chicago, Year book medical publishers, 1986. 75-90p
- ADENI, S. & VIDYASAGAR, D. - Transcutaneous oxygen monitoring in neonates. **Indian J. Pediatr.**, 57: 47-52, 1990.
- ALBERSTEIM, S.G.; SOLIMANO, A.J.; SMYTH, J.A.; GUNAWARDENE, N.R.; LOCKITCH, G.; PUTERMAN, M.L. - Pulse oximetry in the early neonatal period. **Clin. Res.**, 35: 230, 1987. [abstrat]
- ALEXANDER, C.M.; TELLER, L.E.; GROSS, J.B. - Principles of Pulse Oximetry. **Anesth. Analg.**, 68: 368-76, 1989.
- AMAR, D.; NEIDZWSKI, J.; WALD, A.; FINCK, A.D. - Fluorescent light interferes with Pulse Oximetry. **J. Clin. Monit.**, 5: 135-36, 1989.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN. Use and abuse of the Apgar score. **Pediatrics**, 78: 1148-49, 1986.
- AMERICAN ACADEMY OF RESPIRATORY CARE (AARC) CARDIOPULMONARY DIAGNOSTICS GUIDELINES COMMITTEE Clinical practice guideline - Pulse oximetry. **Respiratory Care**, 36: 1406-9, 1991.
- AMERICAN ACADEMY OF RESPIRATORY CARE (AARC) - CARDIOPULMONARY DIAGNOSTICS GUIDELINES COMMITTEE: Clinical practice guideline - Sampling for arterial blood gas analysis. **Respiratory Care**, 37: 913-17, 1992.
- AMERICAN ACADEMY OF RESPIRATORY CARE (AARC) CARDIOPULMONARY DIAGNOSTICS GUIDELINES COMMITTEE. Clinical Practice Guideline - In-Vitro pH and blood gas analysis and hemoximetry. **Respiratory Care**, 38: 505-10, 1993.
- ANDERSON, J.V. - The accuracy of pulse oximetry in neonates: Effects of fetal hemoglobin and bilirubin. **J. Perinatol.**, 7: 323, 1986.
- APGAR, V. - A proposal for new method of evaluation of the newborn infant. **Anesth. Analg.**, 32: 260-68, 1953.
- ARENSON-PANDIKOW, H.M.; BORTOLOMIOL, F.; DUARTE, G.S.; VOTTO, L.G.R.; PASSOS, L.C.; MAYA, P.C.; MANTOVANI, R. - Avaliação do oxímetro de pulso em anestesia e unidade de tratamento intensivo. In: Congresso Brasileiro de Anestesiologia, XXXVIII, Porto Alegre, 1991. Temas Livres. **Rev. Bras. Anestesia**, Supl 41, 1991.
- BAECKERT, P.; BUCHER, H.U.; FALLENSTEIN, F.; FANCONI, S.; HUCH, R.; DUC, G. - 35, Is pulse oximetry reliable in detecting hyperoxemia in the neonate? **Adv. Exp. Med. Biol.**, 165-69, 1986.
- BARKER, S.J. & TREMPER, K.K. - Pulse oximetry: Applications and limitations. **Int. Anesthesiol. Clin.**, 25: 155-75, 1987.

- BARKER, S.J.; TREMPER, K.K.; HYATT, J. - Effects of methemoglobinemia on pulse oximetry. **Anesthesiology**, 70: 112-17, 1989.
- BARKER, S.J.; HYATT, J.; SHAH, N.K.; KAO, J. - The effect of sensor malpositioning on pulse oximeter accuracy during hypoxemia. **Anesthesiology**, 79: 248-54, 1993.
- BARRINGTON, K.J.; FINER, N.N.; RYAN, C.A. - Evaluation of pulse oximetry as a continuous monitoring technique in the neonatal intensive care unit. **Crit. Care Med.**, 16: 1147-53, 1988.
- BATTAGLIA, F.C. & LUBCHENCO, L.O. - A practical classification of newborn infants by weight and gestacional age. **J. Pediatr.**, 71: 159-63, 1967.
- BEALL, S.N. & MOORTHY, S.S. - Jaundice, oximetry, and spurious hemoglobin desaturation. **Anesth. Analg.**, 806-7, 1989. [letter]
- BHAT, R.; DIAZ-BLANCO, J.; CHAUDHRY, U.; VIDYASAGAR, D. - Recent instrumentation. **Pediatr. Clin. North Am.**, 33: 503-20, 1986.
- BLAND, J.M. & ALTMAN, D.G. - Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, 307-10, 1986.
- BONICA, J.J. - **Obstetric analgesia and anesthesia**. 2^aed. Amsterdam, World Federation of Societies of Anaesthesiologists, 1980.
- BOXER, R.A.; GOTTESFELD, I.; SINGH, S.; LACORTE, M.A.; PARNELL, V.A.; WALKER, P. - Noninvasive pulse oximetry in children with cyanotic congenital heart disease. **Crit. Care Med.**, 15: 1062-64, 1987.
- BROOKS, T.D.; PAULUS, D.A.; WINKLE, W.E. - Infrared heat lamps interfere with pulse oximeters. **Anesthesiology**, 61: 630, 1984. [letter]
- BRODSKY, J.B. - Oxygen Monitorin in the Operating Room. **Seminars in Anesthesia**, V: 180-87, 1986.
- BUCHER, H.U.; FANCONI, S.; BAECKERT, P.; DUC, G. - Hyperoxemia in newborn infants: detection by pulse oximetry. **Pediatrics**, 84: 226-30, 1989.
- CAHAN, C.; DECKER, M.J.; HOEKJE, P.L.; STROHL, K.P. - Agreement between noninvasive oximetric values for oxygen saturation. **Chest**, 97: 814-19, 1990.
- CATLIN, E.A.; CARPENTER, M.W.; BRANN, B.S.; MAYFIELD, S.R.; SHAUL, P.W.; GOLDSTEIN, M.; OH, W. - THE Apgar Score revisited: influence of gestacional age. **J. Pediatr.**, 109: 865-68, 1986.
- CAVALCANTI, F.S. - **Suplementação de oxigênio à parturiente. Repercussão dessa suplementação sobre o estado ácido-básico da mãe e do recém-nato**. Campinas, 1991. [Tese -Doutorado - Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP]

- CHELLURI, L.; SNYDER, J.V.; BIRD, J.R. - Accuracy of pulse oximetry in patients with hyperbilirubinemia. *Respiratory Care*, 36: 1383-86, 1991.
- CHEN, L. & MARSHALL, B.E. - The diagnosis and management of perioperative hypoxemia
In: Barash PG. **Refresher Courses in Anesthesiology** - The American Society of Anesthesiologists (ASA). Philadelphia, J B Lippincott, 1988. 41-57p
- CHOE, H.; TASHIRO, C.; FUKUMITSU, K.; YAGI, M.; YOSHIYA, I. - Comparison of recorded values from six pulse oximeters. *Crit. Care Med.*, 17: 678-81, 1989.
- CLARK, J.S.; VOTTERI, B.; ARIAGNO, R.L., ET AL. - Noninvasive assessment of blood gases. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 145: 220-32, 1992.
- CLAYTON, D.G.; WEBB, R.K.; RALSTON, A.C.; DUTHIE, D.; RUNCIMAN, W.B. - A comparison of the performance of 20 pulse oximeters under conditions of poor perfusion. *Anaesthesia*, 46: 3-10, 1991.
- COCHRAN, W.D.; DAVIS, H.T.; SMITH, C.A. - Advantages and complications of umbilical artery catheterization in the newborn. *Pediatrics*, 42: 769-77, 1968.
- COHEN, S.E. - Avaliação do neonato. In: Shnider SM, **Anestesia em Obstétrica**. São Paulo, Manole, 1981. 368-84p.
- COMROE, J.H.JR. & BOTELHO, S. - The unreliability of cyanosis in the recognition of arterial anoxemia. *Am. J. Med. Sci*, 214: 1-6, 1947.
- COMROE, J.H. - The transport of oxygen by blood. In: ----- **Physiology of Respiration**, 2^a ed. Chicago, Year Book Medical Publishers Inc, 1974. 183-96p
- CORNELISSEN, P.J.H.; WOENSEL, C.L.M.; OEL, W.C.; JONG, P.A. - Correction factors for hemoglobin derivatives in fetal blood, as measured with the IL 282 CO-oximeter. *Clin. Chem.*, 29: 1555-56, 1983.
- CORTES, R.E.R.; SUAREZ, F.P.N.; LOPES, H.A.C.; MIRANDA, J.J.D. - Oximetria de pulso en pacientes pediátricos graves: comparación con la gasometria arterial. *Acta pediátrica de México*, 9: 77-81, 1988.
- COSTA, S.M. & RAMOS, J.G. - Gestação de alto risco. In: MIURA E. **Neonatologia, princípios e prática**. 1^a ed. Porto Alegre, Artes Médicas Sul, 1991. 8-11p
- COSTARINO, A.T.; DAVIS, D.A.; KEON, T.P. - Falsely normal saturation reading with the pulse oximeter. *Anesthesiology*, 67: 830-31, 1987.
- CRAFT, T.M.; LAWSON, R.A.; YOUNG, J.D. - Finger blood content, light transmission, and pulse oximetry errors. *Anaesthesia*, 47: 52-53, 1992. [letter]
- CRAWFORD, J.S.; DAVIES, P.; PEARSON, J.F. - Significance of the individual components of the Apgar score. *Br. J. Anaesth.*, 45: 148-58, 1973.

- CRONE, R.K. - Objectives and special aspects of pediatric intensive care. In: HERSHEY SG. **Pediatric Intensive care**, Refresher courses in anesthesiology - The American Society of Anesthesiologists (ASA). Philadelphia, J. B. Lippincott, 1981. 21-34p
- CUI, W.; OSTRANDER, L.E.; LEE, B.Y. - In vivo reflectance of blood and tissue as a function of light wavelength. **IEEE. Trans. Biomed. Eng.**, 37: 632-39, 1990.
- CUNNINGHAM, M.D.; SHOOK, L.A.; TOMAZIC, T. - Clinical experience with pulse oximetry in managing oxygen therapy in neonatal intensive care. **J. Perinatol.**, 7: 333-35, 1987.
- DANTZKER, D.R. - Oxygen Transport and Utilization. **Respiratory Care**, 33: 874-80, 1988.
- DAWES, G.S.; JACOBSON, H.N.; MOTT, J.C.; SHELLEY, H.J. - Some observations on foetal and newborn rhesus monkeys. **J. Physiol.**, 152: 271-98, 1960.
- DEAR, P.R.F. - Monitoring oxygen in the newborn: Saturation or partial pressure. **Arch. Dis. Child.**, 62: 879-81, 1987.
- DECKARDT, R. & STEWARD, D.J. - Noninvasive arterial hemoglobin oxygen saturation versus transcutaneous oxygen tension monitoring in the preterm infant. **Crit. Care Med.**, 12: 935-39, 1984.
- DELIMA, L.G.R. & WYNANDS, J.E. - Oxygen transport. **Can. J. Anaesth.**, 40: R81-R86, 1993.
- DELIVORIA-PAPADOPOULOS, M.; RONCEVIC, N.P.; OSKI, F.A. - Postnatal changes in oxygen transport of term, premature, and sick infants: The role of red Cell 2,3-diphosphoglycerate and adult hemoglobin. **Pediatr. Res.**, 5: 235-45, 1971.
- DENJEAN, A.; BRIDEY, F.; PRAUD, J.P.; MAGNY, J.F.; DEHAN, M.; GAULTIER, C.L. - Accuracy of measurements of HbF with OSM3 in neonates and infants. **Eur. Respir. J.**, 5: 105-7, 1992.
- DEPPE, S.A. - Co-oximetry and its applications in critical care medicine. **Problems in critical care - Oxygen monitoring**, 5: 82-90, 1991
- DUC, G. - Assessment of Hypoxia in the newborn suggestions for a practical approach. **Pediatrics**, 48: 469-81, 1971.
- DUCEY, J.P. & HARRIS, S. - Landmarks in the development of blood oxygen monitoring. **Problems in Crit. Care Med.**, 5: 1-20, 1991.
- DURAND, M. & RAMANATHAN, R. - Pulse oximetry for continuous oxygen monitoring in sick newborn infants. **J. Pediatr.**, 109: 1052-55, 1986.
- DURBIN, G.M. - Reasons for monitoring arterial oxygen in the neonate. In: Payne JP, Hill DW. **Oxygen measurements in biology and medicine**. London, ButterWorths, 1975. 259-268p.

- DZIEDZIC, K. & VIDYASAGAR, D. - Pulse oximetry in neonatal intensive care. **Clin. Perinatol.**, 16: 177-97, 1989.
- EHRHARDT, B.S. & GRAHAM, M. - Pulse Oximetry: An easy way to check oxygen saturation. **Nursing**, 50-4, 1990.
- EISENKRAFT, J.B. - Carboxyhemoglobin and pulse oximetry. **Anesthesiology**, 68: 300-1, 1988a. [letter]
- EISENKRAFT, J.B. - Pulse oximeter desaturation due to methemoglobinemia. **Anesthesiology**, 68: 279-82, 1988b. [letter]
- EMERY, J.R. - Skin pigmentation as an influence on the accuracy of pulse oximetry. **J. Perinatol.**, 7: 329-30, 1989.
- ERGANDER, U.; ERICKSSON, M.; ZETTERSTRÖM, R. - Severe neonatal asphyxia. Incidence and prediction of outcome in the Stockholm area. **Acta. Paediatr. Scand.**, 72: 321-25, 1983.
- ESCOBAR, P. & BRYAN-BROWN, C.W. - Oxygenation and blood flow. **Anesthesiology clinics of North America**, 9: 219-27, 1991.
- FALCONER, R.J. & ROBINSON, B.J. - Comparison of pulse oximeters: accuracy at low arterial pressure in volunteers. **Br. J. Anaesth.**, 65: 552-57, 1990.
- FANCONI, S.; DOHERTY, P.; EDMONDS, J.F.; BARKER, G.A.; BOHN, D.J. - Pulse oximetry in pediatric intensive care: comparison with measured saturations and transcutaneous oxygen tension. **J. Pediatr.**, 107: 362-66, 1985.
- FANCONI, S. - Pulse oximetry for hypoxemia: A warning to users and manufactures. **Intensive Care Med.**, 15: 540-42, 1989.
- FELIX, E.A.; ARENSON-PANDIKOW, H.M.; SELIGMAN, R.; VOTTO, L.G.R.; CARLOS, J.R.C.B.; SOUTO, A.S.; PASSOS, L.C.; BORTOLOMIOL, F. - Avaliação do oxímetro de pulso em unidade de tratamento intensivo neonatal. In: Congresso Brasileiro de Anestesiologia, XXXVIII, Porto Alegre, 1991. Temas Livres. Rev. Bras. Anestesia Supl 41, 1991.
- FENNER, A.; MÜLLER, R.; BUSSE, H.G.; JUNGUE, M.; WOLFSDORF, J. - Transcutaneous determination of arterial oxygen tension. **Pediatrics**, 55: 224-31, 1975.
- FIELDS, L.M.; ENTMAN, S.S.; BOEHM, F.H. - Correlation of the one-minute apgar score and the pH value of umbilical arterial blood. **South. Med. J.**, 76: 1477-79, 1983.
- FIORI, R.M. & SILVA, L.B. - Problemas respiratórios do recém-nascido. **Jornal de Pediatria**, 56: 225-41, 1984.
- FLETCHER, R.H.; FLETCHER, S.W.; WAGNER, E.H. - Anormalidade. In:-----, **Epidemiologia Clínica**. 2ªed. Porto Alegre, Artes Médicas, 1991. 41-67p

- FLYNN, J.T.; BANCALARI, E.; SNYDER, E.S., ET AL. - A cohort study of transcutaneous oxygen tension and the incidence and severity of retinopathy of prematurity. **N. Engl. J. Med.**, 326: 1050-80, 1992.
- FUNAYAMA, C.A.R.; GONÇALVES, A.L.; RIBEIRO, M.V.L.M. - Encefalopatia hipóxico-isquêmica (EHI) Perinatal-Aspectos epidemiológicos. **Jornal de Pediatria**, 67: 371-74, 1991.
- GILBOY, N.S. & MCGAFFIGAN, P.A. - Noninvasive monitoring of oxygenation with pulse oximetry. **Journal of Emergency Nursing**, 15: 26-31, 1989.
- GILSTRAP, L.C.; LEVENO, K.J.; BURRIS, J.; WILLIAMS, M.L.; LITTLE, B.B. - Diagnosis of birth asphyxia on the basis of fetal pH, apgar score, and newborn cerebral dysfunction. **Am. J. Obstet. Gynecol.**, 161: 825-30, 1989.
- GODOY, R.R.; SOTO, J.A.S.; RODRIGUEZ, O.; PEREZ, P.G.; BORGES, R.; CARDENAS, C.O. - Evaluacion de un metodo no invasivo en la determinacion de saturacion de oxigeno, en recién nacidos. **Cuad Esc Salud publica**, 50: 69-74, 1987.
- GODOY, R.R.; SOTO, J.; BORGES, R.; RODRIGUEZ, O.; PEREZ, P. - Oximetría de pulso neonatal, una nueva alternativa. **Cuad Esc Salud publica**, 54: 81-95, 1989.
- GOLDEN, S.M. - Skin Craters - A complication of transcutaneous oxygen monitoring. **Pediatrics**, 67: 514-16, 1981.
- GOLDENBERG, R.L.; HUDDLESTON, J.F.; NELSON, K.G. - APGAR Scores and Umbilical Arterial pH in Preterm newborn Infants. **Am. J. Obstet. Gynecol.**, 149: 651-54, 1984.
- GRAVENSTEIN, J.S. - About hemoglobin saturation measurements. In: ----- **Gas Monitoring and pulse oximetry**. Boston, Butter Worth-Heinemann, 1990. 129-37p
- GREGORY, G.A. - Resuscitation of the newborn. In: Barash PG. **Refresher courses in anesthesiology** - The American Society of Anesthesiologists (ASA). Philadelphia, J.B.Lippincott, 1988. 99-111p
- GUNTER, J.B. - A buccal sensor for measuring arterial oxygen saturation. **Anesth. Analg.**, 69: 417-18, 1989. [letter]
- HARBOLD, L.A. - A protocol for neonatal use of pulse oximetry. **Neonatal network**, 8: 41-57, 1989.
- HARRIS, A.P.; SENDAK, M.J.; DONHAM, R.T. - Changes in arterial oxygen saturation immediately after birth in the human neonate. **J. Pediatr.**, 109: 117-19, 1986.
- HAY, W.W. - Physiology of oxygenation and its relation to pulse oximetry in neonates. **J. Perinatol.**, 7: 309-19, 1987a.

- HAY, W.W.JR. - The uses, benefits, and limitations of pulse oximetry in neonatal medicine: Consensus on Key issues. **J. Perinatol.**, 7: 347-49, 1987b.
- HAY, W.W.; BROCKWAY, J.M.; EYZAGUIRRE, M. - Neonatal pulse oximetry: Accuracy and reliability. **Pediatrics**, 83: 717-22, 1989.
- HAY, W.W.; THILO, E.; CURLANDER, J.B. - Pulse oximetry in neonatal medicine. In: Yves WB. **Clinics of Perinatology**. Philadelphia, WB Saunders, 1991. 441-72p
- HENDERSON, G.W. - Accuracy and reliability of pulse oximetry in premature neonates with respiratory distress. **JAANA**, 56: 224-28, 1988.
- HODGSON, A.; HORBAR, J.; SHARP, G.; SOLL, R.; LUCEY, J. - The accuracy of the pulse oximeter in neonates. In: Huch A, Huch R, Rooth C. **Continuous transcutaneous monitoring**. **AEMB**, 1987. 77-79p
- HOLBURN, C.J. & ALLEN, M.J. - Pulse oximetry in the accident and emergency department. **Arch. Emerg. Med.**, 6: 137-142, 1989.
- HON, E.H.; KHAZIN, A.F.; PAUL, R.H. - Biochemical studies of the fetus II. Fetal pH and apgar scores. **Obstet. Gynecol.**, 33: 237-55, 1969.
- HOUSE, J.T.; SCHULTZ, R.R.; GRAVENSTEIN, N. - Continuous neonatal evaluation in the delivery room by pulse oximetry. **J. Clin. Monit.**, 3: 96-100, 1987.
- HUCH, R.; LÜBBERS, D.W.; HUCH, A. - Reliability of transcutaneous monitoring of arterial PO₂ in newborn infants. **Arch. Dis. Child.**, 49: 213-18, 1974.
- HUCH, R.; HUCH, A.; ALBANI, M., ET AL. - Transcutaneous PO₂ monitoring in routine management of infants and children with cardiorespiratory problems. **Pediatrics**, 57: 681-90, 1976.
- HUCH, A.; HUCH, R.; KÖNIG, V.; NEUMAN, M.R.; PARKER, D.; YOUNT, J.; LÜBBERS, D. - Limitations of Pulse Oximetry. **LANCET** 1: 357, 1988. [editorial]
- HUCH, R.; FALLENSTEIN, F.; BARTNICKI, J.; HUCH, A. - Transcutaneous PO₂ versus Pulse oximetry. In: Ehrly AM, Fleckenstein W, Hauss J, Huch R. **Clinical oxygen pressure measurement II**. Berlin, Blackwell Ueberreuter Wissenschaft, 1990. 149-58p
- INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL CHEMISTRY (IFCC) - COMMITTEE ON PH, BLOOD GASES AND ELECTROLYTES. Guidelines for transcutaneous PO₂ and PCO₂ measurement. **Ann. Biol. Clin.**, 48: 39-43, 1990.
- JACOBS, M.M. & PHIBBS, R.H. - Prevention, recognition, and treatment of perinatal asphyxia. In: HAGEMAN JR. **Clinics in Perinatology**. Philadelphia, W. B. Saunders, 1989. 785-807p

- JENNIS, M.S. & PEABODY, J.L. - Pulse Oximetry: An Alternative Method for the Assessment of Oxygenation in Newborn Infants. **Pediatrics**, 524-28, 1987.
- JOBES, D.R. & NICOLSON, S.C. - Monitoring of arterial hemoglobin oxygen saturation using a tongue sensor. **Anesth. Analg.**, 67: 186-88, 1988. [letter]
- JOHNSON, N.; JOHNSON, V.A.; BANNISTER, J.; LILFORD, R.J. - Measurement of fetal peripheral perfusion with a pulse oximeter. **Lancet**, 898, 1989. [letter]
- JOHNSON, N.; JOHNSON, V.A.; BANNISTER, J.; LILFORD, R.J. - The effect of caput succedaneum on oxygen saturation measurements. **Br. J. Obstet. Gynaecol.**, 97: 493-98, 1990a.
- JOHNSON, N.; JOHNSON, V.A.; BANNISTER, J. MCNAMARA, H. - The effect of meconium on neonatal and fetal reflectance pulse oximetry. **J. Perinat. Med.**, 18: 351-55, 1990b.
- JOHNSON, N.; JOHNSON, V.A.; FISHER, J.; JOBBINGS, B.; BANNISTER, J.; LILFORD, R.J. - Fetal monitoring with pulse oximetry. **Br. J. Obstet. Gynaecol.**, 98: 36-41, 1991.
- JOHNSON, P.A.; BIHARI, D.J.; RAPER, R.F.; HAUGHTON, M.A.; FISHER, M.M.; HERKES, R.G. - A comparison between direct and calculated oxygen saturation in intensive care. **Anaesth. Intensive Care**, 21: 72-5, 1993.
- JONES, R.D.M.; LAWSON, A.D.; GUNAWARDENE, W.M.S.; ROULSON, C.J.; BROWN, A.G.; SMITH, I.D. - An evaluation of prolonged oximetric data acquisition. **Anaesth. Intensive Care**, 20: 303-7, 1992.
- JONXIX, J.H.P. & HUISMAN, T.H.J. - The detection and estimation of fetal hemoglobin by means of the Alkali denaturation test. **Blood**, 11: 1009-18, 1956.
- KELLEHER, J.F. - Pulse Oximetry. **J. Clin. Monit**, 5: 37-62, 1983.
- KELLEHER, J.F. & RUFF, R.H. - The penumbra effect: Vasomotion dependent Pulse Oximeter artefact due to probe malposition. **Anesthesiology** 71: 787-91, 1989.
- KIDD, J.F. & VICKERS, M.D. - Pulse oximeters: Essential monitors with limitations. **Br. J. Anaesth.**, 62: 355-57, 1989.
- KING, T. & SIMON, R.H. - Pulse oximetry for tapering supplemental oxygen in hospitalized patients. **Chest**, 92: 713-16, 1987.
- KITTERMAN, J.A.; PHIBBS, R.H.; TOOLEY, W.H. - Catheterization of umbilical vessels in newborn infants. **Pediatr. Clin. North Am.**, 17: 895-912, 1970.
- KOLESAR, R.; VOLGYESI, G.; LERMAN, J. - Effect of haemoglobin concentration on the accuracy of pulse oximetry. **Can. J. Anaesth.**, 37: S88, 1990. [abstract]

- KOPOTIC, R.J.; MANNINO, F.L.; COLLEY, C.D.; HORNING, N. - Display variability, false alarms, probe cautions, and recorder use in neonatal pulse oximetry. **J. Perinatol.**, 7: 340-42, 1986.
- KRAUSS, A.N.; WALDMAN, S.; FRAYER, W.W.; AULD, P.A.M. - Noninvasive estimation of arterial oxygenation in newborn infants. **J. Pediatr.**, 93: 275-78, 1978.
- LAMIELL, J.M. - Pulse oximetry. **Problems in critical care - oxygen monitoring**, 5: 44-54, 1991.
- LANGTON, J.A. & HANNING, C.D. - Effect of motion artefact on pulse oximeters: Evaluation of four instruments and finger probes. **Br. J. Anaesth.**, 65: 564-70, 1990.
- LEMA, G.E. - Oral pulse oximetry in small children. **Anesth. Analg.**, 72: 414, 1991. [letter]
- LEVENE, M.I.; GRINDULIS, H.; SANDS, C.; MOORE, J.R. - Comparison of two methods of predicting outcome in perinatal asphyxia. **Lancet**, 67-8, 1986.
- LÖFGREN, O.; HENRIKSSON, P.; JACOBSON, L.; JOHANSSON, O. - Transcutaneous PO₂ monitoring in neonatal intensive care. **Acta Pediatr. Scand.**, 67: 693-97, 1978.
- LONG, J.G.; PHILIP, A.G.S.; LUCEY, J.F. - Excessive handling as a cause of hypoxemia. **Pediatrics**, 65: 203-7, 1980.
- LOWSON, S.M.; BOGDONOFF, D.L.; SPIEKERMANN, B.F.; HOLMES, S.E. - Yet another place for the pulse oximeter probe. **Anesth. Analg.**, 76: 1167, 1993. [letter]
- LOZANO, J.M.; DUQUE, O.R.; BUITRAGO, T.; BEHAINE, S. - Pulse oximetry reference values at high altitude. **Arch. Dis. Child.**, 67: 299-301, 1992.
- LUBCHENCO, L.O.; SEARLS, D.T.; BRAZIE, J.V. - Neonatal mortality rate: Relationship to birth weight and gestational age. **Pediatrics**, 14:183-96, 1972.
- LUCEY, J.F. - Clinical uses of transcutaneous oxygen monitoring. **Adv. Pediatr.**, 28: 27-56, 1982.
- LUTHY, D.A.; SHY, K.K.; STRICKLAND, D.; WILSON, J.; BENNETT, F.C.; BROWN, Z.A.; BENEDETTI, T.J. - Status of infants at birth and risk for adverse neonatal events and long-term. A study in low birth weight infants. **Am. J. Obstet. Gynecol.**, 157: 676-79, 1987.
- MARRIN, M. & PAES, B.A. - Birth Asphyxia : Does the Apgar score have diagnostic value. **Obstet. Gynecol.**, 72: 120-23, 1988.
- MAXWELL, L.G.; HARRIS, A.P.; SENDAK, M.J.; DONHAM, R.T. - Monitoring the Resuscitation of Preterm Infants in the delivery room using pulse oximetry. **Clin. Pediatr.**, 26: 18-20, 1987.

- MEIER-STAUSS, P.; BUCHER, H.U.; HURLIMANN, R.; KÖNIG, V.; HUCH, R. - Pulse oximetry used for documenting oxygen saturation and right-to-left shunting immediately after birth. **Eur. J. Pediatr.**, 149: 851-55, 1990.
- MEIYAPPAN, S. & PRAKASH, O. - Development of software for pulse oximeter and investigation of its realtime response in clinical environment. **International J. Clin. Monit.**, 7:45-57, 1990.
- MENDELSON, Y.; KENT, J.C.; YOCUM, B.L.; BIRLE, M.J. - Design and evaluation of a new reflectance pulse oximeter sensor. **Med Instrum.**, 22: 167-73, 1988a.
- MENDELSON, Y. & OCHS, B.D. - Noninvasive pulse oximetry utilizing skin reflectance photoplethysmograph. **IEEE Trans. Biomed. Eng.**, 35: 798-805, 1988b.
- MENDELSON, Y. & KENT, J.C. - Variations in optical absorption spectra of adult and fetal hemoglobins and its effect on pulse oximetry. **IEEE Trans. Biomed. Eng.**, 36: 844-48, 1989.
- MENDELSON, Y. & MCGINN, M.J. - Skin reflectance pulse oximetry: In vivo measurements from the forearm and calf. **J. Clin. Monit.**, 7: 7-12, 1991.
- MILLS, G.H. & RALPH, S.J. - Burns due to pulse oximetry. **Anaesthesia**, 47: 276-77, 1992. [letter]
- MODANLOU, H.; YEH, S.; HON, E.H.; FRSYTHE, A. fetal and neonatal biochemistry and Apgar scores. **Am. J. Obstet. Gynecol.**, 117: 942-51, 1973.
- MOK, J.Y.Q.; MCLAUGHLIN, F.J.; PINTAR, M.; HAK, H.; AMARO-GALVEZ, R.; LEVISON, H. - Transcutaneous monitoring of oxygenation: What is normal?. **J. Pediatr.**, 108: 365-71, 1986a.
- MOK, J.; PINTAR, M.; BENSON, L.; MCLANGHLIN, F.J.; LEVISON, H. - Evaluation of Noninvasive Measurements of Oxigenation in the Stable Infants. **Crit. Care Med.**, 14: 960-63, 1986b.
- MOROZOFF, P.E. & EVANS, R.W. - Closed-loop control of SaO₂ in the neonate. **Biomed. Instrum. Technol.**, 117-23, 1992.
- MORRIS, R.W.; NAIRN, M.; TORDA, T.A. - A comparison of fifteen pulse oximeters. **Anaesth. Intensive Care**, 17: 62-82, 1989.
- MOTOYAMA, E.K. - Respiratory physiology in infants and children In: MOTOYAMA EK, DAVIS PJ. **Anesthesia for infants and children**. 5^a ed. Saint Louis, Mosby, 1990. 11-76p
- MOYLE, J.T.B. - Advances in monitoring. **Anaesthesia**, 245-56, 1989.

- MUNLEY, A.J.; SIK, M.J.; SHAW, A. - A test object for assessing pulse oximeters. *Lancet*, 1: 1048-49, 1989.
- MURPHY, K.G.; SECUNDA, J.A.; ROCKOFF, M.A. - Severe burns from a pulse oximeter.. *Anesthesiology*, 73: 350-52,1990.
- NARANG, V.P.S. - Utility of the pulse oximeter during cardiopulmonary resuscitation. *Anesthesiology*, 65: 239-40, 1986. [letter]
- NEIL, S.G.; LAM, A.M.; TURNBULL, K.M.; TREMPER, K.K. - A panel summary monitoring of oxygen. *Can. J. Anaesth.*, 34: 56-63,1987.
- NELLCOR INCORPORATED - User's Manual for the Nellcor Pulse Oximeter Model N-100C. California, 1987.
- NELSON, K.B. & ELLEMBERG, J.H. - Apgar scores as predictors of chronic neurologic disability. *Pediatrics* , 68: 36-44,1981
- NELSON, K.B. - Relationship of intrapartum and delivery room events to long-term neurologic outcome. In: HAGEMAN JR. *Clin. Perinatol.* Philadelphia, W. B. Saunders, 1989. 995-1007p
- NELSON, N.M. - The onset of respiration. In: AVERY I, GORDON B. *Neonatology: pathophysiology and management of the newborn.* 3^a ed. Philadelphia, J.B.Lippincott, 1981. 176-200p
- NICKERSON, B.G.; SARKISIAN, C.; TREMPER, K.K. - Bias and precision of pulse oximeters and arterial oximeters. *Chest*, 93: 515-17, 1988.
- NOVAMETRIX MEDICAL SYSTEMS INC - User's Manual Pulse Oximeter Model 515. Wallingford, Connecticut, USA, 1989.
- NUNN, J.F. In: *Applied respiratory physiology.* 3^a ed. London, Butterworth, 1987. 235-78, 342-49, 471-77p
- OHMEDA - THE BOC GROUP INC. User's Manual Pulse Oximeter Model 3700. Wisconsin, 1987.
- OLIVER, T.K.; DEMIS, J.A.; BATES, G.D. - Serial Blood-Gas tensions and acid-base balance during the first hour of life in human infants. *Acta Paediatr.*, 50: 346-60, 1961.
- ORZALESI, M.M. & HAY, W.W. - The regulation of oxygen affinity of fetal blood. In vitro experiment and results in normal infants. *Pediatrics*, 48: 857-64, 1971.
- OSKI, F.A. & DELIVORIA-PAPADOPOULOS, M. - The red cell, 2,3-diphosphoglycerate, and tissue oxygen release. *J. Pediatr.*, 77: 941-56, 1970.

- PAGE, F.O.; MARTIN, J.N.; PALMER, S.M., ET AL. - Correlation of neonatal acid-base status with Apgar scores and fetal heart rate tracings. **Am. J. Obstet Gynecol**, 154: 1306-11, 1986.
- PALVE, H. - Reflection and transmission pulse oximetry during compromised peripheral perfusion. **J. Clin. Monit.**, 8: 12-15, 1992.
- PANG, L.M. & MELLINS, R.B. - Neonatal Cardiorespiratory Physiology. **Anesthesiology**, 43: 171-96, 1975.
- PARKER, D. & SOUTTER, L.P. - In vivo monitoring of blood PO₂ in newborn infants. In: PAYNE JP, HILL DW. **Oxygen measurements in biology and medicine**. London, Butterworths, 1975. 269-83p
- PEABODY, J.L.; GREGORY, G.A.; WILLIS, M.M.; TOOLEY, W.H. - Transcutaneous oxygen tension in sick infants. **Am. Rev. Respir. Dis.**, 118: 83-7, 1978.
- PEABODY, J.L.; JENNIS, M.S.; EMERY, J.R. - Pulse oximetry - an alternative to transcutaneous PO₂ in sick newborns. **Adv. Exp. Med. Biol.**, 145-50, 1986.
- PEABODY, J.L. - Historical Perspective of Noninvasive Monitoring. **J. Perinatol.**, 7: 306-08, 1987.
- PETERS, K.; CAULFIELD, A.; SCHULTZ, P.; MILLER, C.; LARSON, E.L. - Increasing Clinical Use of Pulse Oximetry. **Dimensions of critical care nursing**, 9: 107-11, 1990.
- PETRIK, R.R.; LUGON, L.; RIGATTO, M. - Gasometria Arterial: Técnica, interpretação e aplicações. **R. AMRIGS Porto Alegre**, 16: 273-84, 1972.
- PETTERSEN, B.; KONGSGAARD, U.; AUNE, H. - Skin injury in an infant with pulse oximetry. **Br. J. Anaesth.**, 69: 204-5, 1992.
- PHIBBS, R.H. - Delivery room management of the newborn. In: AVERY I, GORDON B. **Neonatology: pathophysiology and management of the newborn**. 3^a ed. Philadelphia, J.B.Lippincott, 1981. 212-31p
- PIERSON, D.J. - Indications for oxygen therapy. In: Christopher KL. **Problems in Respiratory care - The current status of oxygen therapy**. Philadelphia, J B Lippincott, 1990. 549-562p
- POETS, C.F.; WILKEN, M.; SEIDENBERG, J.; SOUTHALL, D.P.; HARDT, H.V. - Reliability of a pulse oximeter in the detection of hyperoxemia. **J. Pediatr.**, 122: 87-90, 1993.
- POLOGE, J.A. - The theory and principles of pulse oximetry. **J. Perinatol.**, 7: 320-22, 1987.
- POLOGE, J.A. - Pulse oximetry: Technical aspects of machine design. **Int. Anesthesiol. Clin.**, 25: 137-53, 1989.

- PORTER, K.B. - Evaluation of arterial oxygen saturation of the newborn in the labor and delivery suite. **J. Perinatol.**, 7: 337-39, 1987.
- PRAUD, J.P.; CAROFILIS, A.; BRIDEY, F.; LACAILE, F.; DEHAN, M.; GAULTIER, C.L. - Accuracy of two-wavelength pulse oximetry in neonates and infants. **Pediatric Pulmonology**, 6: 180-82, 1989.
- PROCIANOY, R.S. - Monitorização da Concentração Arterial de Oxigênio. **Revista do HCPA**, 8: 71-2, 1988. [Editorial]
- RAEMER, D.B.; ELLIOT, W.R.; TOPULOS, G.P.; PHILIP, J.H. - The theoretical effect of carboxyhemoglobin on the pulse oximeter. **J. Clin. Monit.**, 5: 246-49, 1989.
- RALSTON, A.C.; WEBB, R.K.; RUNCIMAN, W.B. - Potential errors in pulse oximetry - I. Pulse oximeter evaluation. **Anaesthesia**, 46: 202-6, 1991a.
- RALSTON, A.C.; WEBB, R.K.; RUNCIMAN, W.B. - Potential errors in pulse oximetry - III - Effects of interference, dyes, dyshaemoglobins and other pigments. **Anaesthesia**, 46: 291-95, 1991b.
- RAMANATHAN, R.; DURAND, M.; LARRAZABAL, C. - Pulse oximetry in very low birth weight infants with acute and chronic lung disease. **Pediatrics**, 79: 612-17, 1987.
- RAMIREZ, R.G.; CARDENAS, C.; PEREZ, D.M.; BORGES, R.; SOTO, J.A.; RODRIGUEZ, O.; GARCIA, P.P. - Estudio comparativo de oximetria de pulso neonatal en Caracas y la Guaira (Venezuela). **Cuad Esc Salud publica**, 52: 35-42, 1988.
- RAMSING, T.H. & ROSENBERG, J. - Pulse oximetry in severe anaemia. **Intensive Care Med.**, 18:125-126, 1992.
- READ, M.B. - Effect of transparent adhesive tape on pulse oximetry. **Anesth. Analg.**, 68: 698-9, 1986. [letter]
- REYNOLDS, G.J. & YU, V.Y. - Guidelines for the use of pulse oximetry in the non-invasive estimation of oxygen saturation in oxygen dependent newborn infants. **Aust Paediatr J**, 24: 346-50, 1988.
- REYNOLDS, K.J.; PALAYIWA, E.; MOYLE, J.T.B.; SYKES, M.K.; HAHN, C.E.W. - The effect of dyshemoglobins on pulse oximetry: Part I, theoretical approach and part II, experimental results using an in vitro test system. **J. Clin. Monit.**, 9: 81-90, 1993a.
- REYNOLDS, L.M.; NICOLSON, S.C.; STEVEN, J.M.; ESCOBAR, A.; MCGONIGLE, M.E.; JOBES, D.R. - Influence of sensor site location on pulse oximetry kinetics in children. **Anesth. Analg.**, 76:751-54, 1993b.
- RIDLEY, S.A. - A comparison of two pulse oximeters. **Anaesthesia**, 43:136-40, 1988.

- RIES, A.L.; PREWITT, L.M.; JOHNSON, J.J. - Skin Color and ear oximetry. **Chest**, 96: 287-90, 1989.
- ROME, E.S.; STORK, E.K.; CARLO, W.A.; MARTIN, R.J. - Limitations of transcutaneous PO₂ and PCO₂ monitoring in infants with bronchopulmonary dysplasia. **Pediatrics**, 74: 217-220, 1984.
- ROTELLO, L.C.; WARREN, J.; JASTREMSKI, M.S.; MILEWSKI, A. - A nurse-directed protocol using pulse oximetry to wean mechanically ventilated patients from toxic oxygen concentrations. **Chest**, 102: 1833-35, 1992.
- ROY, R.N. & BETHERAS, F.R. - The melbourne chart - a logical guide to neonatal resuscitation. **Anaesth. Intensive Care**, 18: 348-57, 1990.
- RUSSEL, R.I.R. & HELMS, P.J. - Comparative accuracy of pulse oximetry and transcutaneous oxygen in assessing arterial saturation in pediatric intensive care. **Crit. Care Med.**, 18: 725-27, 1990.
- RYAN, C.A.; BARRINGTON, K.J.; VAUGHAN, D.; FINER, N.N. - Directly measured arterial oxygen saturation in the newborn infant. **Pediatrics**, 109: 526-29, 1986.
- SABATINO, H.; PINOTTI, J.A.; ARAKI, R.; SILVA, J.L.P.; SILVA, J.C.G.; BACHA, A.M.; FAUNDES, A.; GRASSIOTTO, O. - Avaliação do risco gestacional (em uma população brasileira). In: FONTES JAS. **Perinatologia Social**. São Paulo, Fundo Editorial BYK Prociencx, 1984. 174-197p
- SAMI, H.M.; KLEINMAN, B.S.; LONCHYNA, V.A. - Central venous pulsations associated with a falsely low oxygen saturation measured by pulse oximetry. **J. Clin. Monit.**, 7: 309-12, 1991.
- SCHIEBER, R.A. - Cardiovascular physiology in infants and children. In: MOTOYAMA EK, DAVIS PJ. **Anesthesia for infants and children**. 5thed. Saint Loid, Mosby, 1990. 77-104p
- SEDAK, M.J.; HARRIS, A.P.; DONHAM, R.T. - Use of pulse oximetry to assess arterial oxygen saturation during newborn resuscitation. **Crit. Care Med.**, 14: 739-40, 1986.
- SEDAK, M.J.; HARRIS, A.P.; DONHAM, R.T. - Accuracy of pulse oximetry during arterial oxyhemoglobin desaturation in dogs. **Anesthesiology**, 68: 111-14, 1988.
- SEVERINGHAUS, J.W. - Historical Development of oxygenation monitoring. In: PAYNE JP, SEVERINGHAUS JW. **Pulse Oximetry**. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 1-18p
- SEVERINGHAUS, J.W. & NAIFEH, K.H. - Accuracy of Response of six pulse oximeters to profound hypoxia. **Anesthesiology**, 67: 551-58, 1987.
- SEVERINGHAUS, J.W.; NAIFEH, K.H.; KOH, S.O. - Errors in 14 pulse oximeters during profound hypoxia. **J. Clin. Monit.**, 5: 72-81, 1989.

- SEVERINGHAUS, J.W. - Oximetria de pulso y monitoreo de los gases sanguineos. **Rev Arg Anest**, 48: 49-60, 1990.
- SEVERINGHAUS, J.W. - Oximetry uses and limitations In: Barash PG. **Refresher courses in anesthesiology** - ASA. Philadelphia, Lippincott, 1991.139-51p
- SEVERINGHAUS, J.W. & KELLEHER, J.F. - Recent developments in Pulse oximetry. **Anesthesiology**, 76: 1018-38, 1992.
- SILVERMAN, F.; SUIDAN, J.; WASSERMAN, J.; ANTOINE, C.; YOUNG, B.K. - The Apgar score. Is it enough?. **Obstet. Gynecol.**,66: 331-36,1985.
- SMITH, C.A. & KAPLAN, E. - Adjustment of blood oxygen levels in neonatal life. **Am. J. Dis. Child.**, 843-59, 1942.
- SOLIMANO, A.J.; SMYTH, J.A.; MANN, T.K.; ALBERSHEIM, S.G.; LOCKITCH, G. - Pulse oximetry advantages in infants with bronchopulmonary dysplasia. **Pediatrics**, 78: 844-49, 1986.
- SOUTHALL, D.P.; BIGNALL, S.; STEBBENS, V.A.; ALEXANDER, J.R.; RIVERS, R.P.A.; LISSAUER, T. - Pulse oximeter and transcutaneous arterial oxygen measurements in neonatal and paediatric intensive care. **Arch. Dis. Child.**, 62: 882-88, 1987.
- SPITTAL, M.J. - Evaluation of pulse oximetry during cardiopulmonary resuscitation. **Anaesthesia**, 48: 701-3, 1993.
- STEBBENS, V.A.; POETS, C.F.; ALEXANDER, J.R.; ARROWSMITH, W.A.; SOUTHALL, D.P. - Oxygen saturation and breathing patterns in infancy. I: Full term infants in the second month of life. **Arch. Dis. Child.**, 66: 569-73, 1991.
- STEWART, K.G. & ROWBOTTOM, S.J. - Inaccuracy of pulse oximetry in patients with severe tricuspid regurgitation. **Anaesthesia**, 46: 668-70, 1991.
- SUIDAN, J.S. & YOUNG, B.K. - Outcome of fetuses with lactic acidemia. **Am. J. Obstet. Gynecol.**, 150: 33-7,1984.
- SWEDLOW, D.B. & IRVING, S.M. - Clinical and technical issues in pulse oximetry and capnometry. In: Hoy T, John W. et al. **Critical care practice**. Philadelphia, WB Saunders, 1991. 135-53p
- SYKES, G.S.; JOHNSON, P.; ASHWORTH, F.; MOLLOY, P.M.; GU, W.; STIRRAT, G.M. - Do Apgar scores indicate asphyxia. **Lancet**, 27: 494-96,1982.
- SYKES, G.S.; MOLLOY, P.M.; JOHNSON, P.; STIRRAT, G.M.; TURNBULL, A.C. - Fetal distress and the condition of newborn infants. **BMJ**, 287: 943-45,1983.
- SYKES, M.K. - Pulse Oximetry: A Which. Hunt. **J. Clin. Monit.**, 5: 69-71, 1989. [Editorial]

- SYMANSKY, M.R. & FOX, H.A. - Umbilical vessel catheterization: Indications, management and evaluation of the technique. **J. Pediatr.**, 80: 820-26, 1972.
- TAKATANI, S.; DAVIES, C.; SAKAKIBARA, N.; ZURICK, A.; KRAENZLER, E.; GOLDING, L.R.; NOON, G.P.; NOSE, Y.; DEBAKEY, M.E. - Experimental and clinical evaluation of a noninvasive reflectance pulse oximeter sensor. **J. Clin. Monit.**, 8: 257-66, 1992.
- TAYLOR, M.B. & WHITWAM, J.G. - The current status of pulse oximetry. **Anaesthesia**, 41: 943-49, 1986.
- THARP, J.A. - A cost saving method of modifying the Nellcor pulse oximeter finger probe. **Anesthesiology**, 65: 446-47, 1986. [letter]
- THILO, E.H.; PARK-MOORE, B.; BERMAN, E.R.; CARSON, B.S. - Oxygen saturation by pulse oximetry in healthy infants at an altitude of 1610 m (5280 ft). **AJDC**, 145: 1137-40, 1991.
- TREMPER, K.K. - Transcutaneous PO₂ measurement. **Can. Anaesth. Soc. J.**, 31: 664-77, 1984.
- TREMPER, K.K. & BARKER, S.J. - Pulse oximetry. **Anesthesiology**, 70: 98-108, 1989a.
- TREMPER, K.K. & BARKER, S.J. - Oxygen Monitors. In: Stoelting RK, Barash PG, Gallegher TJ. **Advances in Anesthesia**. Year Book Medical Publishers, 1989b. 97-129p
- TREMPER, K.K. - Interpretation of noninvasive oxygen and carbon dioxide data. **Can. J. Anaesth.**, 37: Slxxvii-Slxxxii, 1990.
- TREMPER, K.K. - Measurement of oxygen transport. In: Barash PG. **Refresher courses in anesthesiology** - ASA, 1991a. 189-206p
- TREMPER, K.K. & BARKER, S.J. - Monitoring of oxygen. In: LAKE CL. **Clinical Monitoring** Philadelphia, W.B. Saunders, 1991b. 283-301p
- VEGFORS, M.; SJOBER, F.; LINDBERG, L.G.; GUSTAFSSON, U.; LENNMARKEN, C. - Basic studies of pulse oximetry in a rabbit model. **Acta Anaesthesiol. Scand.**, 35: 596-99, 1991.
- VEGFORS, M.; LINDBERG, L.G.; LENNMARKEN, C. - The influence of changes in blood flow on the accuracy of pulse oximetry in humans. **Acta Anaesthesiol. Scand.**, 36: 346-49, 1992a.
- VEGFORS, M.; LINDGER, L.G.; OBERG, P.A.; LENNMARKEN, C. - The accuracy of pulse oximetry at two haematocrit levels. **Acta Anaesthesiol. Scand.**, 36: 454-59, 1992b.
- VERHOEFF, F. & SYKES, M.K. - Delayed detection of hypoxic events by pulse oximeters: computer simulations. **Anaesthesia**, 45: 103-9, 1990.

- VEYCKEMANS, F.; BAELE, P.; GUILLAUME, J.E.; WILLEMS, E.; ROBERT, A.; CLERBAUX, T. - Hyperbilirubinemia does not interfere with hemoglobin saturation measured by pulse oximetry. *Anesthesiology*, 70: 118-22, 1989.
- VINTZILEOS, A.M.; GAFFNEY, S.E.; SALINGER, L.M.; KONTOPOULOS, V.G.; CAMPBELL, W.A.; NOCHIMSON, D.J. - The relationships among the fetal biophysical profile, umbilical cord pH, and Apgar scores. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 157: 627-31, 1987.
- VITIELLO, N. - Gravidez de alto risco. In: FONTES JAS. *Perinatologia Social*. São Paulo, Fundo Editorial BYK Prociencx, 1984. 165-173p
- VOLGYESI, G.A.; KOLESAR, R.; LERMAN, J. - An in vitro model for evaluating the accuracy of pulse oximeters. *Can. J. Anaesth.*, 37: S47, 1990. [abstract]
- VYAS, H.; HELMS, P.; CHERIYAN, G. - Transcutaneous monitoring beyond the neonatal period. *Crit. Care Med.*, 16: 844-47, 1988.
- WALSH, M.C.; NOBLE, L.M.; CARLO, W.A.; MARTIN, R.J. - Relationship of pulse oximetry to arterial oxygen tension in infants. *Crit. Care Med.*, 15: 1102-05, 1987.
- WEBB, R.K.; RALSTON, A.C.; RUNCIMAN, W.B. - Potential errors in pulse oximetry - II. Effects of changes in saturation and signal quality. *Anaesthesia*, 46: 207-12, 1991.
- WELCH, J.P.; DECESARE, R.; HESS, D. - Pulse oximetry: instrumentation and clinical applications. *Respiratory Care*, 35: 584-601, 1990.
- WEST, J.B. - Gas transport to the periphery. In: ----- *Respiratory Physiology - The essentials*. 4th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1990. 69-85p
- WILKINS, C.J.; MOORES, M.; HANNING, C.D. - Comparison of pulse oximeters: effects of vasoconstriction and venous engorgement. *Br. J. Anaesth.*, 62: 439-44, 1989.
- WILKINS, M.C. - Residual contamination on reusable pulse oximetry sensors. *Respiratory care*, 38: 1155-60, 1993.
- WILKINSON, A.R.; PHIBBS, R.H.; HEILBRON, D.C.; GREGORY, G.A.; VERSMOLD, H.T. - In vivo oxygen dissociation curves in transfused and untransfused newborns with cardiopulmonary disease. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 122: 629-34, 1980.
- WISWELL, T.E. - Pulse oximetry versus transcutaneous oxygen monitoring in perinatology applications. *J. Perinatol.*, 7: 331-32, 1987.
- WONG, D.H.; TREMPER, K.K.; DAVIDSON, J.; ZACCARI, J.; WEIDOFF, P.; WILBUR, S.; STEMMER, E.A. - Pulse oximetry is accurate in patients with dysrhythmias and pulse deficit. *Anesthesiology*, 70: 1024-25, 1989. [letter]
- YELDERMAN, M. & NEW, W.JR. - Evaluation of Pulse Oximetry. *Anesthesiology*, 59: 349-52, 1983.

- YODER, B. & NULL, D.M. - Perinatal cardiorespiratory physiology in the full-term infant. In: KIRBY RR, TAYLOR RW. **Respiratory failure**. Chicago, Year book medical publishers, 1986. 59-74p
- YOSHIYA, I.; SHIMADA, Y.; TANAKA, K. - Spectrophotometric monitoring of arterial oxygen saturation in the fingertip. **Med. Biol. Eng. Comput.**, 18: 27-32, 1980.
- ZABLOCKI, A.D. & RASCH, D.K. - A simple method to prevent interference with pulse oximetry by infrared heating lamps. **Anesth.Analg.**, 66: 913-22, 1987. [letter]
- ZANDER, R. & MERTZLUFFT, F. - The oxygen status in arterial human blood: Terminology, Diagnosis and determination of parameters. In: PAYNE JP, SEVERINGHOUS JW. **Pulse Oximetry**. 1sted. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 32-36p
- ZWART, A.; BUURSMA, A.; OESEBURG, B.; ZIJLSTRA, W.G. - Determination of hemoglobin derivatives with the IL 282 Co-Oximeter as compared with a manual spectrophotometric five-wavelength method. **Clin.Chem.**, 271: 1903-07, 1981.