

Saturação de Oxigênio Fetal Medida pela Oximetria de Pulso durante o Trabalho de Parto: Relações com o pH da Artéria Umbilical

Fetal Oxygen Saturation Measured by Pulse Oximetry during Labor: Relation to Umbilical Artery pH

Edson Nunes de Moraes, Francisco Maximiliano Pancich Gallarreta, Patricia Spara

RESUMO

Objetivos: estudar os níveis de saturação de oxigênio fetal (SpO_2) durante o trabalho de parto pela técnica da oximetria de pulso e sua relação com o pH da artéria umbilical (AU).

Pacientes e Métodos: a SpO_2 fetal foi medida durante o parto por meio da técnica da oximetria de pulso em 50 casos. Comparou-se a média dos valores de SpO_2 entre os dois períodos do trabalho de parto, sendo o primeiro subdividido em fases, segundo a dilatação cervical (4 cm, 5-7 cm e 8-9 cm). Os valores de SpO_2 foram estudados em função do pH da AU ao nascimento ($\geq 7,20$ e $< 7,20$). Considerou-se como normal uma $SpO_2 \geq 30,0\%$.

Resultados: as médias da SpO_2 fetal no primeiro período do parto foram de $53,0 \pm 7,3\%$ e $44,2 \pm 6,8\%$, e no segundo $46,8 \pm 7,7\%$ e $38,4 \pm 7,1\%$ (pH da AU $\geq 7,20$ e $< 7,20$, respectivamente; $p < 0,01$). Quando o primeiro período foi subdividido, as médias de SpO_2 (pH de AU $\geq 7,20$) foram de $55,1 \pm 5,1\%$ (4 cm), $52,3 \pm 4,6\%$ (5-7 cm) e $51,5 \pm 7,2\%$ (8-9 cm); para um pH de AU $< 7,20$ as médias de SpO_2 de $46,3 \pm 5,1\%$ (4 cm), $43,6 \pm 6,7\%$ (5-7 cm) e $42,8 \pm 5,8\%$ (8-9 cm). Considerando o pH da AU estas diferenças foram significantes ($p < 0,01$).

Conclusões: houve um decréscimo significativo dos valores de SpO_2 fetal durante o trabalho de parto quando utilizada a técnica da oximetria de pulso.

PALAVRAS-CHAVE: Oximetria fetal de pulso. Monitorização fetal. Anoxia perinatal. Trabalho de parto.

Introdução

A avaliação clínica do concepto durante o trabalho de parto é usualmente realizada por meio

Departamento de Ginecologia e Obstetrícia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Maria.
Correspondência: Edson Nunes de Moraes
Av. Borges de Medeiros, 1699 / 604
97015-090 - Santa Maria - RS
Fone: (055) 222-1942 - Fax: (055) 220-8018
e-mail: edson@ccs.ufsm.br

da monitorização contínua ou de ausculta intermitente da frequência cardíaca fetal (FCF). Quando a FCF encontra-se alterada, ou de difícil leitura no traçado de registro, outros métodos são utilizados para avaliar o feto, tais como o de Saling, para a análise bioquímica do sangue capilar do couro cabeludo, o da estimulação do couro cabeludo fetal, ou ainda o método do estímulo acústico^{4,5}.

Várias tentativas foram realizadas no sentido de monitorizar continuamente o estado ácido-base fetal. As técnicas utilizadas experimentalmente mostraram-se limitadas,

como no caso da monitorização do pH e da pO_2 fetal, e não constituíram ferramentas clinicamente aplicáveis na prática obstétrica diária^{1,20,22}.

A oximetria fetal de pulso é uma nova tecnologia atualmente em fase de desenvolvimento para a avaliação fetal intraparto^{7,11,12,15,19}. Têm sido realizados estudos buscando o estabelecimento de valores de normalidade da saturação de oxigênio fetal durante o parto^{10,13}. A oximetria fetal de pulso é um método não-invasivo para o feto, fornece resultados continuamente durante o trabalho de parto e pode melhorar a especificidade diagnóstica das condições fetais ao nascimento se associada à cardiocardiografia.

O objetivo do presente trabalho foi o de estudar os níveis de saturação de oxigênio fetal durante o trabalho de parto pela técnica da oximetria de pulso, em relação ao pH da artéria umbilical.

Pacientes e Métodos

Efetuamos um estudo prospectivo no qual foram incluídas 50 pacientes em trabalho de parto atendidas no Centro Obstétrico do Serviço de Obstetrícia do Hospital Universitário de Santa Maria. Os critérios de inclusão das parturientes no protocolo de pesquisa foram: ser portadora de gestação única com idade gestacional ≥ 37 semanas, apresentação de vértice, membranas amnióticas rotas espontânea ou artificialmente com menos de 12 horas do início da monitorização materno-fetal, dilatação cervical de pelo menos 2 cm, altura da apresentação em pelo menos -1 de De Lee, e assinatura do termo de consentimento esclarecido.

Os critérios de exclusão foram: gestação com idade < 37 semanas, presença de infecção genital clinicamente suspeitada por ocasião da internação; temperatura superior a 38°C , placenta prévia, gemelaridade, sangramento vaginal de origem desconhecida, apresentação pélvica, situação transversa, mais de 1 cesárea prévia, dilatação cervical < 2 cm, altura da apresentação acima de -1 de De Lee e as não-signatárias do termo de consentimento esclarecido.

O registro da atividade uterina era obtido mediante colocação de tocotransdutor no abdômen materno, na altura do corno uterino oposto ao lado do dorso fetal. O registro em papel termo-sensível era iniciado após a calibração empírica do cardiocardiograma em 10 mmHg. Monitorizaram-se 7.970 minutos, ou 132,8 horas, com uma média de $159,4 \pm 107,5$ minutos, ou $2,6 \pm 1,6$ horas. A

freqüência cardíaca fetal foi monitorizada pelos métodos externo e/ou interno. A cardiocardiografia externa era realizada pela colocação de transdutor (ultra-som) de FCF no abdômen materno, na altura do dorso fetal. A cardiocardiografia interna, quando indicada em casos de alteração da FCF detectada pelo método externo ou por registro externo de qualidade insatisfatória, era realizada pela colocação de eletrodo em espiral de Hon tipo 1, no couro cabeludo fetal, na altura de um dos parietais, cuidando para que a inserção ocorresse longe das fontanelas. Como critérios de interpretabilidade dos traçados cardiocardiográficos, utilizaram-se aqueles recomendados pelo "National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop" (NICHD)⁹.

A saturação de oxigênio fetal (SpO_2) foi registrada por método da oximetria fetal de pulso. Rotas as membranas amnióticas, espontânea ou artificialmente, era feito toque obstétrico com a finalidade diagnóstica de variedade de posição fetal e altura da apresentação. Em seguida iniciava-se o procedimento de colocação intra-uterina de oxissensor de pulso. O corpo do sensor, entre os dedos indicador e médio do obstetra, era introduzido lenta e delicadamente através do colo uterino, entre a apresentação e a parede uterina. A introdução do equipamento era realizada até que a saliência tátil no cabo do sensor se colocasse na entrada do canal cervical, o que denotava o posicionamento do corpo do sensor na altura da face fetal. Após obtida uma boa qualidade de sinal de saturação de oxigênio fetal, iniciava-se o registro oximétrico, que deveria se desenvolver por todo o restante do trabalho de parto. Um oxissensor era utilizado somente em uma única paciente.

Considerou-se como saturação de oxigênio dentro dos limites da normalidade, quando o traçado oximétrico apresentava valores de saturação de $O_2 \geq 30\%$. Como alteração da saturação de oxigênio foram considerados níveis inferiores a 30% entre as contrações uterinas, por tempo superior a 10 minutos consecutivos⁸. Para se interromper a gravidez por sofrimento fetal agudo, levou-se em consideração tão somente a alteração da saturação de oxigênio fetal ou por alterações patológicas da FCF quando perdida a qualidade do sinal de registro da SpO_2 . No presente estudo a amostra era constituída apenas de casos com $SpO_2 \geq 30\%$.

Para a análise dos valores da saturação de oxigênio conceptual durante as várias fases do trabalho de parto procedia-se da seguinte forma: no papel de registro oxiocardiocardiográfico, encontravam-se assinalados a fase do trabalho de parto (dada em cm de dilatação cervical pelo observador) e o registro gráfico da SpO_2 fetal. Em

cada fase (≤ 4 cm, 5-7 cm, 8-9 cm e 10 cm), consignava-se o valor médio da SpO_2 , dado pelo somatório dos pontos registrados a cada 30 segundos, e dividia-se pelo número de pontos. Os casos foram analisados levando-se em conta que o último registro de SpO_2 deveria ocorrer no máximo até 30 minutos do desprendimento fetal e com pelo menos 20 pontos identificados.

O sangue de artéria e veia umbilical era obtido através do clameamento do cordão (duas pinças próximas ao coto umbilical e uma próxima ao intróito vaginal) antes que o recém-nascido fizesse o seu primeiro movimento inspiratório. Seccionado o cordão, coletava-se sangue de artéria e veia umbilical em seringas previamente heparinizadas, em quantidade suficiente para a medida de pH e demais componentes do equilíbrio ácido-base. Considerou-se como padrão bioquímico alterado ao nascimento um pH de artéria umbilical $< 7,20^3$.

Para o registro da atividade uterina, frequência cardíaca fetal e saturação de oxigênio fetal utilizou-se um cardiotocógrafo da Corometrics Medical Systems, Inc., modelo 129-F. A SpO_2 era obtida pela utilização de um oxi-sensor de pulso da Nellcor Puritan Bennett, Inc., Pleasanton, CA, USA, modelo FS-14B. Para a medida dos parâmetros do equilíbrio ácido-base do sangue dos vasos umbilicais, utilizaram-se aparelhos AVL, Automatic Blood Gas System, modelos 990 e Compact 1, do Laboratório Central de Análises Clínicas do Hospital Universitário de Santa Maria.

A presente pesquisa foi devidamente aprovada pelas Comissões de Pesquisa e de Ética do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Maria.

Os resultados foram analisados por estatística descritiva, para dados de interesse geral, e pelo teste *t* de Student para amostras independentes. O nível de significância consignado foi para um *p* de 5%.

Resultados

Nos 50 casos a média de SpO_2 fetal nas várias fases do trabalho de parto esteve acima de 30%. Todos os recém-nascidos apresentaram Apgar de 1º e 5º minuto ≥ 7 , com exceção de 1 recém-nascido que apresentou no primeiro minuto Apgar 5.

Quanto à idade, metade das pacientes encontrava-se na faixa inferior aos 25 anos. A média de idade das parturientes foi de $24,7 \pm 7,1$ anos. Em mais de 50% dos casos a idade gestacional era ≥ 40 semanas. A média da idade gestacional foi de $39,5 \pm 1,4$ semanas.

A maior parte da amostra era de gestantes

nulíparas (46,0%) e primíparas (24,0%). A paridade variou entre 1 e 8 nascimentos. As faixas de frequência do peso fetal ao nascimento encontram-se representadas na Figura 1. A grande maioria dos recém-nascidos (60%) apresentou peso entre 3.000 e 3.999 gramas. A média de peso dos recém-nascidos foi de 3.288, com limites entre 2.510 e 4.470 gramas.

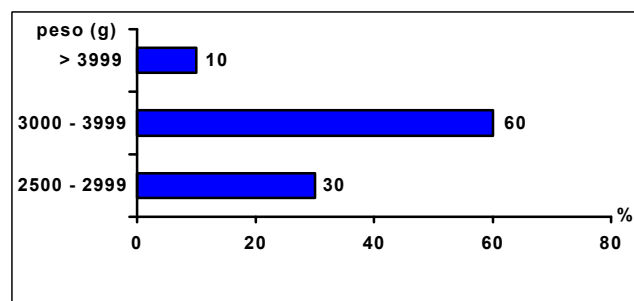


Figura 1 - Distribuição de 50 parturientes submetidas à monitorização pela oximetria fetal de pulso, segundo o peso fetal.

Das 50 grávidas estudadas, 62% tiveram seus partos de forma espontânea por via vaginal; em 38% das vezes o parto foi operatório (24% de fórcepe e 14% de cesárea) conforme demonstra a Figura 2. As indicações de cesárea foram a desproporção céfalo-pélvica, 42,8% (3 casos); parada de progressão do trabalho de parto, 28,6% (2 casos), distocia de rotação, 28,6% (2 casos).

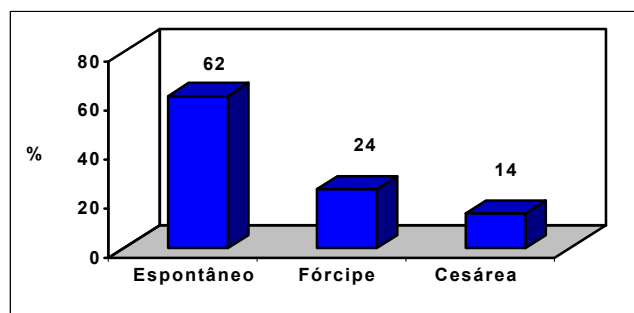


Figura 2 - Distribuição de 50 parturientes submetidas à monitorização pela oximetria fetal de pulso, segundo o tipo de parto.

Na Tabela 1 encontra-se a distribuição dos valores médios e desvios padrão dos parâmetros de gasometria do sangue da artéria umbilical de 50 recém-nascidos que foram monitorizados pela oximetria fetal de pulso, cujos valores de SpO_2 eram iguais ou superiores a 30% durante o trabalho de parto, em função do pH da artéria umbilical $\geq 7,20$ ou $< 7,20$. Observa-se que, embora a saturação de oxigênio fetal estivesse dentro dos limites da normalidade, uma porcentagem importante de recém-nascidos apresentaram pH da artéria umbilical inferior a 7,20 (24,5%).

Tabela 1 - Distribuição das médias \pm DP dos valores dos parâmetros do equilíbrio ácido-base do sangue da AU de 50 recém-nascidos com $SpO_2 \geq 30\%$, durante o trabalho de parto, segundo o pH do sangue da AU.

pH AU	pH	pO ₂	pCO ₂	HCO ₃	DB	SaO ₂
< 7,20 (n = 12)	7,11 (\pm 0,06)	19,6 (\pm 7,5)	61,4 (\pm 14,3)	19,2 (\pm 4,1)	-9,8 (\pm 4,1)	16,2 (\pm 13,5)
\geq 7,20 (n = 38)	7,27 (\pm 0,05)	19,1 (\pm 5,8)	46,6 (\pm 10,8)	21,1 (\pm 5,1)	-3,6 (\pm 3,1)	23,1 (\pm 10,5)

DP: desvio padrão; AU: artéria umbilical; pO₂: pressão parcial de oxigênio; pCO₂: pressão parcial de gás carbônico; HCO₃: bicarbonato; DB: déficit de bases; SaO₂: saturação de oxigênio.

Os valores médios e os desvios padrão da SpO_2 de 50 recém-nascidos monitorizados pela oximetria fetal de pulso encontram-se distribuídos na Figura 3, segundo as várias fases do primeiro e segundo período. Estes dados estão relacionados ao pH da AU ao nascimento ($\geq 7,20$ e $< 7,20$). Houve diferença significativa entre os valores médios da saturação de oxigênio fetal entre o primeiro e o segundo período do parto, independentemente se o pH da AU era $\geq 7,20$ ($53,0 \pm 7,3\%$ e $46,8 \pm 7,7\%$, respectivamente; $p < 0,05$) ou $< 7,20$ ($44,2 \pm 6,8\%$ e $38,4 \pm 7,1\%$, respectivamente; $p < 0,01$). Da mesma forma foi significativa a diferença dos valores entre os grupos estudados, segundo o pH da AU. Nas diferentes fases do primeiro período observou-se uma tendência ao decréscimo dos níveis de SpO_2 , não sendo, porém, significantes essas diferenças, tanto para o grupo com pH da AU $\geq 7,20$ (≤ 4 cm = $55,1 \pm 5,1\%$; 5-7 cm = $52,3 \pm 4,6\%$; e 8-9 cm = $51,5 \pm 7,2\%$) como para o grupo com pH da AU $< 7,20$ (≤ 4 cm = $46,3 \pm 5,1\%$; 5-7 cm = $43,6 \pm 6,7\%$; 8-9 cm = $42,8 \pm 5,8\%$), conforme dados da Tabela 2. Ainda que nos limites da normalidade, a saturação de oxigênio fetal se mostrou menor naqueles fetos cujo pH do sangue da artéria umbilical foi $< 7,20$. Por outro lado, o Apgar destes recém-nascidos foi igual ou superior a 7 no primeiro e quinto minuto de vida, com exceção de 1 recém-nascido com Apgar 5 no 1º minuto.

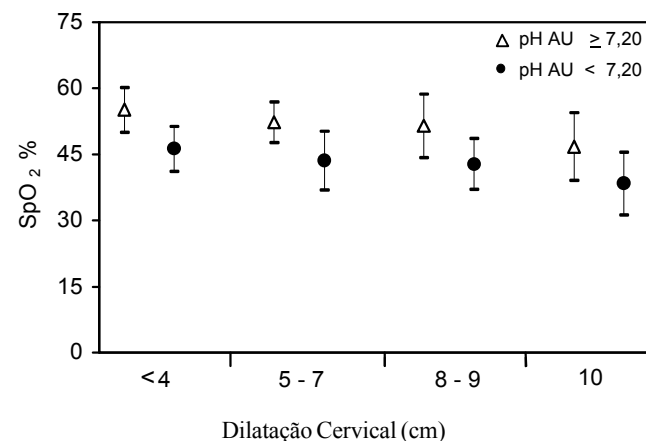


Figura 3 - Médias e desvios padrão da saturação de oxigênio fetal durante o parto segundo a dilatação cervical e o pH da artéria umbilical

Tabela 2 - Distribuição das médias e DP dos valores de SpO_2 de 50 fetos, em função do pH da AU $< 7,20$ ou $\geq 7,20$, durante o primeiro (DC entre ≤ 4 e 9 cm) e segundo períodos (DC de ≥ 10 cm) do trabalho de parto.

DC pH AU	SpO ₂ (%)			
	≤ 4 cm	5-7 cm	8-9 cm	10 cm
<7,20 (n=12)	46,3 \pm 5,1 (n=5)	43,6 \pm 6,7 (n=9)	42,8 \pm 5,8 (n=12)	38,4 \pm 7,1 (n=10)
$\geq 7,20$ (n = 38)	55,1 \pm 5,1 (n=25)	52,3 \pm 4,6 (n=34)	51,5 \pm 7,2 (n=38)	46,8 \pm 7,7 (n=35)
Significância	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001

DP: desvio padrão; AU: artéria umbilical; DC: dilatação cervical.

Não procuramos relacionar os valores de SpO_2 fetal e gasometria dos vasos umbilicais com os padrões de frequência cardíaca fetal (FCF). No entanto, é de se registrar que em 17 casos (34%) a FCF encontrou-se alterada, segundo os critérios do NICHD¹⁵, ao passo que a SpO_2 fetal média permaneceu normal.

Discussão

A monitorização eletrônica da FCF durante o trabalho de parto constitui ainda o método mais utilizado pelos obstetras para a avaliação do bem-estar conceptual. Apesar da boa sensibilidade, são preocupantes as taxas de falso-positivos, fazendo com que a especificidade para a detecção de hipóxia e acidemia fetais seja relativamente baixa. O padrão mais ominoso da FCF associa-se no máximo com uma incidência de 50-65% de recém-nascidos deprimidos, definidos pelo índice de Apgar. Uma análise custo-benefício da FCF realizada por Banta e Thacker em 1979² demonstrou um valor preditivo de 99,7% para um Apgar > 6 com base numa FCF normal, e de 50% para um Apgar < 7 com base numa FCF anormal.

Em nosso material observamos 17 casos com FCF alterada (segundo as normas recomendadas

pelo "National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop")⁹ e que, em primeira instância, poderiam ser considerados como potencialmente cirúrgicos. Tal análise, no entanto, não foi objeto deste estudo.

A oximetria fetal de pulso, técnica de desenvolvimento recente, tem-se mostrado importante para minimizar as limitações da cardiocografia. No entanto, os valores de normalidade da saturação de oxigênio fetal durante o trabalho de parto ainda estão por serem estabelecidos de forma conclusiva, uma vez que variam amplamente durante o trabalho de parto.

Estudos experimentais e em humanos têm sido desenvolvidos para o estabelecimento do nível crítico de SpO₂ fetal. Oeseburg et al.¹⁷ e Nijland et al.¹⁶ realizaram uma série de pesquisas neste sentido em fetos de ovelha. Reduzindo o volume de oxigênio materno inspirado ou reduzindo o fluxo sanguíneo uterino materno, por oclusão vascular, estes autores demonstraram que, sob uma saturação de O₂ no sangue fetal igual ou superior a 30%, o seu metabolismo aeróbico era mantido. O déficit de base aumentava numa razão de -0,5 nmol/l por 10 minutos, quando a saturação de oxigênio sofria queda abaixo do limite de 30%. Estes estudos foram confirmados por Richardson et al.¹⁸ Investigações em humanos desenvolvidas por vários autores corroboram os resultados encontrados em animais de experimentação. Níveis iguais ou superiores a 30% de saturação de oxigênio fetal intraparto, são atualmente considerados pelos autores como limite da normalidade.

Dildy et al.⁷ em estudo preliminar de 73 casos relatam níveis médios de SpO₂ fetal durante o trabalho de parto de 57,9 ± 10,0%. Langer et al.¹⁴, estudando 54 pacientes nos últimos 30 minutos do parto, observaram uma média de SpO₂ de 41,2 ± 10,0%. Posteriormente, Dildy et al.^{6,8} estudaram as fases do primeiro período e o segundo período do parto. Os valores médios de SpO₂ no primeiro período foram de 59 ± 10,0% e no segundo período de 53,0 ± 10,0%, para fetos com resultados perinatais considerados normais. Quando dividiram o primeiro período em fases observaram, para uma dilatação cervical igual ou inferior a 4 cm, níveis de 62 ± 9,0%; de 5 a 7 cm, níveis de 60 ± 11%; e entre 8 e 10 cm, 58±10%. A média do pH da artéria umbilical neste grupo de estudo foi de 7,25 ± 0,05.

No presente estudo observamos que os fetos com pH da AU abaixo de 7,20 (12 casos) apresentaram níveis de SpO₂ inferiores aos fetos com pH ≥ 7,20, tanto no primeiro como no segundo período do parto, e esta diferença foi significativa. A média do pH da AU nestes casos situou-se em 7,11 ± 0,58. Por outro lado observa-se que valores

de SpO₂ permaneceram dentro da normalidade, isto é, acima de 30% de saturação de oxigênio. Semelhante aos relatos de literatura, observamos uma SpO₂ do primeiro período superior à encontrada no segundo período, independente dos valores de pH da AU.

Van den Berg et al.²¹, em um estudo multicêntrico envolvendo Holanda, Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra, descrevem uma taxa de 57% de partos vaginais espontâneos, de 29% de partos vaginais operatórios e de 14% de cesárea, para uma população de 308 gestantes. Em apenas 6 casos o sofrimento fetal foi a causa da operação cesariana.

Em nosso material, ainda que constituído de fetos sem diagnóstico de sofrimento pela leitura oximétrica, a cesárea foi realizada em 7 oportunidades, não sendo diferente da incidência dos autores citados. Por outro lado, o número de partos operatórios vaginais mostra-se elevado, o que pode ser explicado pelo fato de assistirmos por mais tempo um segundo período do parto com níveis de SpO₂ dentro da normalidade, apesar de alterações importantes da FCF neste período eventualmente ocorrerem. Desta forma, muitos partos instrumentados foram indicados para reduzir o tempo do segundo período, levando também em consideração o componente materno de desgaste físico.

Concluindo, nossos resultados mostram um comportamento da SpO₂ fetal durante o trabalho de parto com tendência à diminuição de seus valores à medida em que evolui o parto. Esta tendência se dá tanto em fetos com pH da AU ≥ 7,20 como naqueles com pH da AU < 7,20. Demonstram ainda que, para esses limites de pH da AU, os valores de SpO₂ fetal foram estatisticamente diferentes entre os grupos estudados. Pesquisas com maior número de casos devem ser realizadas com vistas à relação existente entre SpO₂ fetal e o ponto de corte nos valores de pH da AU, para o estabelecimento da preditividade de fetos acidóticos ao nascimento.

SUMMARY

Purpose: to study fetal oxygen saturation (SpO₂) levels during labor by continuous pulse oximetry technique, and its relation to umbilical artery (UA) pH.

Patients and Methods: fetal SpO₂ levels were measured during labor by the pulse oximetry technique in 50 subjects. Average values of SpO₂ were compared between the first and second stage of labor, with the first stage further subdivided into phases, according to cervical dilatation of (≤4 cm, 5-7 cm and 8-9 cm). SpO₂ values were studied in relation to umbilical

artery pH at birth (≥ 7.20 and < 7.20). SpO_2 $\geq 30.0\%$ was considered normal.

Results: fetal SpO_2 averages during the first stage were $53.0 \pm 7.3\%$ and $44.2 \pm 6.8\%$ (UA pH ≥ 7.20 and < 7.20 , respectively; $p < 0.01$). When the first stage was subdivided, the fetal SpO_2 averages (UA pH ≥ 7.20) were $55.1 \pm 5.1\%$ (≤ 4 cm), $52.3 \pm 4.6\%$ (5-7 cm) and $51.5 \pm 7.2\%$ (8-9 cm); for UA pH < 7.20 , the fetal SpO_2 averages were $46.3 \pm 5.1\%$ (≤ 4 cm), $43.6 \pm 6.7\%$ (5-7 cm) and $42.8 \pm 5.8\%$ (8-9 cm). Considering the UA pH, these differences were statistically significant ($p < 0.01$). Conclusion: a significant decrease of oxygen saturation values was observed during labor when fetal pulse oximetry was used.

KEY WORDS: Fetal pulse oximetry. Fetal distress. Fetal monitoring.

Referências

- Aarnoudse JG, Huisjes HJ, Gordon H, Oeseburg B, Zijlstra WG. Fetal subcutaneous scalp PO_2 and abnormal heart rate during labor. *Am J Obstet Gynecol* 1985;153:565-6.
- Banta HD, Thacker SB. Costs and benefits to electronic fetal monitoring: a review of the literature. National Center for Health Services Research, 1979. Report : DHEW-PHS-79-3245.
- Butterwegge M. Fetal pulse oximetry and non-reassuring heart rate. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1997;72 Suppl. 1:S63-6.
- Clark SL, Gimovsky ML, Miller FC. The scalp stimulation test: a clinical alternative to fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1984;148:274-7.
- Clark SL, Paul RH. Intrapartum fetal surveillance: the role of fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1985;153:717-20.
- Dildy GA, Clark SL, Garite TJ, Porter TF, Swedlow DB, Varner MW. Current status of the multicenter randomized clinical trial on fetal oxygen saturation monitoring in the United States. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1997;72 (Suppl 1): S43-50.
- Dildy GA, Clark SL, Loucks CA. Preliminary experience with intrapartum fetal pulse oximetry in humans. *Obstet Gynecol* 1993;81:630-5.
- Dildy GA, van den Berg PP, Katz M, Clark SL, Jongsma HW, Nijhuis JG, Loucks CA. Intrapartum fetal oximetry: fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1994;171:679-84.
- Electronic fetal heart rate monitoring: research guidelines for interpretation. The National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 1997; 26:635-40.
- Goffinet F, Langer B, Carbonne B, Berkane N, Tardif D, Le Goueff F, et al. Multicenter study on the clinical value of fetal pulse oximetry. I Methodologic evaluation. The French Study Group on Fetal Pulse Oximetry. *Am J Obstet Gynecol* 1997;177:1238-46.
- Johnson J. Development and potential of fetal pulse oximetry. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1991;3:193-200.
- Johnson N, Johnson VA, Fisher J, Jobbings B, Bannister J, Lilford RJ. Fetal monitoring with pulse oximetry. *Br J Obstet Gynaecol* 1991;98:36-41.
- Kühnert M, Seelbach-Göebel B, Butterwegge M. Predictive agreement between the fetal arterial oxygen saturation and fetal scalp pH: results of the German multicenter study. *Am J Obstet Gynecol* 1998;178:330-5.
- Langer B, Carbonne B, Goffinet F, Le Gouëff F, Berkane N, Laville M. Fetal pulse oximetry and fetal heart rate monitoring during stage II of labour. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1997;72 Suppl. 1: S57-61.
- Maesel A, Martensson L, Gudmundsson S, Marsal K. Fetal pulse oximetry. A methodological study. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1996;75:144-8.
- Nijland R, Jongsma HW, Nijhuis JG, van den Berg PP, Oeseburg B. Arterial oxygen saturation in relation to metabolic acidosis in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol* 1995;172:810-9.
- Oeseburg B, Ringnalda BE, Crevels J, Jongsma HW, Mannheimer P, Menssen J, et al. Fetal oxygenation in chronic maternal hypoxia: what's critical? *Adv Exp Med Biol* 1992;317:499-502.
- Richardson BS, Carmichael L, Homan J, Patrick JE. Electrocortical activity, electroocular activity, and breathing movements in fetal sheep with prolonged and graded hypoxemia. *Am J Obstet Gynecol* 1992;167:553-8.
- Seelbach-Göbel B, Butterwegge M, Kühnert M, Heupel M. Fetal reflectance pulse oximetry. Experiences-prognostic significance and consequences-goals. *Z Geburtshilfe Perinatol* 1994;198:67-71.
- Small ML, Beall M, Platt LD, Dirks D, Hochberg H. Continuous tissue pH monitoring in the term fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1989;161:323-9.
- Van den Berg PP, Dildy GA, Luttkus A, Mason GC, Harvey CJ, Nijhuis JG et al. The efficacy of intrapartum fetal surveillance when fetal pulse oximetry is added to cardiotocography. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1997;72 Suppl. 1:S67-71.
- Young BK. Continuous fetal tissue pH monitoring in labor. *J Perinat Med* 1981;9:189-94.