

Artigo de Revisão/Review Article

Electrocardiografia fetal intraparto Fetal electrocardiography during labor

Sofia Nunes *, Diogo Ayres-de-Campos **

*Hospital de S. João; Faculdade de Medicina da Universidade do Porto,
Instituto de Engenharia Biomédica, Porto*

ABSTRACT

The purpose of fetal monitoring during labour is to identify fetal hypoxia at a stage when timely intervention will prevent neonatal morbidity and mortality. Current methods of fetal surveillance are still poorly reproducible or cumbersome to perform, and frequently result in excessive intervention. The STAN[®] methodology combines conventional cardiotocography (CTG) with automated analysis of the fetal electrocardiogram's ST segment, alerting for changes with possible clinical implication (ST events). ST events should be analysed together with CTG changes in order to decide the need for obstetric intervention. This technology increases the specificity of isolated CTG analysis for prediction of metabolic acidosis and low cord artery pH. Review of four randomized controlled trials, comparing conventional CTG with combined CTG+ST analysis, shows that the latter significantly reduces operative delivery rates, metabolic acidosis, moderate/severe neonatal encephalopathy, and fetal blood sampling rates. The STAN[®] methodology has achieved widespread acceptance in many European countries, and is gaining increased popularity in the United States of America. Its main limitation seems to be the heavy reliance on CTG interpretation by health professionals.

INTRODUÇÃO

O trabalho de parto é uma situação potencialmente ameaçadora da oxigenação fetal. A diminuição da perfusão placentária durante as contracções uterinas e a compressão do cordão umbilical contribuem para uma hipoxemia intermitente, aumentando assim o risco de hipóxia fetal. A monitorização fetal durante o trabalho de parto pretende identificar os fetos em maior risco de hipóxia, com o objectivo de intervir atempadamente de forma a evitar consequências adversas.

Nas últimas décadas, o principal método de monitorização fetal intraparto tem sido a cardiotocografia (CTG). No entanto, a interpretação visual de traçados cardiotocográficos é complexa, algo subjectiva e pouco reprodutível^{1,2}. As dificuldades interpretativas dos traçados cardiotocográficos são comuns na prática clínica. Por outro lado, a capacidade dos traçados não-normais preverem a hipóxia fetal é limitada, o que resulta frequentemente em intervenções desnecessárias^{3,4}.

Têm sido desenvolvidos outros métodos para complementar a informação dada pela CTG, nome-

* Aluna do 6º ano da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

** Assistente Hospitalar do Hospital de S. João, Porto; Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Investigador do Instituto de Engenharia Biomédica

adamente nas situações de traçados não-normais, de forma a identificar com mais rigor as situações de hipóxia fetal. A colheita de sangue do escalpe fetal é utilizada para este fim em diversos centros europeus e norte-americanos. No entanto, é um método invasivo, trabalhoso e apenas fornece uma informação limitada no tempo sobre o estado fetal, sendo por vezes necessário obter várias amostras ao longo do trabalho de parto⁵. A oximetria fetal contínua foi desenvolvida ao longo da década de 1990, mas apresenta ainda problemas de qualidade de sinal e não estão demonstrados quaisquer benefícios da técnica na redução da taxa de cesarianas ou da morbi-mortalidade neonatal⁶.

A electrocardiografia fetal (ECGf) foi comercializada no final da década de 1990 (STAN[®], Neoventa Medical, Gotemburgo, Suécia) numa técnica conjugada com a CTG, utilizando um eléctrodo colocado no escalpe fetal. Enquanto as alterações CTG fornecem sobretudo informações sobre a oxigenação cerebral, o ECGf permite uma avaliação indirecta da oxigenação do miocárdio. As alterações mais importantes que ocorrem nas situações de hipóxia central são o aumento do intervalo PR⁷⁻⁹, o aumento de amplitude da onda T e o desnivelamento do segmento ST. As duas últimas refletem a repolarização do miocárdio, evento que requer energia e é muito sensível a alterações metabólicas, parecendo ser as mais discriminativas na identificação da hipóxia fetal. Experiências realizadas em fetos animais submetidos a hipóxia, revelaram que a elevação da onda T, quantificada pela razão entre a onda T e o complexo QRS (T/QRS), está associada ao aumento do nível de catecolaminas, activação dos receptores beta-adrenérgicos, glicogenólise miocárdica e acidose metabólica, respostas fisiológicas que ocorrem durante a hipóxia. O metabolismo anaeróbico do miocárdio é uma alteração adaptativa, fornecendo energia para potenciar a função da bomba cardíaca¹⁰.

A depressão do segmento ST (ST bifásico grau 3) ou o segmento ST com secções acima e abaixo da linha de base (ST bifásico grau 2) são outras respostas electrocardiográficas que surgem com a hipóxia. Estas são mais comuns nas situações de hipóxia aguda, quando o miocárdio ainda não teve tempo de responder de forma compensadora¹¹, e em fetos cujo miocárdio já não tem a capacidade de compensar a privação

de oxigénio, pela falta ou pela exaustão dos recursos energéticos^{3,12,13}. No entanto, os ST bifásicos de grau 2 e 3 são menos específicos da hipóxia do miocárdio, já que estão associadas também a disfunções do miocárdio, hipotensão arterial grave, infecção intra-uterina e malformações fetais^{11,14,15}.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA

O ECGf é alvo de investigação desde a década de 1970, inicialmente envolvendo trabalhos experimentais pré-clínicos, e posteriormente estudos observacionais. Em 1993 foi publicado o primeiro ensaio clínico randomizado, comparando a análise conjunta CTG+ST (tecnologia STAN[®]) com o CTG isolado. O primeiro modelo comercial, o STAN[®] 8801 (Cinventa AB, Mölndal, Suécia), apareceu no fim dos anos 80. O STAN[®] S31 é o modelo mais recente, comercializado na Europa em 2003 e aprovado pela Food and Drug Administration (FDA) em Novembro de 2005. Em 2005, a tecnologia era já utilizada em 22 países, a maioria dos quais na Europa, e em mais de 50.000 partos por ano, número que provavelmente aumentou após a aprovação pela FDA¹⁶.

Foram necessárias várias optimizações do sistema para que se conseguisse minimizar o ruído e a perda de sinal ECGf. Durante o trabalho de parto as mudanças de posição do feto, sobretudo a rotação da cabeça, podem influenciar a configuração do ECGf. A derivação unipolar é a mais indicada para um registo com menos interferências uma vez que permite uma identificação constante e estável do segmento ST. Esta derivação implica a colocação de um sensor na pele da mãe, geralmente numa das regiões inguinais, e um eléctrodo no escalpe fetal. O eléctrodo pode ser simples ou em espiral, de aço inoxidável ou de austenite (γ -Fe), de forma a minimizar a distorção do sinal. O sinal é posteriormente processado de forma a melhorar a qualidade, usando um sistema de filtros digitais que remove o ruído¹⁰.

Os exames STAN[®] disponibilizam o sinal CTG juntamente com os dados ST, em gráficos separados no mesmo ecrã e registo de papel (figura 1). Os dados ECGf disponibilizados são a razão T/QRS ao longo do tempo e a ocorrência de segmentos ST bifásicos. O sistema efectua uma determinação da linha de base

Quadro I. Este quadro indica as situações em que pode ser necessária uma intervenção obstétrica.

	CTG normal	CTG intermédio	CTG anormal	CTG pré-terminal
Elevação episódica do T/QRS		>0,15	>0,10	
Elevação basal do T/QRS	Atitude expectante	>0,10	>0,05	Parto imediato
STs bifásicos		3 mensagens de ST bifásico*	2 mensagens de ST bifásico*	

* o intervalo de tempo entre as mensagens depende do padrão CTG e da situação clínica.
 Guidelines ©2007 Neoventa Medical AB. Usado com permissão.

do T/QRS aos 20 minutos de registo do traçado, após o qual alerta automaticamente para alterações ST com significado clínico (eventos ST).

As elevações do T/QRS subdividem-se em episódicas e basais. As elevações T/QRS episódicas caracterizam-se por terem uma duração inferior a 10 minutos e são alertadas automaticamente quando a sua amplitude ultrapassa as 0,10 unidades. Por elevação do T/QRS basal entende-se uma subida superior a 0,05 unidades que persiste por tempo superior a 10 minutos (figura 2). Os STs bifásicos grau 2 e 3 são alertados automaticamente quando detectados pelo menos duas vezes num intervalo de 1 minuto (figura 2).

Os eventos ST devem ser analisados em conjunto com o traçado cardiocográfico para decidir a orientação clínica (ver adiante).

INTERPRETAÇÃO

A tecnologia STAN® pode ser aplicada em grávidas com 36 ou mais semanas de gestação e sem contra-indicações para a utilização de um eléctrodo interno (herpes genital activa, seropositividade para o vírus da imunodeficiência humana, portadoras dos vírus de hepatite B e E), após a ruptura de membranas e existindo dilatação cervical que permita a colocação do eléctrodo.

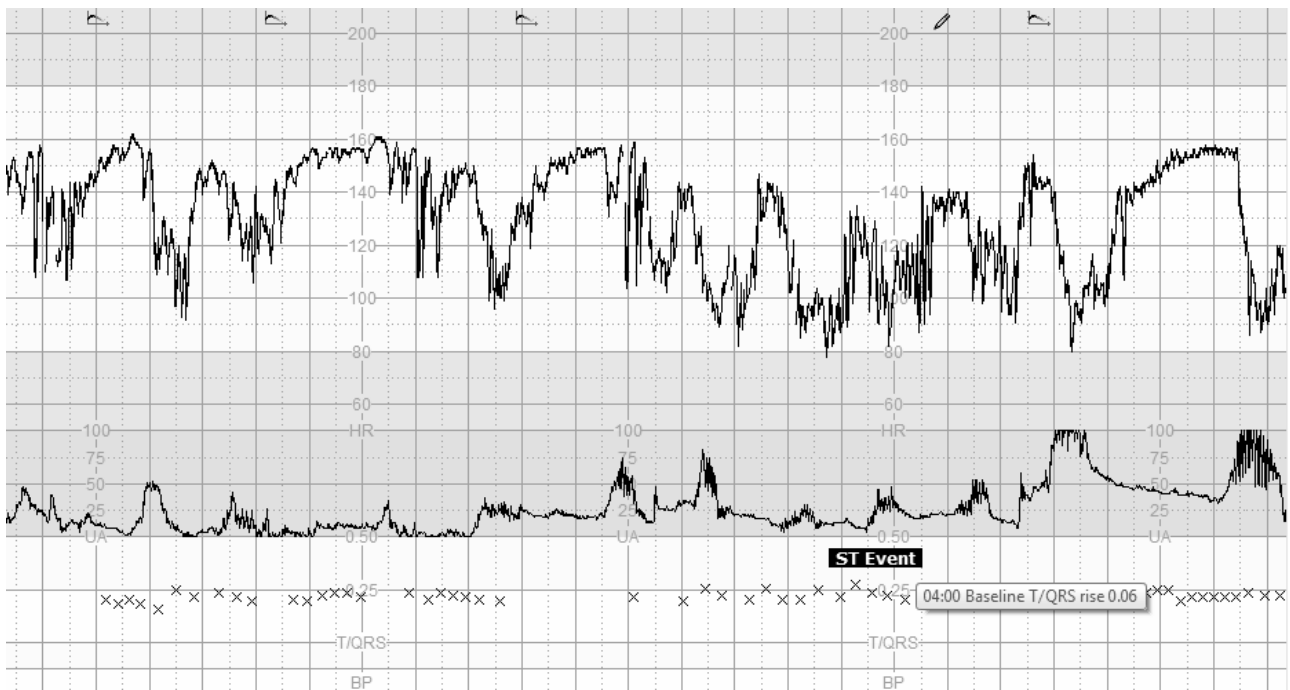


Figura 1. Exemplo de um registo STAN.

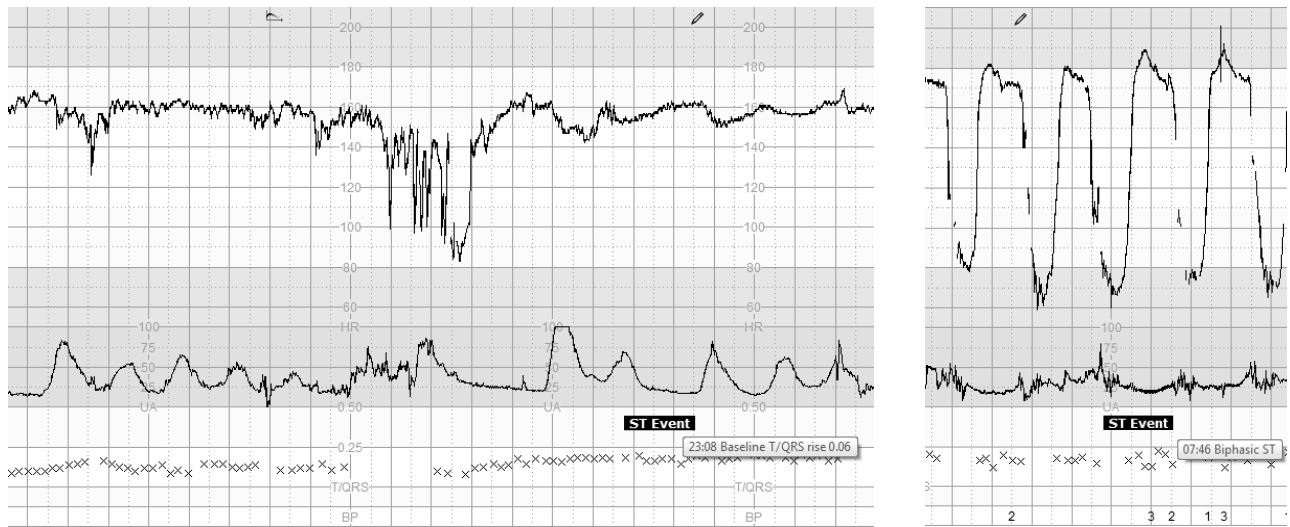


Figura 2. Registos STAN com eventos ST por elevação basal do T/QRS (esquerda) e STs bifásicos (direita).

No início da análise CTG+ST deve-se comprovar que o sinal ST tem qualidade suficiente para que a linha de base do T/QRS possa ser determinada. Um CTG francamente anormal no início da análise STAN® poderá corresponder a um feto já submetido a algum grau de hipóxia e que pode ter já esgotado as capacidades de compensação, não ocorrendo neste caso elevação adicional do T/QRS. Neste caso, o estado fetal deverá ser confirmado por outros métodos, tais como a colheita de sangue fetal ou a avaliação da reactividade por estimulação do couro cabeludo¹⁷.

Quando ocorrem pausas no registo STAN® ou diminuições da qualidade do sinal (registo T/QRS descontinuo durante mais de 4 minutos) podem ser perdidos eventos ST. Nestes casos, a necessidade de intervenção deve ser apenas baseada na avaliação CTG e no contexto clínico¹⁷.

As alterações do segmento ST apenas devem ser valorizadas quando coincidentes com alterações nos traçados CTG. O valor preditivo dos traçados CTG normais é suficientemente elevado para permitir ignorar os eventos ST¹¹. Existem guidelines STAN® para a classificação dos traçados CTG (em normal, intermédio, anormal ou pré-terminal), inspiradas nas normas da Federação Internacional Ginecologia e Obstetrícia (FIGO), e que são utilizadas em alguns hospitais europeus.

No quadro I estão expostas as orientações STAN® para quando poderá estar indicada a intervenção obs-

tétrica. Os traçados CTG com baixa variabilidade (inferior a 5 bpm) ou desacelerações prolongadas com variabilidade reduzida durante a desaceleração (traçados pré-terminais) são muito específicos das situações de hipóxia fetal, não sendo necessária a ocorrência de eventos ST para a necessidade de intervenção.

Aquilo que se entende por intervenção obstétrica depende da situação que está por trás da hipóxia fetal e da fase do trabalho de parto. Pode implicar a correcção duma hiperestimulação uterina (com suspensão da infusão ocitócica ou uso de tocolíticos), a reversão duma hipotensão materna ou a reanimação materna no caso de uma paragem cardio-respiratória. Se as causas de hipóxia não forem passíveis de correcção rápida, poderá estar indicada uma cesariana emergente ou um parto instrumentado, nos casos em que existem condições para tal¹⁸.

Na presença de hipertermia materna, com ou sem infecção fetal documentada, a valorização dos eventos ST está ainda mal estudada¹⁷. Nestas situações, é frequente o aparecimento de STs bifásicos. Os critérios de intervenção na presença de taquicardia fetal devem ser predominantemente cardiocográficos e de ordem clínica.

VALIDADE

Num estudo observacional avaliando a validade da tecnologia CTG+ST (STAN®), verificou-se que a sua

sensibilidade na previsão da acidose metabólica (pH artéria umbilical $<7,05$ e déficit de bases >12 mmol/L) e da encefalopatia hipóxico-isquêmica foi 100% (15/15)¹³. Este valor diminuiu para 95,6% (22/23) quando se consideraram os casos de pH arterial $<7,05$. A especificidade foi de 95% e 96,4%, respectivamente. A sensibilidade do CTG isolado na previsão dos mesmos desfechos foi de 93,3%. O aumento da sensibilidade do grupo CTG+ST foi acompanhado de um aumento no valor preditivo positivo quando comparado com o CTG isolado. Num outro estudo que avaliou 574 casos¹⁹, o valor preditivo positivo do CTG+ST na previsão do pH arterial $<7,05$ foi de 51% e na previsão do pH $<7,15$ de 79%. Utilizando o CTG isolado, estes valores predictivos positivos foram 15% e 44%, respectivamente¹⁹. Numa avaliação de 20 casos de fetos com acidose metabólica neonatal (pH $<7,06$, déficit de bases >12 mmol/ml), verificou-se que o CTG+ST identificou correctamente 19 destes casos, o que corresponde a uma sensibilidade de 95%^{10,15}.

Por outro lado, Dervaitis et al.²⁰ encontraram uma sensibilidade de apenas 43% (3/7) e uma especificidade de 74% (101/136) na previsão da acidose metabólica neonatal, com valores preditivos positivo e negativo de 8% (3/38) e 96% (101/105), respectivamente. Vayssière et al.²¹ chegaram a resultados intermédios, apresentando uma sensibilidade de 38% (41/108; Intervalo de confiança [IC] 95%: 29-48) na previsão do pH arterial $\leq 7,15$ e sensibilidade de 62,5% (10/16; IC 95% 35-85) na previsão do pH arterial $\leq 7,05$. A especificidade foi de 83% (152/303; IC 95% 78-87) e 79% (313/395; IC 95% 75-83), respectivamente.

EFICÁCIA

Até à data, foram realizados quatro ensaios randomizados comparando a análise CTG+ST com o CTG isolado. Estes estudos tiveram como objectivo analisar diferenças entre os dois grupos quanto à taxa de intervenções obstétricas (partos instrumentados e cesarianas), mau desfecho neonatal (acidose metabólica, índice de Apgar baixo, encefalopatia hipóxico-isquêmica e morte neonatal), e necessidade de recorrer a outros métodos de monitorização fetal (colheita de sangue fetal).

De acordo com o estudo realizado por Westgate et al. em 1993³, a monitorização fetal intraparto com CTG isolado está associada a cerca do dobro dos partos distócicos por estado fetal não tranquilizador quando comparada com a tecnologia STAN[®] (odds ratio [OR] 1,96; IC 95% 1,42-2,71). Embora em menor proporção, este achado foi confirmado por Amer-Wahlin et al. em 2001¹², ao encontrar uma redução significativa das intervenções obstétricas no grupo CTG+ST (risco relativo [RR] 0,83; IC 95% 0,69-0,99). Esta tendência manteve-se quando ambos os estudos analisaram as diferenças da taxa global de cesarianas nos dois grupos. No primeiro estudo, verificou-se um aumento significativo desta taxa associado ao CTG isolado (OR 2,03; IC 95% 1,09-3,80³) o que se confirmou no segundo estudo, que demonstrou uma redução do número de cesarianas associada à monitorização conjunta CTG+ST. Este resultado atingiu significado estatístico apenas após exclusão dos casos de registo STAN[®] inadequado e de malformações neonatais (RR 0,66; IC 95% 0,45-0,97)³. Nos ensaios randomizados mais recentes, realizados por Ojala et al.²² e Vayssière et al.⁶ não foram encontradas diferenças significativas em relação a este ponto. Numa revisão sistemática realizada em 2006²³, englobando os resultados de três primeiros estudos^{3,12,22}, foi encontrada uma redução significativa no número de partos vaginais instrumentados no grupo CTG+ST (RR 0,87; IC 95% 0,78-0,96), não se encontrando diferença na taxa global de cesarianas. Nos grupos monitorizados com CTG+ST verificou-se ainda que o tempo mediano entre a indicação da intervenção e o parto foi significativamente menor (32 minutos *versus* 79 minutos; $p=0,03$)⁵.

No estudo de Amer-Wahlin et al.¹² foi encontrada uma diminuição superior a 50% na incidência de acidose metabólica neonatal no grupo CTG+ST (RR=0,47; IC 95% 0,25-0,86), diferença que se acentuou após a exclusão dos casos com registo ST inadequado e/ou malformações fetais. O estudo de Westgate et al.³ apontava já para esta tendência, embora não tenha encontrado diferenças com significado estatístico. Os dois estudos mais recentes e de menor dimensão não confirmaram estes resultados. Quando analisados conjuntamente os dados dos três primeiros estudos²³, encontrou-se no grupo CTG+ST uma redução significativa na incidência de acidose metabólica neonatal (RR=0,64; IC 95% 0,41-1,00).

No estudo de Amer-Wahlin et al.¹², após exclusão dos casos de malformações e de registos STAN[®] inadequados, verificou-se menor incidência de casos com índice de Apgar ao 1 minuto <4 no grupo CTG+ST (RR=0,59; IC 95% 0,35-0,98). O estudo de Westgate et al.³ já havia mostrado uma tendência para menor número de casos com índice de Apgar <7 aos 5 minutos no grupo CTG+ST, mas sem atingir significado estatístico.

Na revisão sistemática de 2006²³ observou-se uma redução significativa na incidência de encefalopatia hipóxico-isquémica no grupo monitorizado com CTG+ST (RR=0,33; IC 95% 0,11-0,95). Os estudos individuais mostravam já uma tendência semelhante, embora sem significado estatístico. Numa revisão posterior dos casos do estudo de Amer-Wahlin et al.⁵, verificou-se uma redução significativa na incidência de encefalopatia hipóxico-isquémica moderada e grave no grupo CTG+ST (OR=0,12; IC 95% 0,01-0,94). A ocorrência isolada de convulsões foi avaliada em 2 estudos^{6,22}, não tendo sido encontradas diferenças significativas entre os grupos. O número de internamentos em unidades de cuidados intensivos neonatais e a incidência de morte perinatal, também foram semelhantes nos dois grupos em todos os estudos analisados^{3,6,12,22}.

Foram encontradas reduções significativas no número total de colheitas de sangue fetal realizadas no grupo CTG+ST nos estudos de Ojala et al.²² (RR=0,45; IC 95% 0,33-0,61) e Vayssière et al.⁶ (RR=0,44; IC 95% 0,36-0,52), nos quais esta foi mesmo a única diferença entre grupos que atingiu significado estatístico. O estudo de Westgate et al.³ já tinha mostrado resultados semelhantes, ao observar a necessidade de recorrer mais frequentemente a esta técnica no grupo monitorizado exclusivamente com CTG (OR 1,36; IC 95% 1,06-1,73).

Parece assim existir um benefício da análise conjunta CTG+ST na incidência de desfechos neonatais adversos e na taxa de intervenções obstétricas, tendo sido demonstrada evidência duma redução da acidose metabólica, encefalopatia hipóxico-isquémica, taxas de parto instrumentado e necessidade de colheita de sangue fetal. As diferenças encontradas entre os estudos poderá ser explicada por alguma heterogeneidade nos métodos utilizados. O estudo de Westgate et al.³ (1993), utilizou uma versão mais antiga da tecnologia STAN[®], um modelo que dependia da avaliação do

utilizador para a documentação do aumento T/QRS. O estudo de Amer-Wahlin et al.¹² utilizou uma versão mais recente, em tudo semelhante à actual. Nos dois estudos mais recentes, de Ojala et al. em 2006²² e Vayssière et al. em 2007⁶ não se encontraram benefícios da técnica na incidência de partos distócicos ou de acidose metabólica neonatal. No entanto, ambos incluíram um número de participantes muito inferior aos anteriores, 1483 no estudo de Ojala et al. e 799 no estudo de Vayssière et al., contra 2434 no estudo de Westgate et al. e 4966 no estudo de Amer-Wahlin et al. Este número limita o poder dos estudos para alcançar resultados com significado estatístico. Os estudos mais recentes utilizaram também critérios diferentes para recrutamento de parturientes, o que torna as comparações difíceis. No estudo de Vayssière et al.⁶ a população encontrava-se provavelmente em maior risco, uma vez que a tecnologia STAN[®] foi aplicada apenas em casos de CTG não-normal e/ou líquido amniótico com mecónio.

LIMITAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os estudos realizados até à data avaliaram apenas gestações com 36 ou mais semanas de gestação, não existindo dados científicos sobre a utilização desta técnica em idades gestacionais inferiores. O mesmo se verifica em relação aos casos de infecção intra-uterina, restrição de crescimento fetal e diabetes materna²³.

A tecnologia STAN[®] analisa o segmento ST automaticamente e fornece alarmes online sobre alterações electrocardiográficas com relevância clínica. No entanto a técnica continua a depender fortemente da interpretação visual da CTG para a decisão clínica, o que aporta subjectividade e permite a ocorrência de erros de interpretação. Têm sido descritos recentemente um número escasso de casos com desfecho neonatal adverso não sinalizados, de todo ou atempadamente, por eventos ST. Na grande maioria, estes ocorreram associados a traçados cardiotocográficos pré-terminais que não foram identificados pelos profissionais de saúde. Numa série recente de três desses casos²⁴ verificou-se má qualidade do sinal ST e demora na intervenção perante traçados pré-terminais sem eventos ST. A quantificação computadorizada da variabilidade do sinal CTG permitiu documentar uma diminuição acentuada deste parâmetro ao lon-

go do tempo²⁵, levantando a hipótese de que a análise computadorizada conjunta CTG+ST permitiria o diagnóstico destas situações. Já se encontram comercializados (Omniview-SisPorto[®], Speculum, Lisboa) e descritos na literatura²⁶ sistemas de análise computadorizada conjunta CTG+ST, estando actualmente em fase de avaliação clínica alargada.

No estudo de Amer-Wahlin et al.¹², a maioria dos casos de desfecho neonatal adverso no grupo CTG+ST estiveram relacionados com a perda de sinal ST no período expulsivo, mas também com o aparecimento de CTGs pré-terminais desde o início do registo, traumatismo fetal durante o parto instrumentado e ausência de reacção atempada a registos CTG+ST indicativos de intervenção. Nos casos de encefalopatia moderada/grave e morte perinatal, verificou-se que a indicação para intervir segundo as guidelines STAN[®] ocorreu em média de 60 minutos antes do parto⁵. O estudo de Ojala et al.²² detectou cerca de 11% de registos ST inadequados, na maioria dos casos por remoção do eléctrodo durante a aplicação da ventosa.

Estes dados comprovam a existência de algumas limitações técnicas ainda por resolver e da necessidade de formação específica e contínua das equipas de profissionais de saúde que utilizam a tecnologia STAN[®]¹¹. Outra limitação inerente à técnica é o elevado preço do equipamento (cerca de 34 000 euros por monitor). O desenvolvimento de novas metodologias para captação do sinal ECGf pode ajudar a ultrapassar algumas das limitações existentes e melhorar a qualidade do sinal, de forma a permitir menor perda de sinal durante o período expulsivo. A utilização de eléctrodos transabdominais para captação do ECG fetal tem vindo a ser alvo de intensa investigação¹⁵.

BIBLIOGRAFIA

- Paneth N, Bommarito M, Stricker J. Electronic fetal monitoring and later outcome. *Clin Invest Med* 1993; 16:159-65.
- Ayres-de-Campos D, Bernardes J, Costa-Pereira A, Pereira-Leite L. Inconsistencies in classification by experts of cardiotocograms and subsequent clinical decision. *BJOG* 1999; 106:1307-10.
- Westgate J, Harris M, Curnow J, et al. Plymouth randomised trial of cardiotocogram only versus ST waveform plus cardiotocogram for intrapartum monitoring: 2400 cases. *Am J Obstet Gynecol* 1993; 169:1151-60.
- Su L, Chong Y, Biswas A, et al. Use of fetal electrocardiogram for intrapartum monitoring. *Ann Acad Med Singapore* 2007; 36:416-20.
- Norén H, et al. Fetal electrocardiography in labor and neonatal outcome: data from the Swedish randomised controlled trial on intrapartum fetal monitoring. *Am J Obstet Gynecol* 2003; 188(1):183-92.
- Vayssière C, David E, Meyer N, et al. A French randomized controlled trial of ST-segment analysis in a population with abnormal cardiotocograms during labor. *Am J Obstet Gynecol* 2007; 197:299.e1-299.e6.
- Neilson J, et al. Fetal electrocardiogram (ECG) for fetal monitoring during labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; 3.
- Wijngaarden W, Sahota D, James D, et al. Improved intrapartum surveillance with PR interval analysis of the fetal electrocardiogram: A randomized trial showing a reduction in fetal blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1996; 174(4):1295-1299.
- Strachan B, Wijngaarden W, Sahota D, et al. Cardiotachography only versus cardiotachography plus PR-interval analysis in intrapartum surveillance: a randomized, multicenter trial. *FECG Study Group. Lancet* 2000; 355:456-459.
- Rosén K, Amer-Wahlin I, Luzietti R, et al. Fetal ECG waveform analysis. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2004; 18(3):485-514.
- Westerhuis M, Moons K, van Beek E, et al. A randomised clinical trial on cardiotocography plus fetal blood sampling versus cardiotocography plus ST-analysis of the fetal electrocardiogram (STAN[®]) for intrapartum monitoring. *BMC Pregnancy Childbirth* 2007; 7:13.
- Amer-Wahlin I, Hellsten C, Norén, H, et al. Cardiotocography only versus cardiotocography plus ST analysis of fetal electrocardiogram for intrapartum fetal monitoring: a Swedish randomised controlled trial. *Lancet* 2001; 358(9281):534-8.
- Amer-Wahlin I, Bordahl P, Eikland T, et al. ST analysis of the fetal electrocardiogram during labor: Nordic observational multicenter study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2002; 12(4):260-6.
- Kwee A, Dekkers A, van Wijk H, et al. Occurrence of ST-changes recorded with the STAN[®] S21-monitor during normal and abnormal fetal heart patterns during labour. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2006; 135:28-34.
- Jacquemyn Y. ST-analysis. *Int Congr Ser* 2005; 1279:346-9.
- Press release: Neoventa introduces unique fetal heart monitor to the U.S. market. Mölndal, Sweden, November 2, 2005.
- Amer-Wahlin I, Arulkumaran S, Hagberg H, et al. Fetal electrocardiogram: ST waveform analysis in intrapartum surveillance. *BJOG* 2007; 114:1191-3.
- Doria V, Papageorghiou A, Gustavsson A, et al. Review of the first 1502 cases of ECG-ST waveform analysis during labour in a teaching hospital. *BJOG* 2007; 114:1202-7.
- Rosén K. Fetal electrocardiogram waveform analysis in labour. *Current Opinion Obstet Gynecol* 2001; 13:137-140.
- Dervaitis K, Poole M, Schmidt G, et al. ST segment analysis of the fetal electrocardiogram plus fetal heart rate monitoring in labor and its relationship to umbilical cord arterial blood gases. *Am J Obstet Gynecol* 2004; 191:879-84.
- Vayssière C, Haberstick R, Sebahoun V, et al. Fetal electrocardiogram ST-segment analysis and prediction of neonatal acidosis. *Int J Gynecol Obstet* 2007; 97:110-114.
- Ojala K, Vaarasmaki M, Makikallio, et al. A comparison of intrapartum automated fetal electrocardiography and conventional cardiotocography – a randomised controlled study. *BJOG* 2006; 113:419-423.
- Olofsson P. Current status of intrapartum fetal monitoring: cardiotocography versus cardiotocography + ST analysis of the fetal ECG. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2003; 110:S113-8.
- Westerhuis M, Kwee A, van Ginkel, et al. Limitations of ST analysis in clinical practice: three cases of intrapartum metabolic acidosis. *BJOG* 2007; 114:1194-1201.
- Ayres-de-Campos D, Bernardes J, Kwee A, Westehuis M, Visser GHA. Computer quantification of short-term variability as an adjunct to fetal electrocardiographic monitoring. *BJOG* 2007; 114(11):1445-6.
- Ayres-de-Campos D, Sousa P, Costa A, Bernardes J. Omniview-SisPorto_ 3.5 – a central fetal monitoring station with online alerts based on computerized cardiotocogram and ST event analysis. *J Perinat Med* 2008 (in press).