

## La cardiocografia computerizzata

M. DI TOMMASO, V. SERAVALLI

RIASSUNTO: **La cardiocografia computerizzata.**

M. DI TOMMASO, V. SERAVALLI

La cardiocografia computerizzata rappresenta un metodo per la rilevazione del battito cardiaco fetale più obiettivo rispetto alla cardiocografia visuale. Tale metodica è stata introdotta per superare i problemi legati all'analisi ed interpretazione dei tracciati cardiocografici, quasi sempre soggette a variabilità inter e intra-operatore. Il segno più importante di benessere fetale è rappresentato dalla variabilità del battito fetale e fu per questo che, alla fine degli anni Settanta, Geoffrey Dawes e C.W.G. Redman del John Radcliffe Hospital di Oxford sentirono la necessità di misurare tale parametro, esprimendolo con un valore numerico definito. A questo scopo, nel 1978 iniziarono a lavorare allo sviluppo di un sistema computerizzato che analizzasse la frequenza cardiaca fetale, sicuri che l'elaborazione informatica del segnale cardiocografico consentisse di ottenere maggiori informazioni sullo stato del feto, attraverso una misurazione più affidabile e obiettiva. I vantaggi della cardiocografia computerizzata sono numerosi: l'elaborazione numerica dei parametri prognostici esaminati, la traduzione grafica dell'andamento del tracciato, la facilità nella memorizzazione e interpretazione dei dati, la riduzione dei tempi di monitoraggio. La conoscenza dei criteri di acquisizione del segnale e la capacità di interpretazione dei risultati devono oggi rientrare tra le competenze del personale medico ostetrico, poiché la cardiocografia computerizzata offre dati obiettivi che possono orientare il medico nella gestione di situazioni patologiche quali il ritardo di crescita intrauterino.

SUMMARY: **Computerized cardiocography.**

M. DI TOMMASO, V. SERAVALLI

The computerized cardiocography represents a more objective method for the analysis of the fetal heart rate than the visual cardiocography. Such methodic has been introduced to overcoming the problems related to the analysis and interpretation of the cardiocographic traces, almost always subjected to a non negligible inter and intra-operator variability. Being already known that the most important sign of fetal well-being is represented by the variability of fetal heart rate, at the end of the Seventies Dawes and Redmen, from the John Radcliffe Hospital of Oxford, retained that it was necessary to measure such parameter expressing it with a defined numerical value. So in 1978 they began to work at the development of a computerized system that could analyze the frequency of the fetal cardiac pulsation. They thought that the computerized elaboration of the cardiocographic signal could allow to get further information about fetal conditions, through a more reliable and objective measurement. The computerized cardiocography offers many advantages: the numerical elaboration of the examined prognostic parameters, the graphic translation of the progress of the trace, the easiness in the memorization and interpretation of the data, the reduction of the recording time. The knowledge of the criterions of signal acquisition and the ability to interpretate the results have to be included among the competences of the obstetric medical personnel today, since the computerized cardiocography offers objective data that can guide the physician in the management of pathological situations such intrauterine growth restriction.

KEY WORDS: **Cardiocografia computerizzata - Frequenza cardiaca fetale - Variabilità a breve termine - Monitoraggio fetale. Computerized cardiocography - Fetal heart rate - Short term variability - Fetal monitoring.**

## Introduzione

Per superare il problema legato alla variabilità inter e intra-operatore cui è soggetta l'analisi e l'interpretazione dei tracciati cardiocografici, nel 1978 Geoffrey Dawes e C.W.G. Redman del John Radcliffe Hospital di Oxford iniziarono a lavorare alla creazione di un sistema computerizzato che analizzasse la frequenza del battito cardiaco fetale, pensando che l'elaborazione informatica del segnale cardiocografico consentisse di ottenere

maggiori informazioni sullo stato del feto, attraverso una misurazione più affidabile e obiettiva. Impiegarono così le loro conoscenze ed esperienze di fisiologia fetoneonatale umana e animale per elaborare il sistema computerizzato, in particolare le evidenze tratte dallo studio sul modello animale costituito da pecore, nelle quali osservarono che la frequenza cardiaca era modulata dai ritmi della respirazione, associati con gli stati del sonno, con l'epoca gestazionale e il periodo della giornata (1).

## Materiali e metodi

È stata effettuata in prima istanza una ricerca su MEDLINE visionando la letteratura scientifica internazionale dal 1981 ad oggi, utilizzando come parole chiave: *computerized cardiotocography, fetal heart rate, short term variability, fetal monitoring*. Successivamente si è proceduto ad una esaustiva sintesi dell'argomento con specifica trattazione di diversi aspetti legati alla cardiotocografia computerizzata: le modalità di acquisizione del segnale, i criteri di normalità del tracciato cardiotocografico, i vantaggi e i limiti della metodica e le sue applicazioni.

## Risultati e discussione

L'utilizzo della cardiotocografia computerizzata, ormai largamente diffuso per i vantaggi che offre, richiede la conoscenza di alcune nozioni di base sulla modalità di acquisizione del segnale. La corretta conoscenza dei criteri di normalità dei tracciati cardiotocografici computerizzati permette di identificare le situazioni a rischio e di scegliere il management più adeguato, in particolare nella determinazione del timing del parto in condizioni di ridotto benessere fetale quali il ritardo di crescita intrauterino.

### Modalità di acquisizione del segnale

Dawes e Redman hanno creato il primo sistema computerizzato per l'analisi della frequenza cardiaca fetale (Sonicaid System 8000), dotato di analisi algoritmica, verificandolo su oltre 8.000 registrazioni, ciascuna delle quali è stata confrontata con i risultati clinici. Negli anni successivi all'introduzione del primo sistema, diffuso nel 1989, il database è stato ampliato prima a 48.339 tracciati (Sonicaid System 8002) e poi a 73.802 tracciati, che costituiscono il database della versione più recente, il Sonicaid FetalCare.

L'apparecchiatura utilizzata da Dawes consiste in un Personal Computer con hard disk, collegato ad un monitor fetale (Sonicaid), da cui il programma riceve le informazioni necessarie ad acquisire la misurazione digitale dell'unità di misura della frequenza cardiaca fetale

[*"Pulse Interval"* (PI)], la funzione di autocorrelazione, misurazione dell'accuratezza con la quale è stimato il PI, e la lettura tocodinamometrica.

L'unità di tempo della registrazione, definita EPOC, è di 3.75 secondi (1/16 di minuto). Durante ciascuna EPOC (3.75 sec) arrivano al computer una serie di valori, ciascuno dei quali viene controllato. Di tutti i segnali che arrivano al microprocessore ne vengono depositati 960 in un'ora. Durante l'EPOC vengono sommati i valori delle frequenze e viene registrato il numero dei valori che sono stati sommati. Alla fine viene fatta la media totale cumulativa delle frequenze (T SUM) e il calcolo del numero di valori (T COUNT). Il rapporto T SUM / T COUNT rappresenta il PI (*"Pulse Interval"*) e tale valore viene depositato in una delle 960 EPOC (2). In ogni minuto il computer deve trasferire sul display i valori per comporre il grafico, 16 al minuto. Tuttavia il monitor rispetto alla carta presenta delle limitazioni: ci sono infatti al massimo otto spazi al minuto in cui poter depositare i valori. Pertanto nella visualizzazione complessiva di un'ora vengono considerati 480 battiti, sebbene l'elaborazione del computer ne comprenda 960.

L'acquisizione dei dati avviene in maniera continua; inizialmente l'analisi dei dati raccolti è elaborata dopo 10 minuti e successivamente ogni 2 minuti; l'avviso di stop, quando sono raggiunti criteri appropriati, viene visualizzato sul display.

Il sistema analizza sia la variabilità a lungo termine che quella a breve termine, la frequenza cardiaca fetale, le accelerazioni e decelerazioni, i movimenti fetali.

Il microprocessore è in grado di acquisire dati e di convalidarli in un tempo medio di 40 msec. I parametri registrati sono:

- *Linea di base*: è data dalla media della frequenza di distribuzione del PI (rapporto tra la somma delle frequenze che arrivano nell'unità di tempo e il numero delle frequenze sommate). Durante 10 minuti di registrazione è identificato un valore iniziale della frequenza cardiaca di base come massimo valore relativo o valore modale della distribuzione delle frequenze, in accordo con l'algoritmo di Mantel (3-4).

- *Accelerazioni*: le variazioni della linea di base sono riconosciute come accelerazioni quando superiori a 10 bpm per più di 15 sec. Poiché le accelerazioni possono essere rare o assenti anche in feti normali, soprattutto per epoche gestazionali inferiori a 34 settimane, non sono queste a determinare la durata di registrazione. Il segnale di stop è dato quando viene registrato almeno un episodio di alta variabilità.

- *Decelerazioni*: sono variazioni dalla linea di base con diminuzione di più di 10 bpm per più di 1 minuto, o di 20 bpm per più di 30 sec. Quando viene registrata una decelerazione profonda, corrispondente ad una perdita di più di 20 bpm, la registrazione continua fino a 60 minuti.

- *Variazione a lungo termine*: è una misurazione delle "macro" fluttuazioni minuto per minuto della frequenza cardiaca fetale (FCF) intorno alla linea di base; i valori della FCF vengono rappresentati come intervalli tra battiti (PI), misurati in millisecondi (per esempio, una frequenza di 120 bpm corrisponde ad un intervallo tra battiti di 500 msec). Il computer calcola la differenza tra minimo e massimo PI ("range di PI" o "minute range") durante ogni minuto, a meno che tutti i PI siano sopra o sotto la linea di base, come durante un'accelerazione o una decelerazione. Se il "minute range" supera i 32 msec per almeno 5 minuti su 6 consecutivi, il computer segna questo evento come l'inizio di un episodio di alta variabilità (vedi dopo). La media di tutti i "minute range" rappresenta l'indice di variabilità a lungo termine ed è chiamato "mean range". Questo valore viene confrontato con una soglia, che varia in base all'età gestazionale, calcolata in base ai 73.802 tracciati presenti nel database (Analisi Sonicaid FetalCare): se supera questa soglia, allora l'episodio di alta variabilità viene confermato e il tracciato viene considerato reattivo. Il valore di "mean range" aumenta con l'epoca gestazionale ed è di circa 50 msec a termine. Valori al di sotto di 20 msec riflettono una iniziale ipossemia senza acidemia. Un'ulteriore caduta a 15 msec segnala l'instaurarsi di acidosi (1, 5).

- *Variazione a breve termine*: è una misurazione delle "micro" fluttuazioni della FCF. Rappresenta la capacità di variare la frequenza cardiaca tra un battito e il successivo e pertanto esprime l'integrità di tutti i sistemi di controllo dell'attività cardiaca fetale in presenza di un adeguato apporto di ossigeno a livello cerebrale. È il parametro più strettamente correlato al benessere fetale. È calcolata come la variazione media da una EPOC a quella successiva nel "Pulse Interval". Nonostante l'impiego di apparecchiature moderne, tuttora non è possibile desumere la reale variabilità battito-battito, in assoluto il parametro prognostico più affidabile, dal momento che l'ordine di grandezza di questo parametro è molto più piccolo dell'errore che è all'interno delle apparecchiature. Il valore normale di variazione a breve termine ("short term variability") è di circa 9 msec tra 24 e 42 settimane, non si modifica con l'epoca gestazionale, se inferiore a 3 msec indica iniziale rischio di acidosi, se inferiore a 2,5 msec indica alto rischio di acidosi e di morte entro 48 ore. Il benessere fetale, infatti, si caratterizza per i continui cambiamenti della frequenza cardiaca e modificazioni nei tempi che intercorrono fra i singoli battiti: lo stato di ipossia determina un appiattimento di queste variazioni, con una riduzione sia della variazione a lungo termine che della variazione a breve termine.

- *Episodi di alta o bassa variabilità*: sono rappresentati da un tempo minimo di 5 o 6 minuti consecutivi nel quale il "range" di pulsazioni fetali è maggiore di 32 o minore di 30 msec, rispettivamente. In presenza di epi-

sodi di alta variabilità la STV è sempre nella norma: pertanto, quest'ultimo parametro diventa utile per valutare lo stato fetale soltanto quando nel tracciato ci sono solo episodi di bassa variabilità, situazione clinica che si verifica raramente.

L'analisi numerica del battito cardiaco fetale ha dimostrato l'effetto preminente dell'epoca gestazionale sulla variabilità (6-7). La variabilità presenta inoltre una ciclicità nell'arco delle 24 ore (8) e sembra essere influenzata dalla respirazione e dai movimenti fetali (9).

- *Perdita di segnale*: definisce la qualità della registrazione ed è stimata come percentuale di periodi di 3,75 sec in cui non è registrabile una pulsazione valida; la perdita di segnale è maggiore in epoca gestazionale bassa e può essere dovuta ai movimenti del feto, al singhiozzo che crea confusione nella funzione di autocorrelazione, al pannicolo adiposo che sovrasta l'utero, ai movimenti della madre o al non corretto posizionamento della sonda.

- *Movimenti fetali segnalati dalla madre*.

- *Pressione intrauterina attraverso tocodinamometro esterno*.

*Sonicaid Fetal Care: criteri di normalità del tracciato cardiotocografico*

Sonicaid System 8002 è la versione aggiornata del Sonicaid System 8000; è stata sviluppata tra il 1989 e il 1994 usando un database di oltre 48.339 cardiotocografie antepartum.

Il Sonicaid FetalCare è la versione più moderna del software di analisi Sonicaid System 8002 eseguibile in Microsoft Windows e utilizza un database di 73.802 cardiotocografie antepartum. Viene usato a partire dalla 26<sup>a</sup> settimana; può essere usato su donne che avvertono le contrazioni di Braxton-Hicks, ma non in caso di contrazioni vere.

I criteri di normalità del Sonicaid Fetal Care sono i seguenti (criteri di Dawes e Redman) (14):

- La registrazione deve contenere almeno un episodio di alta variabilità.

- La variabilità a breve termine deve essere maggiore di 3 millisecondi. Con una STV maggiore di 4 msec a qualunque settimana gestazionale il rischio che il feto sia in ipossia grave o in acidosi è praticamente inesistente. Se la STV è compresa tra 3 e 4 msec deve essere confrontata con il 3° centile rispetto all'epoca gestazionale.

- Non deve esserci traccia di un ritmo sinusale ad alta frequenza.

- Deve essere presente almeno un'accelerazione o una frequenza di movimenti fetali di almeno 20/ora ed una variabilità a lungo termine media di tutti gli episodi di alta variabilità al di sopra del 10° centile per l'età gestazionale.

- Deve verificarsi almeno un movimento fetale o 3 accelerazioni.

- Non devono essere presenti decelerazioni superiori a 20 battiti persi se la durata della registrazione è inferiore a 30 minuti, non più di una decelerazione tra 21-100 battiti persi se la durata della registrazione è superiore a 30 minuti e nessuna decelerazione superiore a 100 battiti persi.

- La frequenza cardiaca di base deve essere 116-160 bpm se la durata della registrazione è inferiore a 30 minuti: una frequenza leggermente superiore o inferiore è accettabile dopo 30 min se tutti gli altri parametri sono normali.

- La perdita di segnale deve essere inferiore al 30%.

#### *Cardiotocografia computerizzata: i vantaggi*

- *Traduzione grafica dell'andamento del tracciato.*

- *Elaborazione numerica dei parametri prognostici considerati:* permette una valutazione obiettiva del tracciato cardiotocografico. Dawes et Al (1991) hanno sottolineato come tale tecnica di registrazione sia più accurata ed abbia il vantaggio di presentare i risultati quantitativamente, sottoforma di numero di accelerazioni e decelerazioni (minori o notevoli) e di misura della variazione a breve e lungo termine, permettendo di superare la variazione inter e intra-operatore cui è soggetta l'interpretazione dei tracciati non computerizzati e di fornire degli indici, correlati alla variabilità della frequenza cardiaca fetale, molto importanti per riconoscere uno stato di alterazione del benessere fetale e difficilmente valutabili a occhio nudo (10).

- *Facile interpretazione:* il risultato viene espresso in numeri, che rappresentano una valida espressione dello stato fetale (10).

- *Semplice memorizzazione,* estrazione ed archivio dei dati: tale aspetto è utile a fini sia di ricerca che medico legali.

- *Ridotta durata dei tempi di monitoraggio:* l'uso del computer permette di definire con esattezza il tempo necessario per la registrazione. La prima analisi è eseguita dopo 10 minuti: se dopo questo intervallo viene registrato almeno un episodio di alta variabilità è possibile già concludere la registrazione, e sarà il computer a segnalare tale possibilità; se il tracciato non è variabile o sono presenti decelerazioni notevoli sarà necessario prolungare la registrazione fino ad un massimo di 60 minuti.

Rispetto al tracciato cardiotocografico tradizionale, la cardiotocografia computerizzata consente di ridurre i tempi dell'esame, richiede un minor numero di test addizionali di sorveglianza fetale e ha un maggiore valore predittivo negativo e positivo, anche se l'"outcome" neonatale risulta simile nel confronto tra le due metodiche (11). In sintesi, l'analisi computerizzata ha un migliore rapporto costo/efficacia, oltre ad essere un metodo riproducibile e obiettivo di sorveglianza fetale.

#### *Cardiotocografia computerizzata: i limiti*

- *Possibilità di utilizzo solo in assenza di attività con-*

*trattile.*

- *Rischio di delegare al computer l'interpretazione del tracciato:* nessuna apparecchiatura può sostituire la corretta valutazione del medico e la cardiotocografia computerizzata può essere di aiuto solo se affiancata ad una buona capacità di lettura e di interpretazione della cardiotocografia visuale.

- *Mancanza di distinzione tra decelerazioni variabili e non variabili, prolungate e tardive:* la valutazione dell'ingravescenza delle decelerazioni è affidata solo all'esperienza del clinico nella lettura visuale.

La cardiotocografia computerizzata è stata ideata con l'obiettivo di ridurre i falsi positivi e la soggettività dell'interpretazione. Peraltro, non esiste letteratura "Evidenced Based Medicine" (EBM) che confermi i vantaggi ipotizzati e i dati a nostra disposizione sono attualmente ancora insufficienti per affermare che il suo utilizzo migliori l'outcome perinatale (12-13). Attendiamo studi che forniscano indicazioni più precise ed attendibili sulla reale utilità della metodica nel migliorare l'esito neonatale nelle gravidanze ad alto rischio di ipossia e acidemia fetale. In particolare, è ancora da determinare se lo studio della variabilità a breve termine tramite cardiotocografia computerizzata sia una metodica più efficace rispetto alla flussimetria del dotto venoso nel prevedere precocemente e in modo clinicamente attendibile il deterioramento della salute del feto, per meglio decidere il timing del parto.

#### *Applicazioni della cardiotocografia computerizzata: il ritardo di crescita intrauterino.*

Una delle principali applicazioni cliniche della cardiotocografia computerizzata è rappresentata dal monitoraggio longitudinale di feti affetti da ritardo di crescita intrauterino, al fine di prevedere la comparsa di ipossomia fetale, acidosi metabolica e morte intrauterina e potere così scegliere il momento più adeguato all'espletamento del parto. Vi è infatti un'associazione tra ipossomia cronica e ridotta variabilità del battito fetale, tale per cui un valore di "short term" al di sotto di 3 msec può indicare l'inizio dell'acidosi fetale e il rischio di morte intrauterina. Dawes e Redman avevano già evidenziato questo aspetto costruendo, sulla base di oltre 48.000 registrazioni computerizzate con esito perinatale noto, una tabella di rischio percentuale imminente di acidemia e/o morte endouterina per diversi valori di *short term variability*. Secondo le loro conclusioni, il 72% dei feti con STV inferiore a 2.5 msec va incontro ad acidosi metabolica o morte intrauterina o alla nascita (15).

La disponibilità di tale dato rappresenta un'utile guida sia per un eventuale intervento ostetrico, sia per un'adeguata discussione della situazione con le pazienti. Gli Autori sottolineano come il valore di STV sia in grado di rilevare situazioni di sofferenza fetale anche quando la flussimetria dell'arteria ombelicale risulta normale (16). In

seguito alle conclusioni di Dawes e Redman si sono susseguiti numerosi studi che hanno verificato la correlazione tra i risultati dei tracciati computerizzati e i valori di pH fetale. Dai risultati emerge una correlazione significativa tra la variabilità a breve termine (STV) ed il pH dell'arteria ombelicale alla nascita. Il valore soglia di STV al di sotto del quale, secondo gli Autori, è necessario espletare il parto, varia tra gli studi: è di 4.5 secondo Anceschi e coll (2004) (17), che hanno studiato 24 feti con ritardo di crescita e alterazioni della flussimetria Doppler; è di 3.5 msec secondo Guzman et Al. (1996) (18) che hanno studiato 38 feti con ritardo di crescita tra le 27 e le 34 settimane di gestazione in gravidanze con alterata flussimetria Doppler dell'arteria uterina e/o ombelicale. Tutti gli studi concordano sul fatto che, tra i parametri misurati dal computer nella registrazione precedente al parto, la STV è l'indice che maggiormente si correla alla comparsa di acidosi fetale, e quindi ai valori di pH e CO<sub>2</sub> nell'arteria ombelicale alla nascita. Secondo le indicazioni presenti nel Manuale dell'Utente del *Sonicaid Fetalcare* (14), il valore di STV deve essere maggiore di 3 msec.

## Conclusioni

La cardiotocografia computerizzata rappresenta una metodica utile nel monitoraggio fetale e soprattutto nel "management" dei casi di ritardo di crescita associato ad alterazioni flussimetriche ad epoche gestazionali precoci, che è spesso oggetto di controversie, non essendovi un accordo comune sul timing del parto. In situazioni di alterazioni flussimetriche dell'arteria ombelicale la variabilità a breve termine (STV) della frequenza cardiaca fetale, infatti, consente di determinare le condizioni del feto ed in particolare il rischio di acidosi, sebbene rimanga ancora da stabilire quale sia il metodo più accurato per la scelta del momento adeguato all'espletamento del parto. La conoscenza dei criteri di acquisizione del segnale e la capacità di interpretazione dei risultati, dunque, devono oggi rientrare tra le competenze del personale medico ostetrico, poiché la cardiotocografia computerizzata offre dati obiettivi che possono orientare il clinico nella gestione di situazioni di ridotto benessere fetale.

## Bibliografia

1. DAWES GS, MOULDEN M, REDMAN CWG. *System 8000: Computerized antenatal FHR analysis*. J Perinat Med, 1991; 19: 47-51.
2. DI TOMMASO MR, MELLO G, BORRI P, RUSSOTTO A, SCOZZARI MT, BRANCONI F. *Elaborazione computerizzata del tracciato cardiotocografico* in Malattie in gravidanza. Attuali orientamenti diagnostici e terapeutici. Monduzzi Editore, 1987.
3. MANTEL R, VAN GEIJN HP, CARON FJ, SWARTJES JM, VAN WOERDEN EE, JONGSMA HW. *Computer analysis of antepartum fetal heart rate: 1. Baseline determination*. Int J Biomed Comput 1990; 25(4):261-72.
4. MANTEL R, VAN GEIJN HP, CARON FJ, SWARTJES JM, VAN WOERDEN EE, JONGSMA HW. *Computer analysis of antepartum fetal heart rate: 2. Detection of accelerations and decelerations*. Int J Biomed Comput 1990; 25(4):273-86.
5. ARDUINI D, RIZZO G, PIANA G. *Computerized analysis of fetal heart rate. description of the system (2CTG)*. J Maternal Fetal Invest 1993; 3: 159-63.
6. VISSER GHA, DAWES GS, REDMAN CWG. *Numerical analysis of the normal human fetal heart rate*. Br J Obstet Gynaecol 1981; 88:792-802.
7. DAWES GS, HOUGHTON CRS, REDMAN CWG, VISSER GHA. *Pattern of the normal human fetal hearth rate*. BR J Obstet Gynaecol 1982; 89:276-284.
8. VISSER GHA, GOODMAN JDS, LEVINE DH, DAWES GS. *Diurnal and other cyclic variations in human fetal heart rate near term*. Am J Obste Gynaecol 1982; 142:535-544.
9. DAWES GS, VISSER GHA, GOODMAN JDS, LEVINE DH. *Numerical analysis of the human fetal heart rate: modulation by breathing and movement*. Am J Obstet Gynecol 1981; 140:535-544.
10. DAWES GS, MOULDEN M, REDMAN CWG. *The advantages of computerized fetal heart analysis*. J Perinat Med 1991; 19: 39-45.
11. BRACERO LA, MORGAN S, BYRNE DW. *Comparison of visual and computerized interpretation of nonstress test results in a randomized controlled trial*. Am J Obstet Gynecol 1999; 181: 1254-58.
12. DEVORE et al, *Visual versus computerized analysis of FHR tracings* Cont Obstet Gynecol 2002; 65-80.
13. *Obstetric evidence base Guidelines* Informa Healthcare 2007 Edited by Vincenzo Berghella. Distributed by Thomson Publishing Services.
14. SONICAIDFETALCARE. *Analisi oggettiva del benessere fetale, manuale dell'utente*. Oxford Instruments Medical, Oxford, 2003.
15. DAWES GS, REDMAN CW. *Sonicaid System 8002: Objective CTG analysis system user guide*. Oxford Instruments Medical System Division, Oxford 1995.
16. DAWES GS, MOULDEN M, REDMAN CWG. *Short-term fetal heart rate variation, decelerations, and umbilical flow velocity waveforms before labor*. Obstet Gynecol 1992; 80(4):673-8
17. ANCESCHI MM, RUOZI-BERRETTA A, PIAZZE JJ, COSMI E, CEREKJA A, MELONI P, COSMI EV. *Computerized cardiotocography in the management of intrauterine growth restriction associated with Doppler velocimetry alterations*. Int J Gynaecol Obstet 2004; 86(3): 365-70.
18. GUZMAN ER, VINTZILEOS AM, MARTINS M, BENITO C, HOULIHAN C, HANLEY M. *The efficacy of individual computer heart rate indices in detecting acidemia at birth in growth-restricted fetuses*. Obstetrics & Gynecology 1996; 87(6): 969-974.