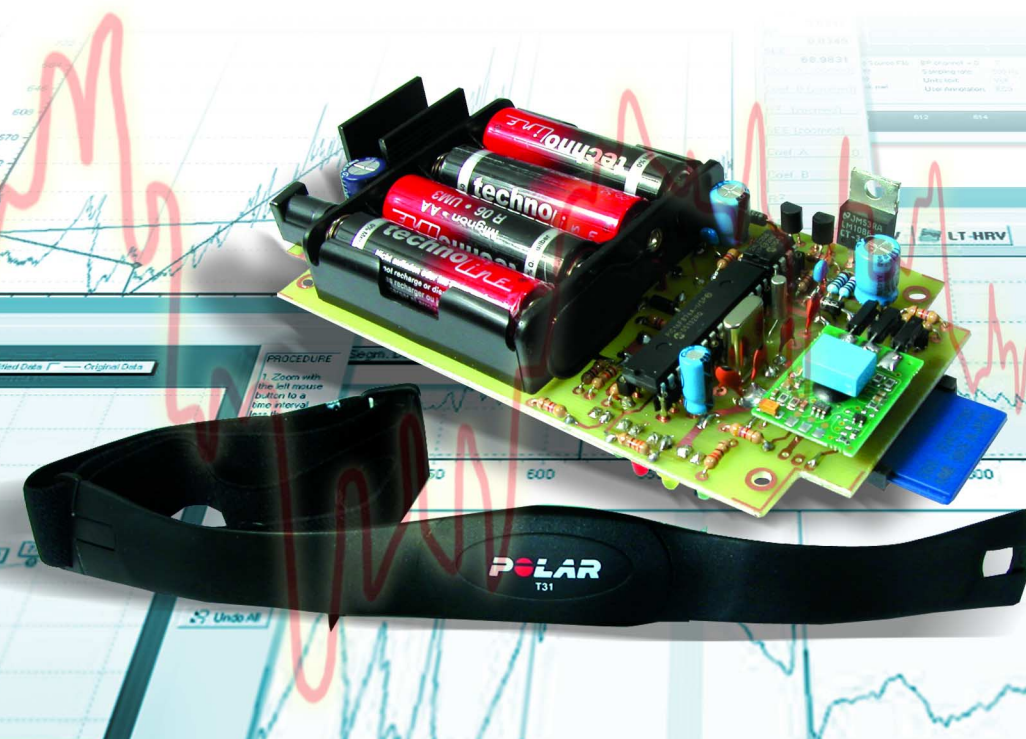


HRV Data Logger, il software

di *Franco Missoli*

In questa terza e ultima puntata riguardante l'Heart Rate Variability descriviamo brevemente uno dei software più completi per l'analisi dei dati rilevati e memorizzati dal nostro data logger HRV. Il programma è stato messo a punto dal Dipartimento di Fisica Applicata dell'Università Finlandese di Kuopio.



L'Heart Rate Variability (HRV) è una tecnica di misurazione ed analisi della variabilità della frequenza cardiaca con implicazioni in cardiologia, psicofisiologia, psicologia, psicoterapia, medicina olistica e medicina dello sport. Nelle due precedenti puntate abbiamo approfondito l'aspetto scientifico di questa tecnica (fascicolo 107) ed abbiamo presentato un dispositivo (fascicolo 108) in grado di rilevare e memorizzare su SD-Card i dati campionati (essenzialmente il tempo, espresso in millisecondi, che intercorre tra un battito cardiaco e quello successivo). Fino a una ventina di anni

fa l'informazione che i medici utilizzavano dalle sequenze di battiti cardiaci (nota come RR) era solo la loro media su intervalli più o meno lunghi. Questa informazione era collegata a stati piuttosto macroscopici come l'affaticamento, la febbre, l'emozione e così via. Gran parte dell'informazione del segnale costituito dalla sequenza degli intervalli RR era dunque inutilizzata, trascurandone i due aspetti fondamentali:

a) la variabilità dell'intervallo RR, cioè il fatto che, nonostante la definibilità di una frequenza media, gli intervalli RR non sono tutti uguali;



Fig. 1

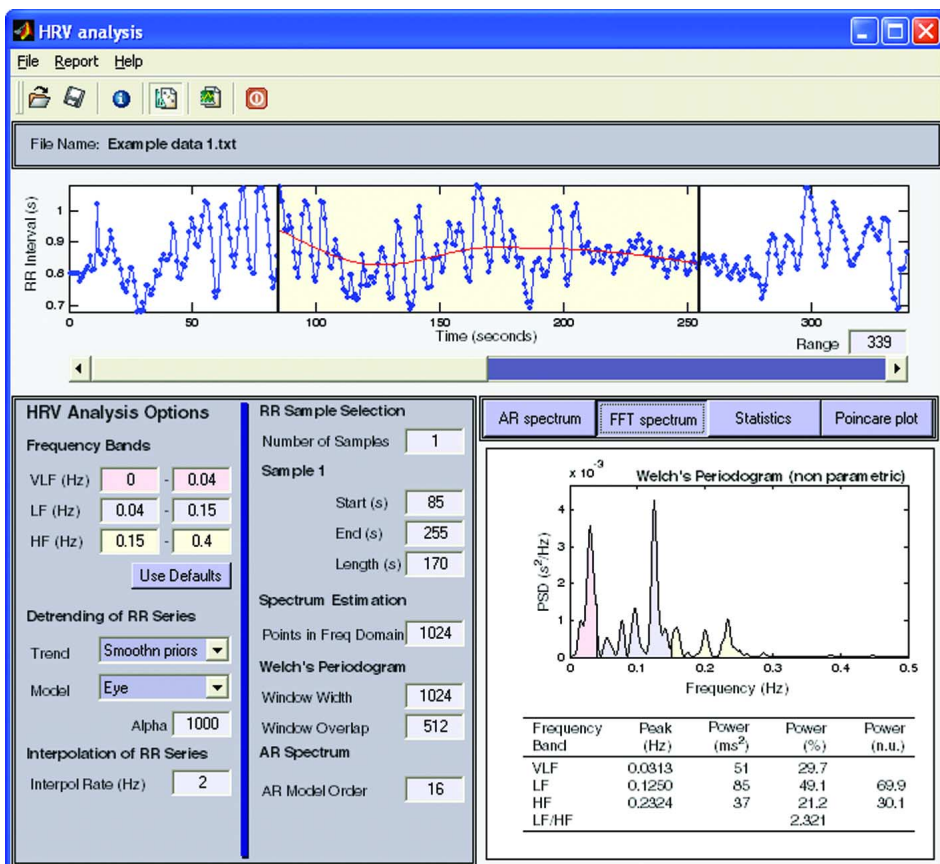
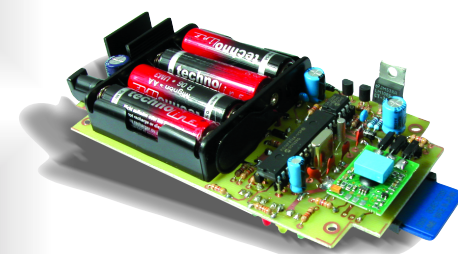


Fig. 2

b) l'esistenza di leggi temporali (dinamiche) che organizzano questa variabilità differenziandola dal rumore di fondo.

La questione dell'esistenza e della forma della variabilità dell'intervallo RR non è di poco conto in quanto la regolazione della frequenza cardiaca si sa da molto tempo essere un crocevia di numerosi sistemi di controllo fisiologico operanti a molteplici scale di tempo: dal semplice respiro a complesse influenze ormonali, al controllo autonomo messo in opera dai sistemi simpatico e parasimpatico. La complessità dei sistemi di controllo della frequenza cardiaca è conseguente alla necessità di "mappare" con efficienza un ambiente mutevole da parte dell'organismo. Il primo aspetto ad essere stato preso in considerazione dai ricercatori è stato il



più ovvio e semplice da misurare: la quantità media di variabilità presente in una sequenza di RR misurata dalla deviazione standard. SD (Standard Deviation) della sequenza RR era molto semplice da misurare ed è stata dimostrata essere un indice predittivo di importanti stati fisiologici (analisi dello spazio degli stati) così come le differenze di base (analisi dello spazio dei sistemi). Il passo successivo al calcolo della media, ovvero la considerazione della SD, aveva permesso di ottenere informazioni importanti. Il passo ancora successivo fu quello di studiare la distribuzione della variabilità stessa, se cioè le deviazioni della media degli intervalli RR avessero delle lunghezze carat-

teristiche ed identificabili. Lo strumento per ottenere questo scopo è l'analisi di Fourier della variabilità degli intervalli RR: qui basti dire che l'analisi consente di esprimere la sequenza degli intervalli RR come una somma (composizione) di andamenti regolari con differenti frequenze (periodicità). Di queste differenti frequenze si calcola il peso relativo nella determinazione del segnale in studio e la distribuzione di pesi è detta "spettro del segnale". L'analisi spettrale è un passaggio importantissimo che introduce a quello che avevamo indicato come il secondo aspetto dell'informazione portata dal segnale RR: l'individuazione di eventuali regolarità nella variabilità. Non è ancora però, a rigor di termini, un'analisi di tipo compiutamente dinamico. Le regolarità del



segnale vengono infatti estratte mediando da un campione che si giudica insieme rappresentativo e corrispondente ad una situazione stazionaria: in altre parole si suppone che nell'intervallo di campionamento il sistema non muti il suo stato fisiologico e che quindi sia lecito considerare le caratteristiche spettrali invarianti. Per i sistemi viventi la caratteristica di stazionarietà è piuttosto difficile da ottenere ed in ogni caso è molto importante poter analizzare quantitativamente situazioni che per definizione non sono stazionarie.

Il software da noi utilizzato per l'analisi dei dati (partendo da una sequenza RR) è quanto di più completo si possa avere a disposizione. ➤



Fig. 3

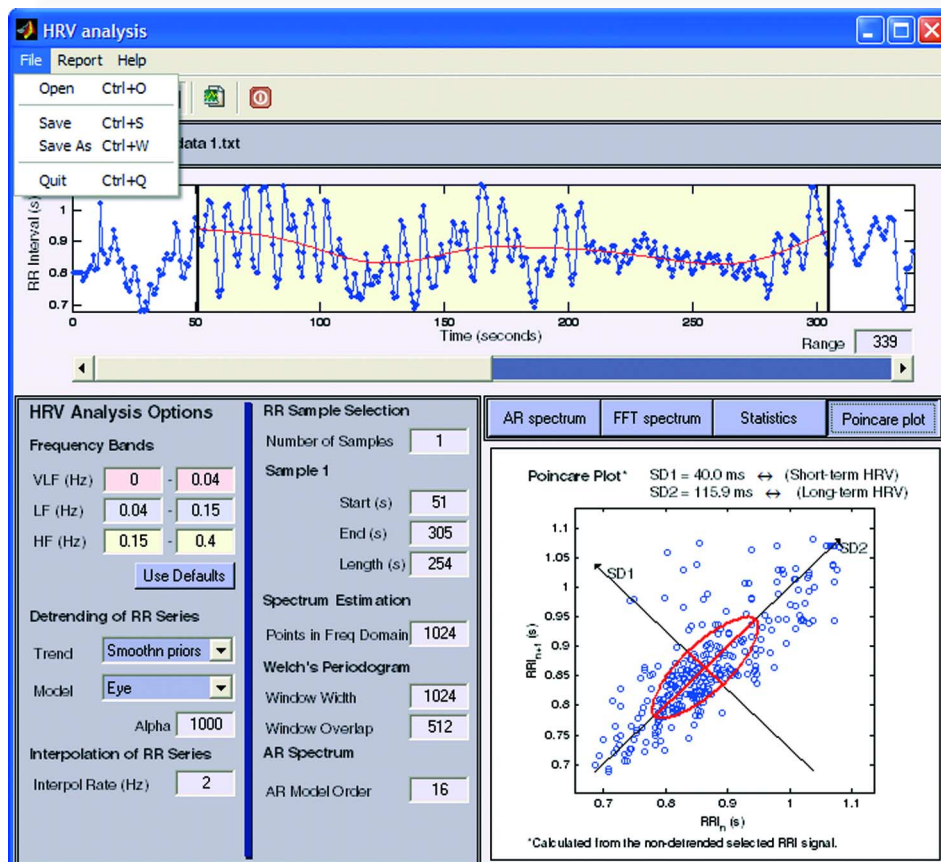


Fig. 4

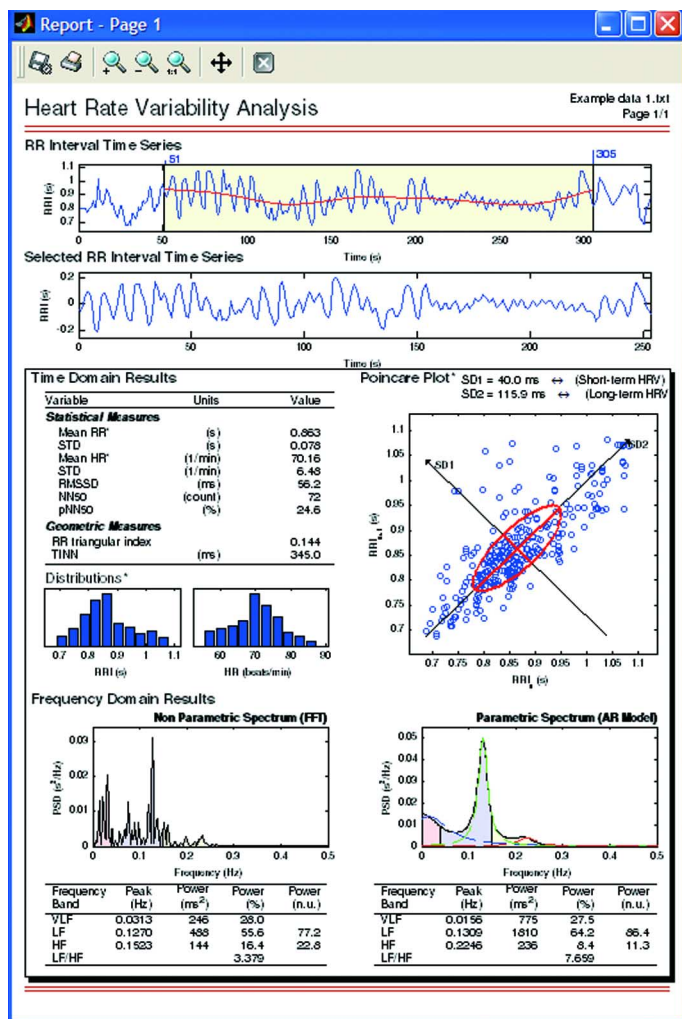


Fig. 5

Esso è stato messo a punto dai ricercatori dell'Università finlandese di Kuopio ed è disponibile a richiesta (vedi riferimenti a fine articolo). Ricordiamo che l'interpretazione finale dei dati va effettuata da uno specialista il quale, unico, potrà fornire diagnosi, valu-

nulla più. Il programma è in grado di effettuare tutte le analisi attualmente utilizzate in questo campo fornendo risultati sotto forma di grafici visualizzati a monitor ma esportabili anche in formato pdf. I risultati possono anche essere memorizzati in formato ASCII con

tazioni e terapie. La disponibilità e l'impiego di questo software da parte di personale non medico va inteso unicamente in un'ottica di sperimentazione e verifica dei dati acquisiti dall'apparecchiatura elettronica realizzata. Insomma, uno strumento per verificare che i dati vengano acquisiti correttamente ma

possibilità di essere importati da Microsoft Excel. L'informazione che necessita questo software è una stringa RR di 4-5 minuti equivalenti a circa 300 battiti. Il software accetta formati differenti tra i quali anche un file in formato txt con la sequenza degli intervalli RR espressa in millisecondi; questo è appunto il formato che il nostro data logger utilizza per memorizzare i dati sulla SD-Card. Il tacogramma che ne deriva (Fig. 1) può essere analizzato nella sua interezza oppure può essere scelto uno specifico intervallo. A questo punto, il software esegue una serie di analisi più complesse attraverso operazioni di "Resampling del tacogramma" a cui segue la Trasformata di Fourier ed il calcolo dello Spettro di Potenza del tacogramma (figure 2, 3 e 4). Lo Spettro di Potenza, che rappresenta le componenti di frequenza del tacogramma, contiene le informazioni necessarie per arrivare alla stima del bilanciamento fra Simpatico e Parasimpatico. Lo Spettro di potenza (nel dominio delle frequenze) esprime la potenza delle frequenze comprese fra 0.01 e 0.4 Hz: la potenza (Power) viene espressa in millisecondi al quadrato. In questo campo possiamo distinguere tre sottobande di frequenza:

- VLF (Very Low Frequency) frequenze comprese fra 0.01 e 0.04 Hz. La banda VLF è dovuta in parte

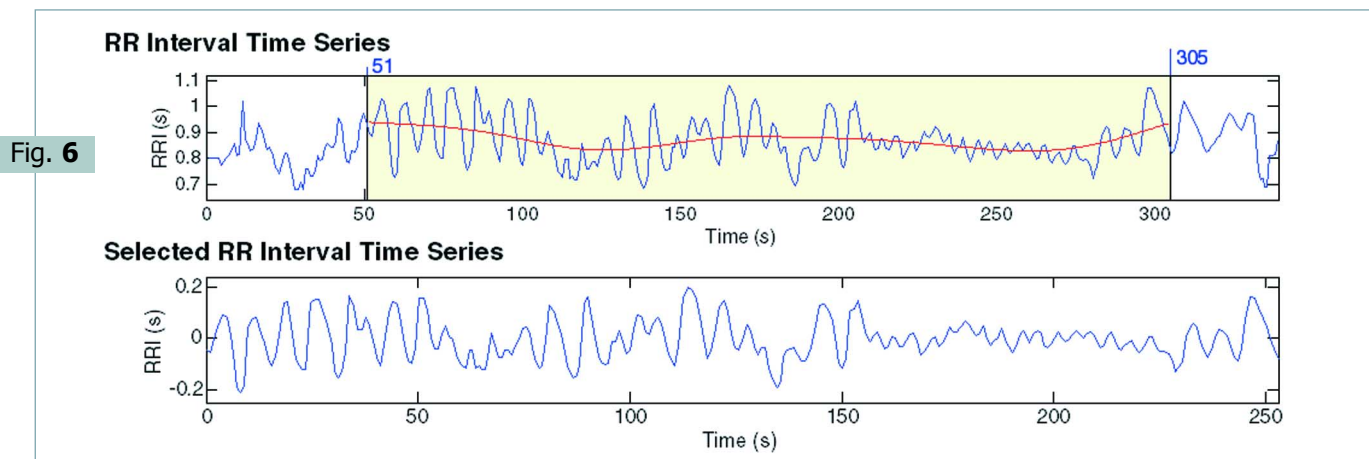
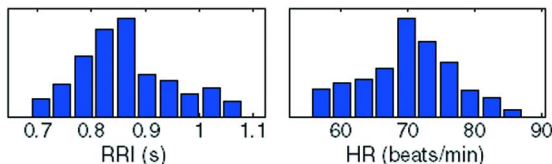


Fig. 6

Time Domain Results

Variable	Units	Value
Statistical Measures		
Mean RR*	(s)	0.863
STD	(s)	0.078
Mean HR*	(1/min)	70.16
STD	(1/min)	6.48
RMSSD	(ms)	56.2
NN50	(count)	72
pNN50	(%)	24.6
Geometric Measures		
RR triangular index		0.144
TINN	(ms)	345.0

Distributions*



Poincare Plot* SD1 = 40.0 ms ↔ (Short-term HRV)
SD2 = 115.9 ms ↔ (Long-term HRV)

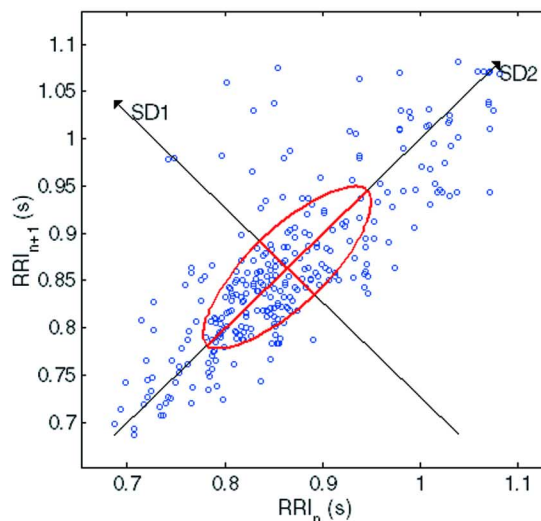


Fig. 7

all'attività del sistema Nervoso Simpatico ed è influenzata dalle preoccupazioni e dallo stress.

- LF (Low Frequency) frequenze comprese fra 0.04 e 0.15 Hz. La banda LF viene considerata principalmente dovuta all'attività del Sistema Nervoso Simpatico e all'attività di regolazione dei barocettori.

- HF (High Frequency) frequenze comprese fra 0.15 e 0.4 Hz. la banda HF viene considerata espressione dell'attività del Sistema Nervoso Parasimpatico. Questa banda di frequenze subisce una elevata influenza da parte del ritmo e della profondità della respirazione. Sono molto importanti anche i parametri chiamati "Deviazione

Standard" del tacogramma ed il parametro "Total Power" che è proporzionale al quadrato della deviazione standard.

Entrambi questi parametri esprimono il grado complessivo della variabilità della frequenza cardiaca, quindi l'attività complessiva del Simpatico più Parasimpatico. Il rapporto fra Simpatico e Parasimpatico viene invece misurato dal rapporto fra LF/HF.

Un altro strumento per analizzare le dinamiche dei sistemi complessi non lineari è la rappresentazione nello spazio delle fasi o spazio degli stati: questa tecnica segue i valori delle variabili indipendenti che cambiano nel tempo. Il gran numero di variabili indipendenti presenti

in molti sistemi complessi le rende non immediatamente identificabili e misurabili, per tali sistemi la rappresentazione nello spazio delle fasi può essere realizzata usando il metodo delle delay maps (Fig. 7).

In essa l'ascissa d'ogni punto corrisponde al valore di una variabile in un certo istante, mentre l'ordinata crea il valore della stessa variabile dopo un ritardo costante; una serie di questi punti in tempi successivi delinea una curva o traiettoria che descrive l'evoluzione del sistema. Per identificare il tipo di sistema dinamico, caotico o periodico, si determinano le traiettorie per differenti condizioni iniziali e successivamente si cerca un attrattore, una regione dello spazio delle fasi che

RM ELETTRONICA SNC

vendita componenti elettronici
rivenditore autorizzato:

FUTURA
ELETTRONICA

NUOVA
ELETTRONICA

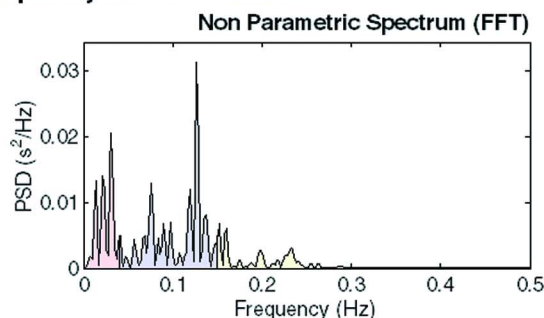
G.P.E.

ELSE
Kit

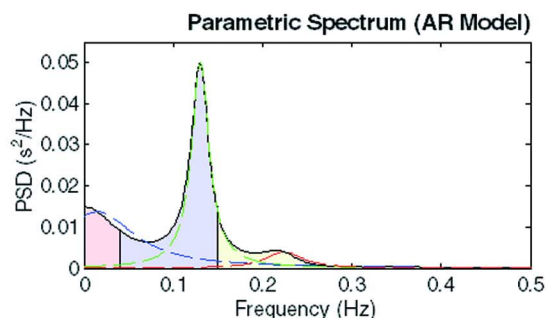
Via Val Sillaro, 38 - 00141 ROMA - tel. 06/8104753

Fig. 8

Frequency Domain Results



Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF	0.0313	246	28.0	
LF	0.1270	488	55.6	77.2
HF	0.1523	144	16.4	22.8
LF/HF			3.379	



Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF	0.0156	775	27.5	
LF	0.1309	1810	64.2	86.4
HF	0.2246	236	8.4	11.3
LF/HF			7.659	

attrae le traiettorie. Il tipo più semplice d'attrattore è il punto fisso, che descrive un sistema il quale evolve sempre verso il singolo stato, in questo spazio delle fasi vicino all'attrattore al punto fisso, tutte le traiettorie convergono verso quel singolo punto. Una forma più complicata d'attrattore è il ciclo limite, che corrisponde ad un sistema il quale evolve verso uno stato periodico; nello spazio delle fasi vicino a questo ciclo limite le traiettorie seguono un percorso regolare che può essere circolare o

ellittico. Altri attrattori definiti "strani", descrivono sistemi che non sono né statici né periodici; nello spazio delle fasi vicino questo attrattore, due traiettorie che presentano condizioni iniziali in concreto identiche e divergono rapidamente e su lunghe distanze temporali divengono molto differenti: un sistema di questo tipo è detto caotico. Numerosi studi hanno analizzato la rappresentazione dello spazio delle fasi per il battito cardiaco normale e i risultati mostrano un comportamento più simile ad un attrat-

tore strano che non ad un attrattore periodico, caratteristico di un processo realmente regolare. Queste osservazioni concordano con le indagini cliniche che hanno dimostrato come la dinamica di un battito cardiaco normale possa essere caotica.

Tornando al programma, al termine dell'analisi, viene generato un foglio di rapporto stampabile (Fig. 5) contenente tutte i diagrammi e le informazioni finali. Il rapporto include anche tutte le informazioni relative ai parametri di calcolo impostati. Questa schermata contiene sette pulsanti nel toolbar che consentono rispettivamente l'esportazione, la stampa, lo zoom in, lo zoom out, il ritorno alla vista normale, la selezione della zona visualizzata e, infine, la chiusura della finestra. Questo software di analisi dell'HRV funziona con tutti i sistemi operativi a 32 bit (Microsoft 98/Me/NT/2000/XP), richiede uno spazio libero di 30 Mb e può funzionare con tutti i PC con processore Pentium. Per richiedere una copia di questo software è necessario contattare il prof. Juha-Pekka Niskanen (tjniskan@venda.uku.fi) mentre ulteriori informazioni sono disponibili sul sito:

www.it.uku.fi/biosignal

