

*COLLÈGE NATIONAL
DES GYNÉCOLOGUES ET OBSTÉTRICIENS FRANÇAIS
Président : Professeur B. Blanc*

**Extrait des
Mises à jour
en Gynécologie
et Obstétrique**

—
**TOME XXVI
publié le 28.11.2002**



*VINGT-SIXIÈMES JOURNÉES NATIONALES
Paris, 2002*

Surveillance de l'ECG fœtal pendant le travail

C. VAYSSIERE¹, R. HABERSTICH², B. SCHMITT¹,
V. SEBAHOUN¹, B. LANGER², I. NISAND¹
(Strasbourg)

INTRODUCTION

L'analyse continue du rythme cardiaque fœtal (RCF) est depuis les années 70 la méthode de référence pour la surveillance des femmes au cours du travail. L'auscultation intermittente (AI), qui n'est plus guère utilisée en France, reste encore largement indiquée dans les pays scandinaves, en particulier pour une population sans facteur de risque de souffrance fœtale aiguë (SFA). Or, le bénéfice de l'utilisation du RCF est très controversé (Thacker et al. 1995 ; Parer et King 2000). Le RCF est réputé pour avoir une bonne sensibilité de dépistage de la SFA, aux alentours de 80 % mais avec un taux de faux positifs assez élevé d'environ 30 % (Murphy et al. 1990). La méta-analyse de Thacker confirme ces résultats ; par rapport à l'auscultation intermittente, l'analyse continue du RCF au cours du travail en routine n'est pas associée à une diminution du taux de morts fœtales, ni à une diminution du nombre d'hospitalisations en USI, mais est associée à une diminution du taux de convulsions néonatales (RR = 0,5 [0,30-0,82]) ; a contrario, l'analyse

1. SIHCUS-CMCO – Service de gynécologie obstétrique
19 rue Louis Pasteur – 67303 SCHILTIGHEIM

2. CHU d'Hautepierre – avenue Molière – 67100 STRASBOURG
Université Louis Pasteur, Strasbourg

continue du RCF est associée à une augmentation du taux de césariennes (RR = 1,23 [1,15-1,31]). Une des caractéristiques du RCF est sa complexité d'interprétation, ce qui doit nuire à sa capacité de dépistage de la SFA. En effet plusieurs variables doivent être prises en compte simultanément pour pouvoir interpréter avec précision le tracé de RCF : la fréquence de base du rythme, la variabilité du rythme, l'existence d'accélération et le nombre de celles-ci, l'existence de ralentissements. C'est aussi parce qu'il faut interpréter plusieurs paramètres en même temps que le RCF présente une très forte variabilité interopérateur (Nielson et al., 1987).

La difficulté d'interprétation du RCF mais aussi la pression médico-légale croissante dans le domaine de la médecine périnatale font pousser vers l'utilisation d'une méthode complémentaire de surveillance du bien-être fœtal en cours du travail. Le pH au scalp a l'inconvénient d'être une méthode discontinue et astreignante, peu utilisée en France. En revanche, l'analyse de l'ECG fœtal (fraction ST) et l'oxymétrie de pouls fœtal, techniques de surveillance continue du bien-être fœtal au cours du travail, ont des atouts pour être utilisées aux côtés du RCF.

Après un rappel physiopathologique sur l'acidose métabolique et son lien avec l'anomalie ST puis un descriptif de la technique de l'ECG fœtal par analyse du segment ST (STAN), nous apprécierons la performance de cette nouvelle technique pour le diagnostic de l'acidose métabolique et pour la diminution du taux d'extractions. Enfin nous évaluerons les avantages et les inconvénients ainsi que les bénéfices que l'on peut attendre de son utilisation.

I. L'ECG FŒTAL PAR L'ANALYSE DU SEGMENT ST (STAN) : physiopathologie des anomalies ST, fonctionnement du STAN, revue de la littérature

L'apparition de l'ECG fœtal remonte à la première réalisation des enregistrements en 1960 par Cremer. Cette technique a été abandonnée depuis de nombreuses années, jusqu'au développement de microprocesseurs permettant, grâce à des fibres électroniques, l'isolement du complexe PQRST à partir d'électrode fœtale de scalp. Ce procédé a pour but d'analyser les modifications morphologiques de l'ECG au cours d'un épisode d'hypoxie ou d'asphyxie fœtale. Les principales modifications constatées concernent l'onde P et le segment PR,

témoins de la conduction auriculo-ventriculaire, l'onde T et le segment ST, témoins d'une hypoxie cellulaire au niveau myocardique. Le seul essai randomisé évaluant l'analyse du segment PR est décevant puisque le taux de césariennes pour SFA ainsi que le pourcentage d'acidoses métaboliques n'ont pas été diminués dans le groupe avec analyse PR (Strachan et al, 2000). L'analyse du segment ST est restée longtemps controversée depuis le début des travaux expérimentaux engagés en particulier par Karl Rosen dans les années 1975, jusqu'à la publication d'un premier essai randomisé en 1993, suivi d'un 2^e en 2001 avec une nouvelle machine (Westgate et al., 1993 ; Amer-Wåhlin et al. 2001).

A. Physiopathologies de l'acidose métabolique et lien avec les anomalies du segment ST

1. Physiopathologie de l'acidose métabolique

Le travail expose le fœtus à une situation de stress avec augmentation de la demande énergétique. Cette production d'énergie n'est possible que grâce à une forte consommation d'oxygène. La quantité d'oxygène disponible dépend de la saturation en oxygène, de la concentration en hémoglobine du sang et du débit sanguin myocardique. En présence d'une hypoxie, la quantité d'oxygène disponible diminue alors que la charge de travail du cœur est maintenue. Dans un premier temps, tant que la quantité en oxygène disponible au niveau cellulaire est suffisante, le métabolisme aérobie exclusif permet l'apport d'énergie ; ainsi la diminution de l'activité foetale permet une « économie » de consommation d'énergie. Lorsque la quantité d'oxygène périphérique se raréfie, cette carence en oxygène au niveau cellulaire induit l'activation du métabolisme anaérobie. Ainsi une stimulation adrénérurgique via les récepteurs- β va entraîner une activation de l'AMP cyclique qui augmente l'activité cellulaire et active l'enzyme de phosphorylation. La phosphorylase va permettre la dégradation du glycogène (glycogénolyse) (Rosen et al. 1984). On notera que le métabolisme anaérobie pour produire de l'énergie à partir du glucose a un rendement 20 fois inférieur à celui du métabolisme aérobie. À la libération du glycogène est associée une libération d'ions potassium qui se traduit par une élévation de l'onde T ; l'acide lactique est également libéré lors du métabolisme anaérobie traduisant ainsi l'origine métabolique de l'acidose. Il est important de dissocier l'acidose respiratoire de l'acidose métabolique. Elles sont la conséquence d'une diminution du débit sanguin placentaire. L'acidose res-

piratoire est due à une diminution du passage du gaz carbonique (CO_2) du fœtus vers la mère. Il en résulte une accumulation de CO_2 . Ce CO_2 excédentaire se lie à l'eau pour libérer dans le plasma des bicarbonates et des ions H^+ , ce qui se traduit au prélèvement du cordon à la naissance par une baisse du pH avec une PCO_2 élevée mais sans déficit de bases initialement ; lors des premières inspirations, le CO_2 est évacué. L'acidose métabolique est secondaire à l'activation du métabolisme anaérobie. Elle peut survenir lorsqu'une diminution de la saturation en oxygène subsiste. Le métabolisme anaérobie aboutit à une synthèse d'ions H^+ au niveau intracellulaire avec une baisse plus tardive du pH. Au cordon, à la naissance, on constate une baisse du pH associée à une PCO_2 initialement peu élevée avec un déficit de bases augmenté. On notera qu'un clampage tardif du cordon (après plusieurs expirations du nouveau-né), en plus de ne pas avoir d'utilité clinique pour le nouveau-né, risque de fausser les gaz du sang en faisant augmenter artificiellement le déficit de bases.

2. Liens entre les anomalies du segment ST et l'acidose métabolique (expérimentations animales)

La morphologie du segment ST est dépendante de la dépolarisation ventriculaire, des modifications hémodynamiques ainsi que du fonctionnement de la pompe Na^+/K^+ au niveau de la membrane des cellules myocardiques. Une diminution de fonctionnement de la pompe Na^+/K^+ , aboutit à un relargage d'ions K^+ et à une modification de la polarité membranaire, ce qui donne une élévation de l'onde T (Noble et Cohen 1978). Le lien entre hypoxie et élévation de l'onde T est montré dès 1975 (Rosen et al. 1975). Le lien entre élévation de l'onde T et passage au métabolisme anaérobie est décrit en 1976 (Rosen et al. 1976) et confirmé expérimentalement en 1984 à partir de biopsies de cellules myocardiques d'agneaux (Hokegard et al. 1981). Dans cette expérience, l'élévation de l'onde T survient quand la balance énergétique au niveau des cellules myocardiques devient négative puis la défaillance cardiovasculaire se traduit par un retour sur la ligne isoélectrique de T (Hokegard et al. 1981). Ces auteurs montrent une corrélation élevée entre élévation de l'onde T et intensité de la glycogénolyse ($r = 0,73$ ($p < 0,001$)). Pour Greene, l'élévation de l'onde T ne s'observe pas en cas d'hypoxémie simple mais seulement lorsque le métabolisme anaérobie est engagé (Greene et al. 1982). Les différentes étapes allant de l'élévation de l'onde T au passage au métabolisme anaérobie sont progressivement expliquées. Chez la brebis, la stimulation des récepteurs β -adrénergiques produit une élévation de l'onde T puis une asphyxie (Hokegard et al. 1979).

L'intensité de la sécrétion adrénérgique semble fortement corrélée au T/QRS ($r = 0,77$ ($p < 0,001$)) (Rosen et al. 1984). Par ailleurs, les mêmes auteurs constatent que la surélévation de l'onde T survient plus tardivement chez les brebis prématurées ; l'absence de corrélation entre sécrétion adrénérgique et le T/QRS, chez les brebis prématurées, peut être due à une réponse adrénérgique à l'hypoxie différente du fait d'un système neuroendocrinien immature (Van Wijngaarden et James 1998). Watanabee et al., en 1992, en effectuant des expériences de compression de cordon d'agneaux in utero confirment le lien entre une élévation du T/QRS et une augmentation des catécholamines ($r = 0,76$ ($p < 0,01$)) mais aussi entre l'élévation du T/QRS et le pH artériel (pHa) à la naissance ($r = 0,77$ ($p = 0,01$)), la PCO_2 et le déficit de bases à la naissance (Watanabee et al. 1992). Les auteurs déduisent que le flux sanguin coronaire est maintenu tant que la chute de PO_2 est compensée par l'élévation de pression artérielle ; quand la pression artérielle chute (corrélation au T/QRS, $r = 0,86$, $p < 0,01$), le T/QRS augmente par suite de la dépression myocardique (Watanabee et al. 1992). De Haan et al., en 1995, soumettent 47 brebis à une hypoxie prolongée par compression du cordon (De Haan et al. 1995). Ils utilisent le système de Nottingham pour le calcul du T/QRS (algorithme de calcul différent du STAN, cf. C1). Contrairement à Watanabee et al., ils ne retrouvent pas de corrélation entre le T/QRS et la PO_2 ou entre le T/QRS et le pHa au cordon. On notera dans cette évaluation une grande variation inter-animale du T/QRS à la fois en l'absence d'anoxie et en cas d'asphyxie (De Haan et al. 1995). Enfin, plus récemment, Westgate et al. effectuent une expérimentation sur la brebis en effectuant des phases de compression ombilicale d'une minute toutes les 2,5 mn (8 brebis) ou toutes les 5 mn (8 brebis). Pour le groupe 5 minutes, ils montrent que la décélération profonde du RCF est associée à une augmentation de la pression artérielle moyenne et à une augmentation du T/QRS ; le T/QRS redescend à la normale entre les occlusions et le pHa est peu modifié. 4 animaux ont eu une négativation du segment ST et se retrouvent au bout de 4 heures à un pHa plus bas que les autres. Dans le groupe clampage toutes les 2,5 minutes, les résultats se ressemblent mais l'élévation du T/QRS est plus marquée et le ratio reste stable à un niveau élevé entre les occlusions avant de diminuer. À l'élévation persistante du T/QRS sont associées une chute du pH et une élévation des lactates. On note que les 8 fœtus ayant eu un clampage itératif du cordon toutes les 2,5 minutes présentent un sous-décalage du segment ST en fin d'expérience, et ont une décompensation fœtale de plus en plus sévère. Cette

dernière étude corrobore les explications physiopathologiques établissant le lien direct entre anomalies ST et acidose métabolique.

3. Interprétation physiopathologique des anomalies ST

Cette interprétation résulte de l'analyse de l'ensemble des études expérimentales décrites ci-dessus. L'augmentation du T/QRS exprime le passage au métabolisme anaérobie soit par intermittence (élévation épisodique du rapport), soit plus continue (élévation de la ligne de base du T/QRS). Il en résulterait l'apparition d'une acidose métabolique. La présence de segments ST biphasiques traduirait une situation où le cœur fœtal n'a pas eu le temps de répondre à l'hypoxie ou ne possède pas la faculté de réagir. Des événements de ce type seraient également parfois identifiés au cas d'infection ou de malformation cardiaque (Sündström et al. 2000). Il semble par ailleurs que des segments ST biphasiques soient présents plus régulièrement durant l'accouchement du fœtus prématuré (Widmark et al. 1992) et que l'on puisse retrouver des anomalies du segment ST alors que le RCF est normal. Une réponse adrénérergique excessive résultant d'un système neuroendocrinien immature est l'explication donnée pour ces 2 situations (Widmark et al. 1992 ; Rosen et Luzietti 2000). En cas d'acidose métabolique prolongée, au-delà d'un certain degré de défaillance cardiaque, il est possible qu'il n'y ait plus de modification de ST (Westgate et al. 2001). C'est le cas d'une situation avec un RCF d'aspect terminal (Amer-Wählin et al. 2001). Cet élément est très important à prendre en compte, en particulier lorsqu'un STAN est posé après une période prolongée d'anomalies majeures du RCF.

B. Fonctionnement du STAN (description du STAN S21)

Le STAN est un cardiocographe qui permet l'analyse en temps réel de l'ECG fœtal (segment ST) chez une patiente en travail à terme (≥ 37 SA) dès lors que les membranes sont rompues. Cette analyse se fait par une électrode de scalp à simple spire, la double spire donnant un signal de moins bonne qualité (Westgate et al. 1990). Une électrode est placée sur la cuisse de la mère pour pouvoir dissocier le rythme cardiaque fœtal du rythme cardiaque maternel. L'onde P correspond à la contraction des oreillettes, le complexe QRS à la contraction des ventricules et l'onde T correspond à la repolarisation des cellules du myocarde avant la contraction auriculaire suivante. Les deux anomalies de la partie ST à considérer sont l'élévation de l'amplitude de l'onde T (Figure 1) et le caractère biphasique du segment ST

(Figure 2). L'élévation de l'onde T est quantifiée par le rapport entre la hauteur de l'onde T et la hauteur totale du QRS. En cas de segment ST biphasique, on distingue 3 grades :

Figure 1

Élévation de l'onde T

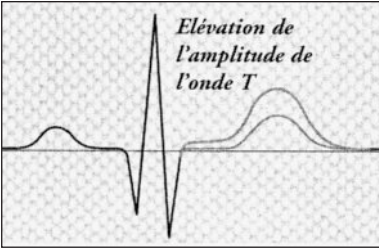
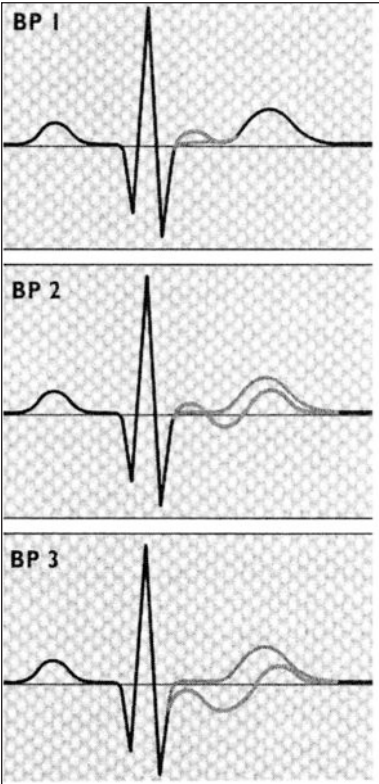


Figure 2

Segment ST biphasique



le grade 1 lorsque le segment est en totalité au-dessus de la ligne isoélectrique, le grade 2 lorsque le segment est en partie en dessous de la ligne isoélectrique et le grade 3 lorsque le segment est en totalité sous la ligne isoélectrique (Figure 2). Seuls les grades 2 et 3 sont considérés comme pathologiques. Sur l'écran du moniteur est transcrite par une croix, en plus du RCF traditionnel et des contractions utérines, l'analyse du ratio T/QRS de l'ECG fœtal. Chaque croix correspond à une moyenne de 30 T/QRS de telle sorte qu'en présence d'un bon signal, si le rythme de base est à 120 battements par minute, nous obtenons 4 croix par minute. Les croix du T/QRS se situent sous la transcription des contractions utérines et sont placées selon un axe vertical gradué de $-0,125$ à $0,50$. En cas d'anomalie ST, l'appareil signale un événement sous la forme d'une inscription EVENT sur l'écran ; de même sous une rubrique appelée registre des événements, affichable en permanence sur le moniteur, l'événement est signalé par une inscription en gras. Le caractère décisionnel ou non de l'événement tient compte de la classification du RCF. La classification de la FIGO permet de classer le RCF en 4 catégories : normal, intermédiaire,

pathologique ou préterminal (Tableau I) (FIGO 1987). Les informations signalées par le STAN ne doivent pas être prises en compte si le RCF est normal. En cas de RCF préterminal, la décision doit se prendre immédiatement indépendamment du STAN. Il est légitime aujourd'hui de choisir comme schéma décisionnel de référence celui validé par l'essai suédois (Amer-Wählin et al. 2001) (Tableau II). Les seuils décisionnels sont plus conservateurs en cas de rythme intermédiaire qu'en cas de rythme pathologique. Avant d'envisager une extraction instrumentale ou une césarienne, il faut envisager la correction d'une éventuelle anomalie clinique telle qu'un trouble de la contractilité (hypercinésie, hypertonie) ou un syndrome cave.

Le STAN S21 utilise le STlog qui correspond à l'identification et l'information en temps réel des événements par message automatique sur l'écran ; le type d'anomalie ainsi que son niveau sont ainsi rapportés automatiquement sur l'écran :

- Une élévation épisodique du T/QRS. Celle-ci est caractérisée par une élévation $> 0,10$ unité durant moins de 10 minutes ;

- Une augmentation de la ligne de base du T/QRS. Cela se caractérise par une élévation du T/QRS $> 0,05$ durant plus de 10 minutes. Cette moyenne du T/QRS sur une période de 10 minutes est recalculée toutes les minutes ;

- L'apparition de segments ST biphasiques. Trois degrés sont signalés selon la situation du segment par rapport à la ligne de base (cf. ci-dessus). Dans l'essai suédois, est définie comme événement décisionnel la présence d'un segment ST biphasique en continu (plus de 2 ou 5 minutes selon le type de RCF) et/ou la présence de plus de 2 ou 3 triplets consécutifs (Tableau II).

Par rapport au modèle précédent (le 8801), il existe avec le S21 une amélioration de la qualité et de la lecture du signal avec l'apparition d'un signal digital. Il a encore bénéficié de mises à jour jusqu'à aujourd'hui.

C. Résultats des études chez les parturientes

1. Les études observationnelles (sans intervention) basées sur le T/QRS

Les études d'observation chez la femme enceinte sont dans un premier temps à contre-pied de l'expérimentation animale qui était globalement en faveur de l'utilisation du T/QRS (B2). Si Lidja et al., en 1985 montraient dans un premier temps une corrélation linéaire entre le T/QRS et le lactate veineux au cordon à la naissance ($r = 0,58$, $p < 0,01$) sur 46 patientes, trois études successives sont

SURVEILLANCE DE L'ECG FŒTAL PENDANT LE TRAVAIL

Tableau 1

Classification du RCF selon la FIGO utilisée lors de l'essai suédois (Amer-Wåhlin et al. 2001)

Classification RCF	Fréquence cardiaque	Variabilité et réactivité	Décélérations **
RCF normal	<ul style="list-style-type: none"> • 110-150 battements/mn 	<ul style="list-style-type: none"> • 5-25 battements/mn • accélérations 	<ul style="list-style-type: none"> • décélérations précoces • décélérations variables de durée < 60 sec et baisse < 60 battements
RCF intermédiaire *	<ul style="list-style-type: none"> • 150-170 battements/mn • court épisode de bradycardie 	<ul style="list-style-type: none"> • > 25 battements/mn sans accélérations • < 5 battements/mn > 40 mn 	<ul style="list-style-type: none"> • décélérations variables de durée < 60 sec et baisse > 60 battements
RCF pathologique	<ul style="list-style-type: none"> • 150-170 battements/mn et variabilité réduite • >170 battements/mn • bradycardie persistante 	<ul style="list-style-type: none"> • < 5 battements/mn > 60 mn • tracé sinusoidal 	<ul style="list-style-type: none"> • décélérations variables de durée > 60 sec • décélérations tardives répétitives
RCF préterminal	<ul style="list-style-type: none"> • absence totale de variabilité et de réactivité, avec ou sans décélération ou bradycardie 		

* une combinaison de plusieurs paramètres font classer le rythme en pathologique

** on parle de décélération en cas de diminution de plus de 15 battements de la fréquence cardiaque pendant plus de 15 secondes

Tableau II

Critères décisionnels du STAN selon le RCF (verso de la réglette utilisée lors de l'essai suédois) (Amer-Wählin et al. 2001)

	RCF intermédiaire	RCF anormal	RCF préterminal
Augmentation épisode de T/QRS	> 0,15	> 0,10	Extraction immédiate
Élévation de la ligne de base de T/QRS	> 0,10	> 0,05	
Segment ST biphasique	En continu > 5min ou > 2 épisodes de triplets de BP2 ou BP3*	En continu > 2min ou > 1 épisode de triplets de BP2 ou BP3*	
* Il existe 3 types de segment ST biphasique selon qu'il descend ou non sous la ligne de base isoélectrique (B)			

venues semer le trouble chez les promoteurs de la technique (Newbold et al. 1991, Maclachlan et al. 1992 et Murphy et al. 1992). Newbold et al. ont comparé les valeurs diagnostiques de l'ECG et du T/QRS moyen 30 minutes avant la naissance chez 174 patientes à l'aide du système de Nottingham (système de calcul du T/QRS différent du système STAN) (Newbold et al. 1991). Le signal du T/QRS a pu être extrait rétrospectivement pour 40 patientes seulement. Il n'existait pas de différence significative du T/QRS moyen selon que le RCF avait été classé comme normal, intermédiaire ou pathologique. En comparant le T/QRS moyen entre la première et la dernière heure du travail, il n'y avait pas de différence significative pour le groupe des 8 enfants nés avec un pHa < 7,16 par rapport au groupe des enfants nés avec un pHa > 7,16. Maclachlan et al. ont comparé à l'aide du STAN les valeurs diagnostiques du T/QRS et du RCF pour prédire un pH au scalp < 7,20 et un pHa à la naissance < 7,12 sur un échantillon de 113 patientes ayant un RCF pathologique ou suspect (Maclachlan et al. 1992). La valeur du T/QRS n'était pas utilisée pour les décisions. Il existait un lien entre le T/QRS avant la naissance et le pHa à la naissance. Pour la comparaison avec le RCF, le seuil de 0,28 (97,5 percentile de la population) était choisi pour le T/QRS et l'analyse a

porté sur les 10 minutes précédant le pH au scalp et les 30 minutes précédant la naissance. Les valeurs diagnostiques du T/QRS et du RCF pour prédire un pH au scalp $< 7,20$ étaient respectivement de 13 % et 50 % de sensibilité, 98 % et 86 % de spécificité, 50 % et 40% de VPP et 86 % et 93 % de VPN ; de même, pour la prédiction du pHa $< 7,12$, on a respectivement 29 % et 76 % de sensibilité, 97 % et 72 % de spécificité, 71 % et 28 % de VPP et 86 % et 90 % de VPN. Si les valeurs prédictives sont élevées en utilisant ce seuil de T/QRS, les sensibilités sont trop faibles pour prétendre rendre ce seuil utilisable en routine. L'étude de Murphy et al. était une analyse rétrospective sur 86 patientes à risque avec le système STAN (Murphy et al. 1992). Une moyenne d'une heure du T/QRS était considérée à 4, 8 ou 10 centimètres de dilatation. Une valeur seuil de T/QRS de 0,25 a été choisie dans cette étude. Le T/QRS n'a pas dû être utilisé pour les décisions bien que cela ne soit pas clairement explicité. S'il existait une corrélation entre le T/QRS et le déficit de base à la naissance, elle n'a pas été retrouvée entre le T/QRS et le pHa à la naissance. Sur les 4 enfants présentant une acidose métabolique (pHa $< 7,12$ et BD (déficit de bases du liquide extracellulaire) $> 12\text{mmol/l}$), seul un avait une moyenne de T/QRS supérieure à 0,25 ; il s'agissait de l'enfant le plus acidotique (pHa = 6,96, BD = 16 mmol/l).

Plusieurs explications peuvent être données pour expliquer ces résultats décevants. L'utilisation d'un seuil unique de T/QRS moyen paraît inadéquate car il est bien montré qu'il peut varier considérablement au cours du travail normal selon les études : 10 % (Newbold et al. 1989), 15 % (Lilja et al. 1988), 18-26 % (Thaler et al. 1987), 20 % (Roemer et al. 1972). De même l'utilisation d'un T/QRS au-delà d'un percentile défini pour la population considérée (Maclachlan et al. 1992) ne paraît pas être judicieux car le T/QRS ne suit pas une distribution normale (van Wijngaarden et James 1998). Il paraît plus judicieux d'utiliser une augmentation significative d'un T/QRS à partir d'une moyenne de T/QRS d'un sujet donné (van Wijngaarden et James 1998, Amer-Wählin et al. 2001). La deuxième critique concerne le système d'analyse du T/QRS utilisé : système de Nottingham versus système STAN. Le système de Nottingham donne des moyennes de T/QRS qui sont inférieures à celles du système STAN (Skillern et al. 1994). En effet, la référence isoélectrique utilisée pour calculer le T/QRS est le segment P-R (50 ms pré-R) pour le STAN et la région T-P pour Nottingham. Il apparaît ainsi que les seuils utilisés pour le STAN ne sont pas compatibles avec ceux du système Nottingham (Newbold et al. 1991, de Haan et al. 1995); de ce fait, les études utilisant les 2 systèmes ne peuvent être comparées (Skillern et al. 1994).

Plus récemment, van Wijngaarden et al., en 2000, ont fait une analyse rétrospective comparant 10 patientes ayant une acidose métabolique à la naissance (définie par $\text{pHa} < 7,15$ et $\text{BD} > 10 \text{ mmol/l}$) à un groupe témoin de 10 patientes ayant accouché juste après chacune des patientes précédentes et n'ayant pas d'acidose métabolique. L'analyse ST était cachée des cliniciens. Le système d'analyse du segment ST utilisé était celui de Nottingham. Un T/QRS foetal au-delà des 97,5^e et 99,5^e percentiles durant au moins 2 minutes était considéré comme pathologique. Le percentile du T/QRS était calculé individuellement pour chaque cas. Sur les 10 patientes dont le nouveau-né était en acidose, 4 ont accouché suite à un RCF pathologique dont une avec un T/QRS $> 99,5^{\text{e}}$ percentile. Sur les 6 autres patientes, 2 avaient un T/QRS $> 99,5^{\text{e}}$ percentile. Parmi les témoins, aucune patiente n'a eu un accouchement provoqué à l'issue de la lecture du RCF et aucune patiente n'avait de T/QRS au-dessus du 99,5^e percentile. Les auteurs ont conclu que le T/QRS pouvait être bénéfique à l'analyse du bien-être foetal au cours du travail, même s'ils ont trouvé insuffisante l'utilisation d'un seuil unique de T/QRS.

La même équipe a publié le résultat d'une étude rétrospective où elle a comparé l'ECG des 71 patientes ayant une acidose métabolique définie par $\text{pHa} < 7,15$ et $\text{BD} > 8 \text{ mmol/l}$ à 608 patientes n'ayant pas eu un enfant né en état d'acidose métabolique (Strachan, Sahota et al. 2000). Dans cette évaluation, parmi les différents paramètres de l'ECG, le T/QRS n'était pas lié à l'acidose métabolique. Cette étude, comme la précédente, a l'inconvénient d'utiliser le système de calcul de Nottingham. Par ailleurs, il s'agit d'un échantillon inhomogène puisque une moitié de patientes faisait partie d'une étude d'observation et que l'autre moitié faisait partie de l'essai randomisé de Nottingham (Strachan, van Wijngaarden et al. 2000), avec pour 26 % des patientes une analyse de l'ECG foetal participant à la décision d'accouchement.

2. Les études observationnelles (sans intervention) multicentriques : STAN 8801 et STAN S21.

a. L'étude européenne

L'étude multicentrique observationnelle européenne a permis l'inclusion de 618 patientes (Luzietti et al. 1999) sur 7 centres dont l'équipe lyonnaise du Pr Thoulon. L'appareil utilisé était le STAN 8801 (version antérieure du S21). L'analyse des anomalies du segment ST n'était pas accessible à l'équipe médicale pour la gestion des patientes. On déplore dans cette étude que seuls 320 cas (52 %) de 2 centres soient inclus dans l'analyse. Les 6 cas d'hypoxie intrapartum

(pHa < 7,10 et score d'Apgar à 1 minute inférieur à 6 dans cette étude) avaient un RCF pathologique et une anomalie significative de ST. On note, par ailleurs, qu'un fœtus a eu des convulsions à la naissance et a développé ultérieurement une infirmité motrice cérébrale mais il n'y avait pas eu de gaz du sang à la naissance. Le travail ne s'était traduit par aucune anomalie du RCF et de ST sachant que les 25 minutes avant la naissance étaient vierges de tout enregistrement (ni RCF ni STAN). Les 5 cas avec élévation significative de la ligne de base du T/QRS étaient associés à une hypoxie intra-partum précédemment définie ; il y avait 1 cas de mort fœtale, un cas avec convulsions néonatales et 2 cas ayant nécessité une assistance respiratoire à la naissance. Aucun des 16 cas avec élévation épisodique du T/QRS n'avait d'hypoxie à la naissance. Enfin, sur les 6 cas de ST biphasique, 1 était en hypoxie avec un pHa à 7,05. L'analyse n'ayant porté que sur la moitié des patientes incluses, l'interprétation des résultats de cette étude doit être prudente.

b. L'étude nordique

L'étude multicentrique observationnelle nordique a permis l'inclusion de 574 patientes sur 12 salles de naissance (Rosen et Luzietti 2000). L'appareil utilisé était le STAN S21. L'analyse ST n'était pas utilisée pour les décisions et se faisait indépendamment de l'équipe médicale. L'analyse de la valeur diagnostique du STAN a été faite rétrospectivement. Il y eut 15 cas avec acidose métabolique (pHa < 7,05 avec BD > 12 mmol/l) et/ou examen neurologique post-natal anormal. Tous les cas ont été identifiés par le STAN. Parmi les 15 cas, 5 ont eu des événements dans la première phase de travail. Parmi les 8 enfants nés avec un pHa < 7,05 mais un BD < 12 mmol/l, 7 ont été reconnus par le STAN. En plus d'une sensibilité élevée du STAN dans cette étude, on a une forte valeur prédictive : 51 % des patientes avec anomalie RCF+événement STAN significatifs ont eu un pHa à la naissance < 7,05 versus 14 % pour le RCF seul. De même, respectivement 79 % et 44 % des anomalies RCF+ STAN et RCF seul ont eu un pHa à la naissance < 7,15. On précise que cette étude n'est à ce jour pas publiée. Cette étude suscite la question du caractère éventuellement trop tardif d'un signal STAN dans le dépistage de l'acidose métabolique. Cette question trouve des éléments de réponse dans l'essai suédois et l'étude strasbourgeoise (cf. **3b** et **4c**).

3. Les 2 essais randomisés

2 essais randomisés ont été réalisés jusqu'à présent ; l'essai anglais, publié en 1993, a utilisé l'ancien STAN 8801 ; l'essai suédois, publié en

2001, a utilisé la version actuelle du STAN S21. Nous présentons les principaux résultats des 2 essais au tableau III.

Tableau III

Résultats des 2 essais randomisés (Westgate et al. 1993 ; Amer-Wählin et al. 2001)

	taux d'acidoses métaboliques *			taux d'extractions pour RCF **		
	RCF+STAN %	RCF %	OR (95 % IC)#	RCF+STAN %	RCF %	OR (95 % IC)#
Westgate et al. 1993 (N = 2434)	0,4	1,1	0,38 (0,12-1,16)	5,0	9,1	0,52 (0,37-0,73)
Amer-Wählin et al. 2001 (N = 4966)	0,7	1,5	0,46 (0,24-0,89)	7,7	9,3	0,81 (0,66-1,00)§

* défini par pHa < 7,05 et BD > 12 mmol/l
 ** taux d'extractions : par césarienne ou par voie instrumentale
 # résultats donnés par Epi-info version 6
 § p = 0,04 (χ^2)

a. L'essai anglais (Plymouth)

L'essai monocentrique Plymouth incluait 2434 parturientes à haut risque obstétrical (grossesses de plus de 34 semaines d'aménorrhée sans anomalie fœtale nécessitant une surveillance cardiotocographique continue). Après tirage au sort, 2 groupes ont été comparés, un groupe RCF seul (1215 patientes) et un groupe RCF+STAN (1219 patientes). Les conduites à tenir étaient dictées par un arbre décisionnel autorisant 3 options : poursuite du RCF, réalisation de pH au scalp ou extraction. L'acidose métabolique était définie par la présence concomitante des 4 critères suivants : un pHa à la naissance < 7,05, un BD > 12 mmol/l, un Apgar à 5 min \leq 7 et une réanimation du nouveau-né \geq 4 min. Le taux de pH au scalp pratiqués était de 7,6 % dans le groupe STAN et de 9,4 % dans le groupe RCF seul (NS). On a observé dans l'étude une réduction significative de 48 % du taux d'extractions instrumentales pour anomalie du rythme en faveur du groupe RCF+STAN : 5 % (61/1219) dont 15 césariennes dans le groupe RCF+STAN versus 9 % (111/1215) dont 30 césariennes dans le groupe RCF seul. Il n'existait pas de différence du taux d'extractions pour dystocie entre les 2 groupes. Le taux d'acidose métabolique a été diminué dans le groupe RCF+STAN de 62 %, même si la différence n'est pas significative : OR = 0,38 [0,13-1,07] (Westgate et al. 1993). Cet essai se distingue de l'essai suédois par l'utilisation d'un STAN plus ancien (8801), l'utilisation d'un seuil fixe de

T/QRS pour définir l'anomalie, et par l'utilisation de critères décisionnels plus complexes que ceux de l'essai suédois. Les *reviewers* de la *Cochrane Database* concluent que ces résultats sont encourageants car ils indiquent à la fois une réduction du taux d'extractions et l'absence d'augmentation de l'acidose métabolique (peut-être une diminution) lorsque le STAN est associé au RCF dans la surveillance perpartum des patientes à risque (Neilson et Mistry 2002).

b. L'essai suédois

L'essai multicentrique suédois a permis l'inclusion de 4966 femmes à terme sur 3 centres entre décembre 1998 et juin 2000 (Amer-Wählin et al. 2001). Le taux de césariennes dans les 3 centres variait entre 12 et 14 %. La méthodologie était la même que celle de l'essai précédent avec un appareil STAN de 2^e génération : le S21. Par ailleurs, la prise de décision d'extraction a suivi le schéma décisionnel du tableau II.

Le critère de jugement principal était le taux d'acidose métabolique défini par un pHa < 7,05 et un BD > 12 mmol/l. Le taux de pH au scalp était de 8,6 % dans le groupe RCF+STAN et de 10,3 % dans le groupe RCF seul (NS). Les résultats en intention de traiter sont à prendre en compte en priorité. Le taux d'acidose métabolique a été diminué dans le groupe RCF+STAN de 54 % et la différence était significative : 15/2159 (0,7 %) versus 31/2079 (1,5 %), RR = 0,47 [0,25-0,86]. On a observé également dans l'étude une réduction significative de 19 % du taux d'extractions (par voie instrumentale ou par césarienne) pour anomalie du rythme en faveur du groupe RCF+STAN : 193/2519 (7,7 %) versus 227/2447 (9,3 %), RR = 0,83 [0,69-0,99]. Il n'existait pas de différence entre les 2 groupes pour le taux d'extractions pour dystocie, contrairement à ce qui a été retrouvé dans le groupe oxymétrie de l'essai américain (Garite et al. 2000). Le taux global d'extractions (toutes indications) est aussi significativement diminué dans l'essai suédois avec le STAN, OR = 0,86 (0,74-0,99).

On note qu'après exclusion des cas avec analyse inadéquate du tracé ou présence de malformation majeure (291 cas dans le groupe RCF+STAN contre 283 dans le groupe RCF seul, les groupes restant comparables), les résultats sont plus prononcés à la fois pour le taux d'acidoses métaboliques (RR = 0,40 [0,20-0,80]) que pour le taux d'extractions pour anomalie du rythme (RR = 0,74 [0,59-0,92]).

On note également dans cet essai une réduction du taux d'acidoses métaboliques dans le groupe STAN, après une formation complémentaire de l'équipe médicale à l'analyse du rythme (RCF et STAN), du fait d'un nombre jugé important d'applications non strictes

du protocole d'extraction. Le taux d'acidoses métaboliques a été diminué respectivement de 49 % et 72 % avant et après ré-entraînement dans le groupe STAN et le taux d'extractions pour anomalie du RCF passe respectivement de -10 % à -44 % dans le groupe STAN, les résultats n'étant significatifs pour les 2 critères qu'après ré-entraînement. Ces résultats sont bien sûrs à prendre avec prudence car cette différence de résultats pourrait sur le plan théorique être due à d'autres paramètres que le ré-entraînement du personnel à l'analyse du rythme. On peut cependant penser que la formation des équipes à l'analyse du STAN doit être très appliquée et prolongée avant l'utilisation en routine du STAN.

On notera que pour la population de cet essai, le taux de termes dépassés (≥ 42 SA) était de 10 %, le taux de liquides méconiaux était de 23 % et le taux de péricurales de 39 % seulement, ce qui semble différent de ce qu'on retrouve dans notre pratique (Blondel et al. 2001).

Les mêmes auteurs ont comparé dans le détail les issues néonatales des 2 groupes RCF seul et RCF+STAN (Noren et al, 2002) des 4966 patientes incluses dans l'essai. Les auteurs n'avaient pas connaissance du groupe d'appartenance des mères dont sont issus les nouveau-nés. Il y a eu 1 décès intrapartum et 350 nouveau-nés (7 %) admis en USI. Il y a eu dans l'essai, 29 nouveau-nés avec une issue défavorable (décès, encéphalopathie ou acidose métabolique), 19 dans le groupe RCF seul et 10 dans le groupe STAN. Il y a eu une diminution significative du taux d'enfants nés vivants avec encéphalopathie modérée (augmentation du tonus musculaire) ou sévère (convulsions néonatales ou décès), 0,33 % (8/2447) dans le groupe RCF seul contre 0,04 % (1/2519) dans le groupe STAN (OR = 0,12 [0,01-0,94], $p = 0,02$). Il y a eu 2 cas de décès dans le groupe STAN (dont 1 avec un événement STAN significatif non pris en compte avec naissance 38 minutes après l'apparition de l'événement décisionnel) et 1 cas dans le groupe RCF. Il y eu 8 cas de nouveau-nés avec encéphalopathie dans le groupe RCF seul contre 3 dans le groupe STAN ; les 7 cas d'encéphalopathies, modérées ou sévères, étaient dans le groupe RCF seul. Il est intéressant de noter que 76 % des enregistrements (22/29) des fœtus ayant eu une issue défavorable avaient eu un événement décisionnel du STAN (on rappelle que le groupe RCF seul avait une analyse concomitante et cachée du STAN) ou un RCF préterminal (2 cas). Dans les 20 cas d'issue défavorable avec événement STAN significatif, l'événement est survenu 18 fois plus de 20 minutes avant la naissance. Ces résultats rassurent sur le moment assez précoce de survenue de l'événement ST chez des fœtus potentiellement en souffrance. Sur les 29 cas de mauvaise issue néona-

tale, le rythme a été classé préterminal 5 fois, il a été classé 20 fois pathologique et 3 fois intermédiaire, ce qui semble montrer que l'analyse du RCF peut aboutir à une sous-estimation de la gravité de la situation ou être pris en compte trop tardivement par l'équipe soignante. Cela a été confirmé par le fait que lorsqu'il y avait une indication d'intervention selon le protocole d'analyse du RCF (FIGO) (Tableau I) ou selon celui du STAN (Tableau II), la naissance est survenue en moyenne 79 minutes après, en cas d'analyse par RCF seul contre 32 minutes après, en cas d'analyse par RCF+ STAN ($p = 0,03$).

Si on couple les données des 7400 patientes incluses dans l'analyse en intention de traiter des 2 essais randomisés, on obtient une diminution du taux d'acidoses métaboliques dans le groupe STAN de 56 % (OR = 0,44 [0,25-0,77], $p = 0,0001$) et une diminution du taux d'extraction pour anomalie du RCF de 28 % (OR = 0,72 [0,60-0,85], $p = 0,0001$). Le taux global d'extractions (toutes indications) est également diminué de 15 % (OR = 0,85 [0,76-0,95], $p = 0,0045$).

4. Les études de cohortes (avec intervention)

a. Après l'essai suédois : résultats dans l'année ayant suivi l'essai

Actuellement les bons résultats de l'essai suédois sont renforcés par l'analyse des derniers résultats néonataux dans les 2 maternités de Göteborg ayant participé à cet essai (Noren et Rosen 2002). Ils ont 8 appareils à disposition. Durant la période d'octobre 2000 à janvier 2002, sur les 4517 accouchements, 32 % des patientes ont bénéficié du STAN. On dispose des résultats des gaz du sang à l'accouchement pour 88 % des patientes. Les autres patientes, moins à risque, ont été surveillées par RCF seul durant leur travail. le taux global d'acidoses métaboliques était de 0,65 % (26 cas). Sur l'ensemble des 4517 patientes, le taux global d'extractions pour anomalie du RCF était de 7,4 %. Ces résultats sont encourageants car ils renforcent les bons résultats de l'essai tant pour le faible taux d'acidoses métaboliques que pour le faible taux d'extractions pour anomalie du RCF, relativisant un éventuel « effet essai », ayant souvent tendance à optimiser les bons résultats. On rappellera que dans le groupe RCF seul de l'essai suédois, le taux d'acidoses métaboliques était de 2 % et le taux d'extractions global pour anomalie du RCF de 9 % (mais il s'agissait dans le cadre de l'essai de grossesses à risques). En même temps ces résultats montrent que le STAN, en utilisation de routine, ne peut prétendre dépister tous les cas d'acidose métabolique voir d'encéphalopathie. Il aurait été intéressant de comparer ces résultats néonataux à ceux d'avant l'utilisation du STAN.

b. Les résultats du projet européen

Dix services européens, dont le service du Pr Thoulon à Lyon, cumulent leurs données pour connaître l'évolution des résultats des patientes prises en charge par le STAN (Rosen et al, 2002). Le nombre de patientes suivies avec le STAN a été de 3969 entre avril 2000 et juin 2001. On notera que seul un service n'utilise pas le pH au scalp. En comparant les 9 premiers mois (2161 patientes) aux 6 mois suivants, le taux d'acidoses métaboliques ($\text{pHa} < 7,05$ et $\text{BD} > 12$ mmol/l) a augmenté de 0,66 % à 1,16 % (NS). En revanche le taux d'extractions instrumentales pour anomalie du RCF a diminué de 17,6 % à 14,1 % ($p < 0,05$) (l'indication d'extraction a été le STAN respectivement dans 7 % et 6 % des cas). On notera que sur les 14 cas d'acidose métabolique des 9 premiers mois, 12 ont eu un événement STAN plus de 20 minutes avant l'extraction. Une publication devrait donner plus de poids à ces résultats partiels.

c. L'expérience de Strasbourg

Nous avons utilisé en routine le STAN entre juin 2001 et juin 2002 dans 2 maternités (CMCO et Hautepierre). 173 patientes ont été incluses dans cette étude descriptive. Il y avait 80 % de patientes avec un tracé RCF dit anormal, c'est-à-dire classé comme pathologique ou intermédiaire selon la FIGO (Tableau I). L'analyse par le STAN a été prise en compte pour la gestion de l'accouchement. Cet échantillon est réellement à risque avec un taux d'extractions de 54 % (25 % de césariennes et 29 % d'extractions instrumentales), 43 % des patientes ont eu au moins un pH au scalp pratiqué et le pH moyen à la naissance a été de $7,19 \pm 0,08$. Malgré un échantillon relativement réduit, nous avons souhaité nous rassurer sur la capacité du STAN à dépister l'acidose métabolique et à plus particulièrement ne pas induire un surplus de $\text{pH} < 7,05$ du fait d'une intervention trop tardive. Tout d'abord nous avons comptabilisé les éventuels faux négatifs (les faux négatifs étaient les seuls à pouvoir être clairement comptabilisables dans ce type d'étude où le STAN était partie prenante des décisions obstétricales). Il y a eu 7 pHa à la naissance $< 7,05$. Seul un nouveau-né entré dans la définition usuelle de l'acidose métabolique ($\text{pHa} < 7,05$ et base déficit > 12 mmol/l) avec un $\text{pHa} = 7,04$ et un BD à 14,9 mais la lecture détaillée des gaz du sang était clairement en faveur d'un clampage tardif du cordon, ce qui a pu faire conclure à tort à une acidose métabolique par augmentation artificielle du déficit de bases. Un événement décisionnel est apparu tardivement 20 minutes avant la naissance qui a eu lieu par extraction instrumentale. On note par ailleurs 2 dossiers à la limite du faux négatif. Le premier nouveau-né

avait avec un pHa à 6,99 avec un BD à 11,6 ; on note pour ce dossier un faux négatif du pH au scalp et un très mauvais signal STAN dans les 30 minutes qui ont précédé la naissance par extraction instrumentale. Le deuxième est né avec un pHa à 7,0 et un BD à 12,0mmol/l. Ces 3 nouveau-nés dont la naissance est décrite ci-dessus n'ont été ni intubés ni hospitalisés en USI et avaient une évolution néonatale normale. Ensuite on a souhaité comparer l'issue néonatale de 2 groupes, le premier groupe ayant un RCF anormal, avec un événement décisionnel du STAN (40 patientes) et un groupe ayant un RCF anormal sans événement décisionnel du STAN (99 patientes) ; et cela 30 minutes avant la naissance afin de savoir si la décision par le STAN pouvait être trop tardive en induisant une issue nettement défavorable dans le premier groupe. Ces 2 groupes étaient comparables au niveau parité, âge gestationnel à l'accouchement et taux d'accouchements provoqués. Les résultats ont montré que le pH était plus bas dans le premier groupe mais la différence était non significative : $7,16 \pm 0,06$ versus $7,18 \pm 0,08$ dans l'autre groupe ($p = 0,2$). De même le taux de $\text{pH} < 7,10$, le BD moyen et le taux de $\text{BD} > 12\text{mmol/l}$ ne différaient pas entre les 2 groupes. Ces résultats sont à interpréter avec précaution du fait d'un manque de puissance de l'échantillon. S'ils sont confirmés, ces résultats iraient dans le sens d'une intervention appropriée avec le STAN. Enfin, on rapporte une observation, en début d'utilisation de la technique, où la naissance a eu lieu seulement 70 minutes après l'événement décisionnel du STAN et où le STAN aurait probablement permis d'éviter une issue néonatale défavorable « vrai positif » (Figure 3). Ni le pH au scalp (7,21 30 minutes avant la naissance), ni le RCF ne faisaient poser alors l'indication d'extraction. Le pHa à la naissance était de 7,07 avec un BD à 7,1 et l'enfant a été hospitalisé en USI 24 h pour surveillance d'une hypotonie relative. L'examen pédiatrique de l'enfant à 1 an est normal.

II. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA TECHNIQUE DE SURVEILLANCE PAR STAN

A. Les avantages

1. *Une simplification de la décision*

Un grand avantage de la technique est la simplification de la prise des décisions. Le système expert donne directement sur le tracé la présence d'un événement STAN. Même si le caractère décisionnel de l'événement dépend de la classification du RCF (rythme intermédiaire ou pathologique), cela simplifie la gestion des rythmes pathologiques par l'équipe médicale. Cette aide au diagnostic semble bien appréciée, en particulier par les sages-femmes selon nos constatations après 1 an d'utilisation.

2. *Avantages potentiels d'une surveillance continue*

– *Le STAN permet-il de diminuer le stress de l'équipe et de la patiente ?*

Dans la grande majorité des cas, le STAN est posé pour des rythmes intermédiaires ou « pseudo-normaux » et il est alors un élément diagnostique supplémentaire qui permet de rassurer la patiente et l'équipe médicale. Par ailleurs, on peut considérer l'utilisation du STAN dans 2 types d'établissements se distinguant par la prise en charge de l'accouchement. Dans un établissement utilisant le RCF comme seul moyen diagnostique de l'acidose et qui aurait un taux de césariennes relativement élevé, l'utilisation du STAN pourrait faire augmenter l'anxiété de l'équipe médicale et de la patiente car il pourrait faire poursuivre le travail pour des situations d'anomalies du RCF qui auraient fait poser antérieurement l'indication de césarienne. Dans un établissement utilisant le pH au scalp en plus du RCF, le STAN pourrait par contre être rassurant puisque cette surveillance continue pourrait rassurer entre 2 pH au scalp et faire augmenter l'intervalle de temps entre 2 pH au scalp.

– *Le STAN présente-t-il un avantage sur le plan médico-légal ?*

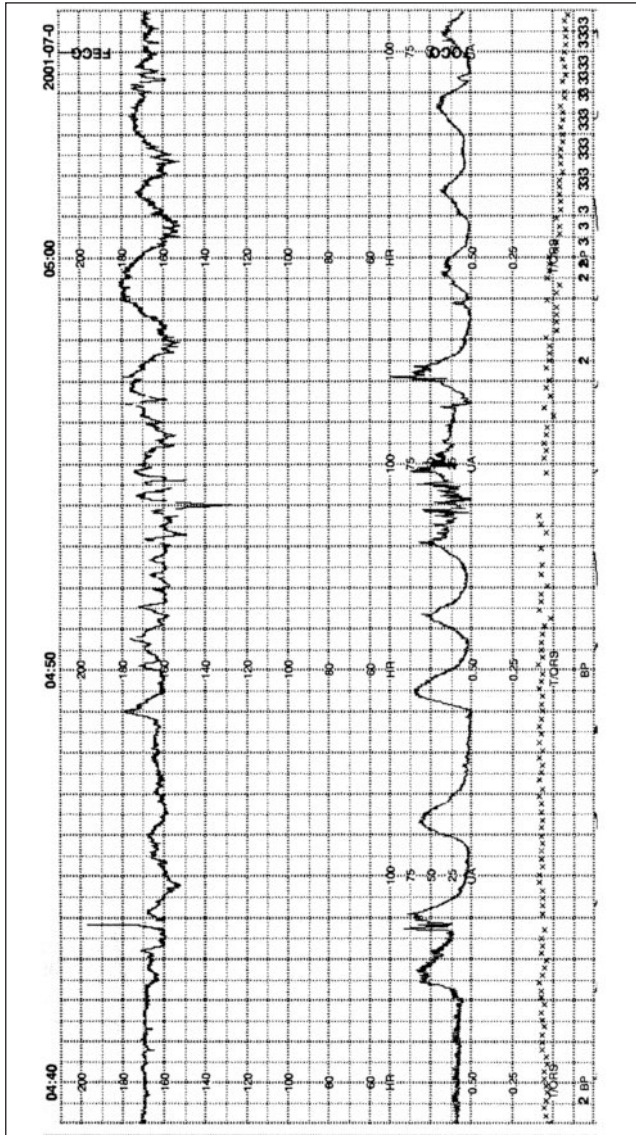
L'existence d'une technique continue pouvant compléter le RCF peut paraître séduisante pour diminuer les risques médico-légaux réputés élevés en obstétrique. Cette technique a d'ailleurs l'avantage indéniable de présenter un disque optique pour le stockage des données, ce qui est un avantage incontestable comparé à la fragilité du papier du RCF.

SURVEILLANCE DE L'ECG FŒTAL PENDANT LE TRAVAIL

Figure 3 Dossier de Mme H.

Travail spontané à terme (ni pathologie préexistante ni contexte fébrile)

Événement décisionnel (segments ST biphasiques) dès 5 h 02 et naissance 70 minutes après suite à une aggravation du RCF



- *Le STAN permettrait-il de supprimer le recours au pH au scalp ?*

En tant que technique complémentaire au RCF dans le dépistage des anomalies du RCF, le STAN présente l'avantage par rapport au pH au scalp d'une surveillance continue. Il pourrait à ce titre faire cesser l'utilisation du pH au scalp dans certaines maternités. Cette décision devra être prudente et progressive car elle n'a jamais été prise à ce jour et elle pourrait potentiellement exposer l'équipe à d'éventuels faux négatifs du STAN. Pour les services n'utilisant pas le pH au scalp, la majorité des services en France, le STAN donne un élément supplémentaire de surveillance du bien-être fœtal. (Il est à noter que les maternités ayant participé aux 2 essais randomisés utilisaient la technique du pH au scalp). Il est intéressant de souligner que, parmi les cas cumulés d'acidose métabolique de l'essai suédois, des cohortes européenne et nordique (Rosen et al. 2002, Rosen et Luzietti 2000, Amer-Wählin et al. 2001), le STAN n'a pas été pris à défaut par le pH au scalp « STAN normal et pH au scalp < 7,20 avec enfant en acidose à la naissance ». Sur 15 cas d'acidose métabolique où un pH au scalp avait été pratiqué, seulement 6 fois (40 %), il était < 7,20 alors qu'à chacun de ces 6 cas, le STAN indiquait l'extraction 2 à 80 minutes plus tôt. Par ailleurs, le pH au scalp est astreignant dans la mesure où il doit être renouvelé toutes les 20 à 30 minutes si l'on veut s'assurer du bien-être fœtal et poursuivre le travail en cas de RCF pathologique. De plus le pH au scalp présente plusieurs défauts : il est parfois difficile à réaliser, peut ne pas être praticable du fait d'un analyseur en cours d'étalonnage (Clark et Paul 1985). Il est surprenant de constater qu'aucun des 2 essais randomisés n'ait mis en évidence de diminution significative du taux de pH au scalp avec le STAN. En revanche le nombre total de pH au scalp pratiqués est significativement moindre avec le STAN (Westgate et al. 1993). Dans notre expérience au CMCO à Strasbourg, le recours au pH au scalp a diminué significativement passant de 54 % (27/50) à 30 % (15/50) des patientes suivies par STAN respectivement pour les périodes de mai-octobre 2001 et de décembre-mai 2002 (OR = 0,37 [0,15-0,90]). On notera que les 2 périodes sont comparables par le nombre de RCF pathologiques respectivement de 30 et 36 et le nombre d'extractions pour anomalie du RCF respectivement de 27 et 26 sans différence sur le taux de pH_a et de BD à la naissance.

- *Le STAN fait-il mieux que l'oxymétrie ?*

Cette question ne peut être résolue en l'absence de comparaison directe des 2 techniques. Les 2 techniques ont un potentiel pour diminuer le taux d'acidoses métaboliques et diminuer le taux d'extractions pour anomalie du RCF même si les résultats de l'essai suédois sur le

STAN (Amer-Wåhlin et al. 2001) sont plus probants que ceux de l'essai américain (Garite et al. 2000), en particulier concernant le taux d'extractions global puisqu'il a été constaté une augmentation significative du taux d'extractions pour dystocie dans le groupe oxymétrie de l'essai américain. Sur le plan physiopathologique, l'étude par le segment ST paraît plus apte à diagnostiquer l'acidose métabolique que l'étude de la saturation en oxygène qui donne une évaluation plus périphérique des réserves en oxygène du fœtus. Si l'oxymétrie présente l'avantage de s'intéresser à un critère unique, la saturométrie, le STAN a l'avantage d'impliquer plus directement le RCF dans les critères d'extraction.

3. Une évaluation poussée avant sa commercialisation

Tout l'ensemble de la littérature évaluant l'analyse du segment ST est particulièrement riche à la fois pour les études animales et pour les études portant sur les parturientes. Il est exceptionnel qu'une technique ait été autant évaluée avant son introduction en pratique clinique. Si les premières études chez les parturientes utilisant des seuils uniques de T/QRS sont décevantes, l'existence de 2 essais randomisés de grande envergure comme l'essai Plymouth (Westgate et al. 1993) et l'essai suédois (Amer-Wåhlin et al. 2001) qui donnent des résultats allant dans la même direction (Tableau III) donne légitimement à cette technique un niveau de preuve très élevé, tant pour sa capacité à diminuer le taux d'acidose métabolique que pour sa capacité à diminuer le taux d'extractions instrumentales pour anomalie du RCF. Il est raisonnable par contre d'être prudent dans la généralisation possible de ces résultats sur d'autres populations dans la mesure où les pratiques obstétricales et les populations considérées dans les essais peuvent être éloignées des nôtres. Une évaluation de la technique en France doit se faire pour connaître au mieux les conditions d'utilisation du STAN en fonction de nos pratiques.

4. Un algorithme décisionnel utilisant le RCF

L'inclusion du RCF dans l'algorithme décisionnel du STAN est certainement judicieuse. Il nous paraîtrait difficile de ne plus utiliser le RCF qui s'impose depuis de nombreuses années tant en anténatal que durant le travail. Comme l'a montré l'essai suédois, l'obligation qui est donnée au praticien de classer le RCF améliore déjà en soi le diagnostic d'acidose métabolique par la seule utilisation du RCF. Aussi le fait de donner des seuils d'anomalie ST moins élevés en cas de RCF pathologique qu'en cas de RCF intermédiaire (Tableau II) est une façon de prendre en compte la forte sensibilité du RCF. On peut voir cela comme un bénéfice à l'utilisation du STAN plutôt qu'à l'utilisation de l'oxymétrie qui ne prend pas directement en compte le RCF pour les décisions d'extraction.

5. Un matériel éducatif de formation multimédia complet

La firme Neoventa qui commerciale le STAN a anticipé la nécessité de former le personnel médical (obstétriciens, sages-femmes) à la lecture des tracés. Elle commercialise avec l'achat d'une machine une documentation et un CD ROM interactif en français pour aider à l'apprentissage de la technique. De plus une formation avec un centre rodé à la technique est également proposée. Enfin, un site Internet existe, donnant des informations diverses, avec en particulier la possibilité de télécharger des tracés STAN qui sont expliqués. Cette initiative mérite un éloge car elle est à la fois rare et très utile.

B. Les inconvénients

1. Il nécessite une formation poussée du personnel médical

Un temps d'apprentissage minimal semble nécessaire avant de pouvoir gérer avec efficacité des patientes suivies avec le STAN. Il est symptomatique de voir le bénéfice en termes de résultats qu'a eu une nouvelle formation de l'équipe médicale au milieu de l'essai suédois (C3). Notre expérience à Strasbourg a montré une tendance à une diminution de la pratique du pH au scalp chez les patientes suivies avec un STAN, ce qui reste à confirmer sur d'autres populations (C4c).

2. Une méthode « invasive »

Le STAN nécessite la pose d'une électrode de scalp à simple spire ce qui peut paraître invasif. Cet inconvénient peut être relativisé dans la mesure où la trace laissée sur le scalp à la naissance semble légère sans surinfection constatée sur notre série. Il est possible que les électrodes doubles spires soient plus traumatiques ; nous avons constaté 2 surinfections du scalp à l'endroit de l'électrode l'année qui a précédé l'introduction du STAN dans notre service (où l'électrode double spire était utilisée). Pour un service utilisant le pH au scalp, s'il est confirmé que l'utilisation du STAN permet de diminuer le nombre de pH au scalp, le caractère « invasif » de cette technique n'est plus un inconvénient. Par ailleurs, on rappellera que le STAN nécessite la rupture de la poche des eaux pour permettre sa pose ce qui peut être également considéré comme un inconvénient.

3. Des critères d'extraction aux seuils discutables

Il apparaît très judicieux de définir comme anomalie du T/QRS non pas un T/QRS au-dessus d'un seuil prédéfini mais l'augmentation de celui-ci par rapport à un T/QRS de base d'une patiente donnée

(C1) comme dans l'essai suédois. En revanche le choix du seuil au-delà duquel l'anomalie doit faire poser l'indication d'extraction paraît assez aléatoire. Aussi le choix de prendre 1 ou plusieurs triplets de segment ST biphasiques de grade 2 ou 3 comme critère décisionnel peut se discuter.

4. La présence de tracés normaux avec des anomalies STAN

Si on place un STAN sur un tracé normal, il arrive que l'on ait des événements signalés par l'appareil. Par exemple à Strasbourg sur 21 tracés classés comme normaux, à 3 reprises, un événement STAN a été signalé (l'issue a été sans particularité à chaque fois). Cette situation peut paraître anecdotique puisqu'on n'est pas censé prendre en compte le STAN en cas de tracé normal et que l'on n'a pas connaissance de faux négatifs de cet ordre. Néanmoins, cela peut devenir gênant en cas d'événements qui se répètent et/ou en cas de rythme « suspect », que l'on a du mal à classer. L'explication physiopathologique qui est donnée pour expliquer ce phénomène est l'hyperexcitabilité du système sympathique chez certains enfants [Sündström et al. 2000].

5. Le risque potentiel de faux négatif du STAN en cas de RCF initialement très pathologique

La situation où la patiente a d'emblée un RCF très pathologique est une situation où le STAN est peu ou pas indiqué. En effet, le STAN met environ 10 à 20 minutes avant de pouvoir interpréter une augmentation de la ligne de base du T/QRS (en revanche l'élévation épisodique du T/QRS ou la présence de segments ST biphasiques peuvent se voir dès la pose). D'autre part, il est possible qu'en cas d'hypoxie prolongée, le STAN ne donne plus d'événement décisionnel (acidose décompensée) ce qui serait faussement rassurant (Westgate et al. 2001).

6. La qualité du signal

Il arrive parfois que le signal soit de mauvaise qualité avec absence de calcul du T/QRS pendant une durée plus ou moins longue. Cette situation pose bien sûr le problème d'un événement décisionnel que l'on aurait pu manquer. Schématiquement, ce problème se pose de façon différente en première et en deuxième phase du travail. En première phase, il s'agit d'un problème d'électrode elle-même ou de mauvais contact (par exemple si le col s'intercale entre le pôle fœtal et l'électrode). Le remède consiste à replacer ou à changer d'électrode, ce qui résout le problème le plus souvent. En deuxième partie du travail,

les pertes de signaux se voient en cas de TV itératifs ainsi qu'en phase d'expulsion. Selon notre expérience, la perte de signal durant cette phase nous paraît moins fréquente avec le STAN qu'avec l'oxymétrie (Goffinet et al. 1995) mais cela demande confirmation par un essai comparatif. En cas de signal moins régulier en 2^e phase du travail, il convient de tenter de rechercher visuellement une éventuelle augmentation du T/QRS avec les signaux à disposition.

III. BÉNÉFICES ATTENDUS ET PERSPECTIVES DU STAN

A. les bénéfices potentiels

1. Acidose métabolique infirmité motrice cérébrale

La diminution du taux d'acidoses métaboliques semble possible au vu des données sur le STAN. Le STAN semble améliorer la sensibilité du RCF dans le dépistage de l'acidose métabolique tout en diminuant le taux de faux positifs. Une diminution du taux d'acidoses métaboliques d'un service donné devrait dépendre de son taux initial, avec un espoir d'autant plus grand que le taux initial est élevé. Aussi une maternité ayant un taux d'extractions très élevé aura peu de chance de pouvoir diminuer son taux d'acidoses en cours de travail. De même, comme les 2 essais randomisés utilisaient le pH au scalp, une incertitude persiste sur la capacité du STAN à diminuer le taux d'acidoses métaboliques pour un service n'utilisant pas le pH au scalp ainsi que sur le degré de diminution que l'on pourrait obtenir.

Plus que l'acidose métabolique, c'est l'infirmité motrice cérébrale (IMC) que l'on souhaiterait pouvoir diminuer par ces techniques de surveillance fœtale en cours de travail. Les marqueurs de bien-être fœtal à la naissance (Apgar, pHa, déficit de base) sont en réalité peu prédictifs de l'IMC. On peut estimer que les marqueurs de SFA vont dépister un maximum de 50 % des enfants développant ultérieurement une IMC ; l'étude de Newcastle a montré qu'en cas de signes de SFA, l'odd ratio d'occurrence ultérieure de l'IMC est de seulement 2,8 [1,4-5,6] (Richmond et al. 1994). De plus, selon Perlman et al, environ 20 % des IMC sont d'origine per-partum (Perlman et al. 1997). Plus récemment, les données du registre suédois de 1991-1994 donnent une proportion d'IMC d'origine per-partum de 28 % parmi les enfants nés à terme (Hadberg et al. 2001). Au vu de ces données, il semble difficile de pouvoir espérer une diminution conséquente du taux global d'IMC glo-

bal avec le STAN même si elle peut s'envisager pour le sous-groupe des IMC liées à l'accouchement.

2. Diminution du taux d'extractions

Alors que le taux de césariennes est en train de monter progressivement en France, le STAN semble offrir une réelle opportunité pour diminuer le taux d'extraction pour anomalie de RCF et potentiellement le taux global d'extractions. Un service ayant un fort taux d'extraction devrait bénéficier en priorité de cette technologie. Il est difficile aujourd'hui de transposer directement les données de l'essai suédois et de l'essai anglais pour évaluer la diminution du taux d'extraction que l'on peut prétendre avoir dans nos maternités. Comme au A1, il existe là aussi un point d'interrogation concernant la diminution que l'on pourrait obtenir du taux d'extractions pour anomalie du RCF dans les maternités n'utilisant pas le pH au scalp.

B. Les perspectives

Les techniques nouvelles de surveillance continue du travail doivent s'imposer dans les années à venir. Les 2 techniques ayant le plus de chances d'y parvenir à courte échéance sont le STAN et l'oxymétrie. L'oxymétrie vient en septembre 2001 de subir une désillusion puisque l'*American Collège of Obstetricians and Gynecologists (Committee on Clinical Practice)* n'a pas défendu son utilisation en routine en cours de travail malgré l'accord de la FDA (ACOG, Henney) : ils craignent un surcoût, lors de la surveillance per-partum, non justifié par l'amélioration de l'issue néonatale. La place future du STAN comme méthode de référence dans la surveillance du RCF en cours de travail dépendra en partie de la place qu'il va pouvoir se faire sur le marché. Son implantation sur le marché américain paraît une étape importante qui passe par un accord avec la FDA ; un accord a été récemment obtenu pour le marché canadien. Des travaux portent actuellement sur la possibilité d'effectuer une surveillance continue par STAN ou oxymétrie par voie transabdominale (Zourabian), ce qui simplifierait la technique et apporterait un confort non négligeable à la fois pour la patiente et pour l'équipe médicale

CONCLUSION

L'ECG fœtal est une technique d'analyse très prometteuse du bien-être fœtal au cours du travail. L'évaluation de la technique a été très approfondie sur le plan clinique avant son introduction sur le marché avec récemment la publication de l'essai suédois. Cet essai randomisé ayant inclus près de 5000 patientes à risque a montré une diminution significative à la fois du taux d'acidoses métaboliques et du taux d'extractions instrumentales. Du fait d'une gestion probablement différente des accouchements dans notre pratique, nous devons rester prudents quant à la transposition directe des données suédoises, ce qui doit nous inciter à engager des études en France. On doit insister sur le caractère indispensable d'une formation prolongée du personnel médical au STAN avant son utilisation en routine. Le caractère continu de la surveillance et son intrication au RCF pour les décisions d'extraction sont des points forts de la technique. Son utilisation en routine pourrait aussi être favorisée par le poids toujours plus grand du risque médico-légal en obstétrique.

Résumé

L'ECG fœtal par analyse du segment ST est une technique de dépistage de la souffrance fœtale aiguë en cours de travail. Son utilisation nécessite la pose d'une électrode de scalp qui est reliée à un ordinateur analysant en temps réel le T/QRS du fœtus. En cas d'anomalie ST (élévation du ratio T/QRS ou segment ST biphasique), un signallement est donné directement sur l'écran sous forme d'un « événement ». La décision d'extraction est bien schématisée et tient compte de la classification du RCF en intermédiaire ou pathologique. Sa commercialisation récente sur le marché français fait suite à de nombreux travaux tant expérimentaux que cliniques depuis le début des années 1970. Très récemment, un essai randomisé suédois portant sur près de 5000 patientes à risque a pu mettre en évidence un bénéfice à l'utilisation du STAN au côté du RCF pour diminuer le taux d'acidoses métaboliques et le taux d'extractions pour anomalie du RCF. Un premier essai randomisé anglais avait donné des résultats allant dans le même sens, renforçant le niveau de preuve du STAN. Il est encore difficile aujourd'hui de connaître le bénéfice réel que l'on peut attendre de l'utilisation de cette technique dans notre pays car nous manquons de données. Une incertitude concerne également le bénéfice potentiel de cette technique, et son degré, pour les maternités n'utilisant pas le pH au scalp. Si cette technique nécessite un apprentissage assez soutenu de l'équipe, elle semble bien acceptée par l'équipe médicale. Avec le poids toujours grandissant du risque médico-légal, le STAN pourrait apporter un confort supplémentaire dans la surveillance du travail des patientes ayant une anomalie du RCF.

Remerciements à Jean Flori, pédiatre au CMCO-SIHCUS, pour sa lecture attentive du chapitre

1. ACOG: Committe Opinion. Fetal Pulse Oximetry. *Obstet Gynecol* 2001;98:523-4.
2. Amer-Wählin I, Hellesten C, Norén H, Hagberg H, Kjellmer I, Lilja H, Lindoff C, Månsson M, Mårtensson L, Olofsson P, Sundström AK, Marsal K. Cardiotoecography only versus cardiotocography plus ST analysis of fetal electrocardiogram for intrapartum fetal monitoring: a Swedish randomised controlled trial. *Lancet* 2001; 358 : 534-8.
3. Blondel B, Norton J, du Mazaubrun C, Bréart G pour la coordination nationale des enquêtes nationales périnatales. Évolution des principaux indicateurs de santé périnatale en France métropolitaine entre 1995 et 1998. Résultats des enquêtes nationales périnatales. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 2001; 30 : 552-64.
4. Clark SL et Paul RH. Intrapartum fetal surveillance : the role of fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1985; 153: 717-20.
5. FIGO. Guidelines for the use of fetal monitoring. *Int J Gynaecol Obstet* 1987; 25 : 159-67.
6. De Haan HH, Ijzermans ACM, Hasaart THM. The T/QRS ratio of the electrocardiogram does not reliably reflect well-being in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol* 1995; 172: 35-43.
7. Garite TJ, Dildy GA, McNamara H, Nageotte MP, Boehm FH, Dellinger EH, Knuppel RA, Porreco RP, Miller HS, Sunderji S, Varner MW, Swedlow DB. A multicenter controlled trial of fetal pulse oximetry in the intrapartum management of nonreassuring fetal heart rate patterns. *Am J Obstet Gynecol* 2000; 183 : 1049-58.
8. Goffinet F, Langer B, Carbonne B. Multi-center study on the clinical value of fetal pulse oximetry : I. Methodologic evaluation. *Am J Obstet Gynecol* 1997; 177: 1238-46.
9. Greene KR, Dawes GS, Lilja H, Rosen KG. Changes in the ST waveform of the fetal lamb electrocardiogram with hypoxemia. *Am J Obstet Gynecol* 1982; 144: 950-7.
10. Hagberg B, Hagberg G, Beckung E, Uvebrant P. Changing panorama of cerebral palsy in Sweden. VIII. Prevalence and origin in the birth year period 1991-94. *Acta Paediatr* 2001; 90 : 271-7.
11. Henney JE. From the Food and Drug Administration. *JAMA* 2000;284:33.
12. Höckergård KH, Eriksson BO, Kjellmer I, Magno R, Rosen KG. Myocardial metabolism in relation to electrocardiographic changes and cardiac function during graded hypoxia in the fetal lamb. *Acta physiol Scand* 1981; 113: 1-7.
13. Höckergård KH, Karsson K, Kjellmer I, Rosen KG. ECG changes in the fetal lamb during asphyxia in relation to beta-adrenoceptor stimulation and blockade. *Acta Physiol Scand* 1979; 105: 195-303.
14. Johanson RB, Rice C, Shokr A, Doyle M, Chenoy R, O'Brien PMS. ST-waveform analysis of the fetal electrocardiogram could reduce fetal blood sampling. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; 99: 167-8.
15. Lilja H, Arulkumaran S, Lindecrantz K, Ratman SS, Rosen KG. Fetal ECG during labour: a presentation of a microprocessor system. *J Biomed Eng* 1988; 10: 170-96.
16. Lilja H, Greene KR, Karlsson K, Rosen KG. ST waveform changes of the fetal electrocardiogram during labour-a clinical study. *Br J Obstet Gynecol* 1985; 92: 611-17.
17. Luzietti R, Erkkola R, Hasbargen U, Mattsson LA, Thoulon JM, Rosen KG. European community multi-center trial "Fetal ECG analysis during labor": ST plus CTG analysis. *J Perinat Med* 1999; 27: 431-40.
18. Maclachlan NA, Spencer JAD, Harding K, Arulkumaran S. Fetal academia, the electrocardiograph and the T/QRS ratio of the fetal ECG in labour. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; 99: 26-31.
19. Murphy KW, Johnson P, Moorcraft J et al. Birth asphyxia and the intrapartum cardiocograph. *Br J Obstet Gynaecol* 1990; 97 : 470-9.
20. Murphy KW, Russel V, Johnson P. Clinical assessment of fetal electrocardiogram monitoring in labour. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; 99: 32-7.
21. Newbold S, Wheeler T, Clewlow F. Comparison of the T/QRS ratio of the fetal electrocardiogram and the fetal heart rate during labour and the relation of these variables to condition at delivery. *Br J Obstet Gynaecol* 1991; 98: 173-8.
22. Newbold S, Wheeler T, Clewlow F, Soul F. Variation in the T/QRS ratio of fetal electrocardiograms recorded during labour in normal subjects. *Br J Obstet Gynaecol* 1989; 96 : 144-50.
23. Neilson JP et Mistry RT. Fetal electrocardiogram plus heart rate recording for fetal monitoring during labour. In: the Cochrane Library, Oxford, Issue 2 2002.

SURVEILLANCE DE L'ECG FŒTAL PENDANT LE TRAVAIL

24. Nielson PV, Stigsby B, Nickelson C, Nim J. Intra and inter-observer variability in the assessments of intrapartum cardiocograms. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1987; 66 : 421-4.
25. Noble D et Cohen I. The interpretation of the T wave of the electrocardiogram. *Cardiovasc Res* 1978; 12: 13-27.
26. Noren H, Amer-Wählin I, Hagberg H, Herbst A, Kjellmer I, Marsal K, Olofsson P, Rosen KG. Fetal electrocardiogram in labor and neonatal outcome: data from the Swedish Randomized Controlled Trial on intrapartum fetal monitoring. *Am J Obstet Gynecol* 2002 187 ; (sous presse).
27. Parer JT, King T. Fetal hearth rate monitoring: Is it salvageable? *Am J Obstet Gynecol* 2000; 182 : 982-7.
28. Perlman JM. Intrapartum hypoxic-ischemic cerebral injury and subsequent cerebral palsy: medicolegal issues. *Pediatrics* 1997;99:851-9.
29. Richmond S, Niswander K, Snodgrass CA, Wagstaff I. The obstetric management of fetal distress and its association with cerebral palsy. *Obstet Gynecol* 1994;83:643-6.
30. Roemer VM, Ruppig E, Bartschi R. Direct fetal electrocardiography in management of high risk pregnancies. *International Symposium on the treatment of fetal risks, Baden, Austria, 1972: 135-59.*
31. Rosen KG. Alterations in the fetal electrocardiogram as a sign of fetal asphyxia. Experimental data with clinical implementation. *J Perinat Med* 1986; 14 : 355-63.
32. Rosen KG. Intrapartum fetal monitoring and the fetal ECG-time for a change. *Arch Perinat Med* 2002 (in press).
33. Rosen KG, Dagbjartsson A, Henriksson BA, Lagercrantz H, Kjellmer I. The relationship between circulating catecholamines and ST waveform in the fetal lamb electrocardiogram during hypoxia. *Am J Obstet Gynecol* 1984; 149: 190-5.
34. Rosen KG, Isaksson O. Alterations in fetal heart rate and ECG correlated to glycogen, creatine phosphate and ATP levels during graded hypoxia. *Biol Neonate* 1976; 30: 17-24.
35. Rosen KG, Kjellmer I. Changes in the fetal heart rate and ECG during hypoxia. *Acta Physiol Scand* 1975; 93; 59-66.
36. Rosen KG, Luzietti. Intrapartum fetal monitoring: ist basis and current developments. *Prenat neonat Med* 2000; 5 : 155-68.
37. Skillern L Cockburn J, Benjamin M, Pearce JM, Sahota D, Reed N, Mohager M, James D, 38. Symonds M. A comparative study of the fetal electrocardiogram recorded by the STAN and Nottingham systems. *Br J Obstet Gynaecol* 1994; 101: 582-66.
38. Strachan B, Sahota D, van Wijngaarden WJ, James DK, Chang AZM. The fetal electrocardiogram: relationship with acidemia et delivery. *Am J Obstet Gynecol* 2000; 182: 603-6.
39. Strachan BK, Van Wijngaarden WJ, Sahota D, Chang A, James DK. Cardiotocography only versus cardiotocography plus PR interval analysis in intrapartum surveillance : a randomized multicenter trial. *Lancet* 2000; 355 : 456-9.
40. Sundström AK, Rosen D, Rosen KG. Interpretation of fetal CTG. In: *Fetal surveillance Neoventa Medical AB, Göteborg, 2000 pp25-30.*
41. Thaler I, Timor IE, Rotem S. Interpretation of the fetal ECG during labor. The effect of uterine contractions. *J Perinat Med* 1987; 15: 35.
42. Thacker SB, Stroup DF, Peterson HB. Efficacy and safety of intrapartum electronic fetal monitoring: an update. *Obstet Gynecol* 1995; 86 : 613-20.
43. Van Wijngaarden WJ et James DK. The fetal electrocardiogram. In: *Text book of perinatal medicine. Kurjak A editor. The Parthenon Publishing Group, New York, 1998 pp 1429-52.*
44. Van Wijngaarden WJ, Strachan BK, Sahota DS, James DJK. Improving intrapartum surveillance: an individualised T/QRS ratio? *Eur J Obstet gynecol* 2000; 88: 43-8.
45. Watanabe T, Okamura K, Tanigawara S, Shintaku Y, Akagi K, Endo H, Yajima A. Change in electrocardiogram T-wave amplitude during umbilical cord compression is predictive of fetal condition in sheep. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166: 246-55.
46. Westgate JA, Bennet L, Brabyn C, Williams CE, Gunn AJ. ST waveform changes during repeated umbilical cord occlusions in near-term fetal sheep. *Am J Obstet Gynecol* 2001; 184: 743-51.
47. Westgate J, Harris M, Curnow JSH, Greene KR. Plymouth randomized trial of cardiotocogram only versus ST waveform plus cardiotocogram for intrapartum monitoring in 2400 cases. *Am J Obstet Gynecol* 1993; 169 : 1151-60.

48. Westgate J, Keith RD, Curnow JS, Ifeachor EC, Greene KR. Suitability of scalp electrodes for monitoring the fetal electrocardiogram during labour. *Clin Phys Physiol Meas* 1990; 11: 297-306.
49. Widmark C, Jansson T, Lindcrantz K, Rosen KG. ECG waveform, short term heart rate variability and plasma catecholamine concentrations in response to hypoxia in intrauterine growth retarded guinea pig fetuses. *J Dev Physiol* 1991; 15: 161-8.
50. Zourabian A, Siegel A, Chance B, Ramanujan N, Rode M, Boas DA. Trans-abdominal monitoring of fetal arterial blood oxygenation using pulse oximetry. *J Biomed Opt* 2000; 5 : 391-405.