



ANALISI DELLA VARIABILITA' CARDIACA

20/04/2011 ver 1.2

Sommario

La Variabilità Cardiaca	2
Test a riposo	3
Analisi HRV	3
Analisi nel dominio del tempo	5
Analisi con metodo non lineare	5
Analisi nel dominio della frequenza	7
La proposta HRV di Hosand	9
Andamento del post allenamento	11

La Variabilità Cardiaca

La Variabilità Cardiaca (HRV = Heart Rate Variability) è la naturale variazione nel tempo che intercorre tra un battito e il successivo. Conosciuta anche come variabilità RR, dove per R si intende il picco del complesso QRS di un'onda ECG, e per RR la distanza tra due picchi R.

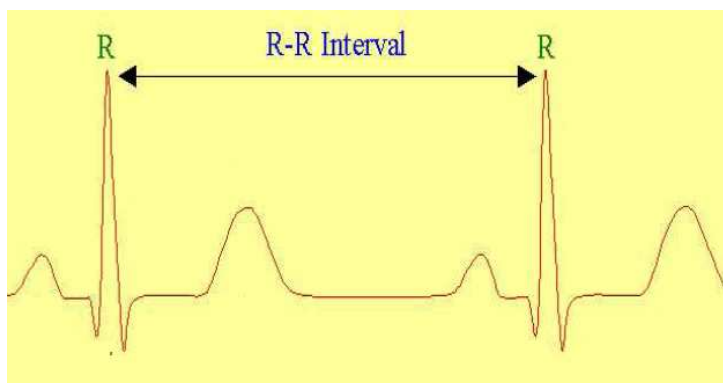


Figura 1 – Intervallo RR

L'analisi HRV è un metodo di valutazione dello stato dei meccanismi di regolazione delle funzioni fisiologiche dell'organismo umano. Tali meccanismi, fanno riferimento al sistema nervoso autonomo e al sistema neuroendocrino.

L'equilibrio di tali sistemi determina la capacità e il tipo di adattamento ad uno stimolo esterno, ciò che viene comunemente chiamata reazione di stress. L'adattamento, sia esso positivo o negativo è in funzione al grado di disturbo di tali meccanismi.

Il cardiofrequenzimetro Hosand MINICardio è un dispositivo che rivela il battito cardiaco attraverso due elettrodi adesivi monouso applicati sulla pelle e collegati attraverso attacchi a scatto al dispositivo stesso. Il segnale elettrico rivelato dagli elettrodi viene elaborato dal cardiofrequenzimetro e memorizzato in modalità RR. I dati sono successivamente scaricabili via IrDa

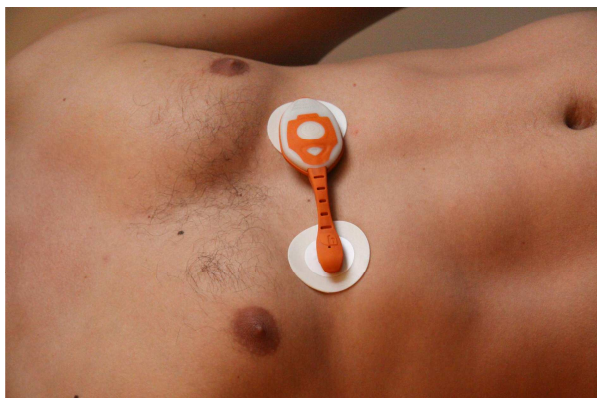


Figura 2 – MINICardio

Test a riposo

L'applicazione pratica della analisi HRV, si basa sulle indicazioni dell'European Cardiology Society, sugli studi Sovietici e sul rispetto di alcune regole generali dettate dall'esperienza, tali da non determinare errori nell'analisi stessa, compromettendone i risultati.

Le raccomandazioni alle quali gli atleti devono far riferimento sono:

- 1) Evitare sostanze nervine a ridosso del test;
 - 2) Aver effettuato l'ultimo pasto almeno 2 ore prima dell'inizio della valutazione;
- Il protocollo standard prevede che l'analisi avvenga per un periodo di 5 minuti, con il soggetto disteso su un lettino in posizione supina, in stanza buia a temperatura costante, e che sia ripetuto nel tempo in condizioni analoghe. Comunque la condizione migliore è al mattino dopo il risveglio, prima della colazione.

Analisi HRV

Sulla registrazione scaricata nel computer con il software è possibile applicare la funzione di analisi della variabilità cardiaca (HRV)

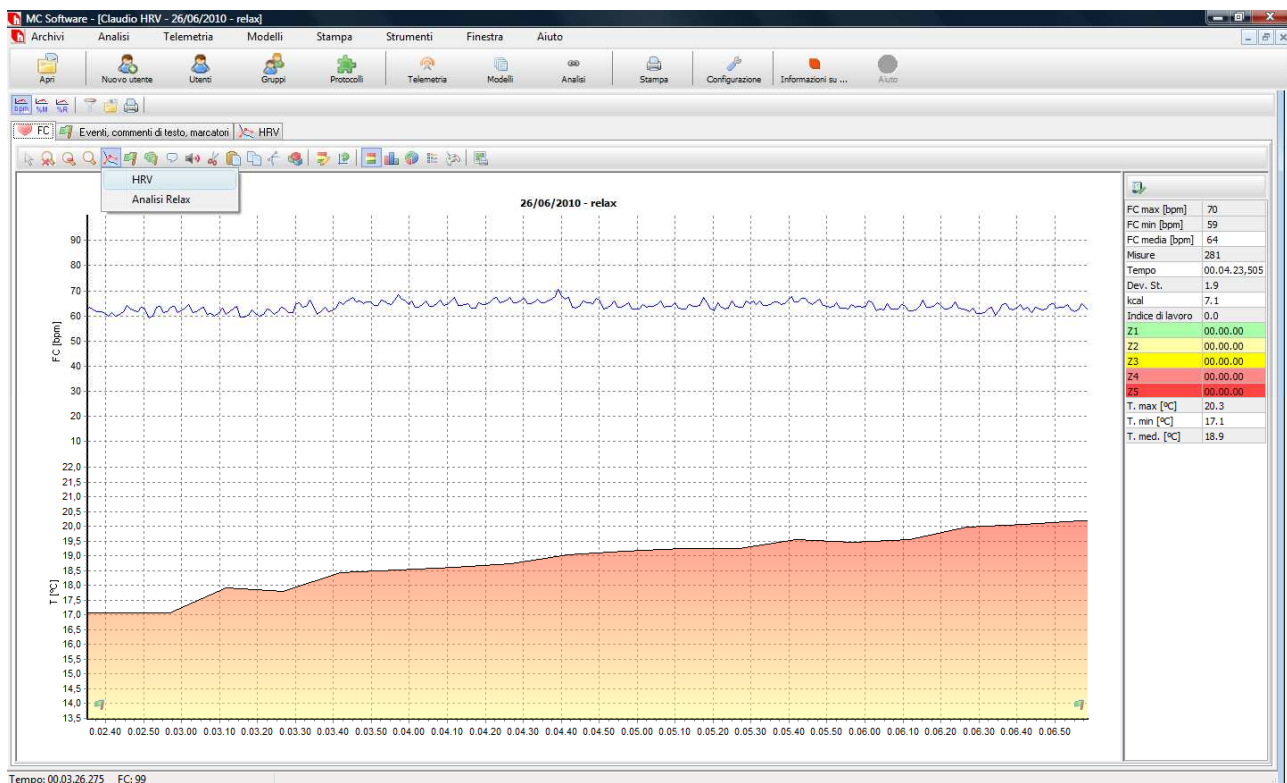


Figura 3 – Registrazione di frequenza cardiaca a riposo

I risultati dell'analisi HRV sono riassunti in questa videata:

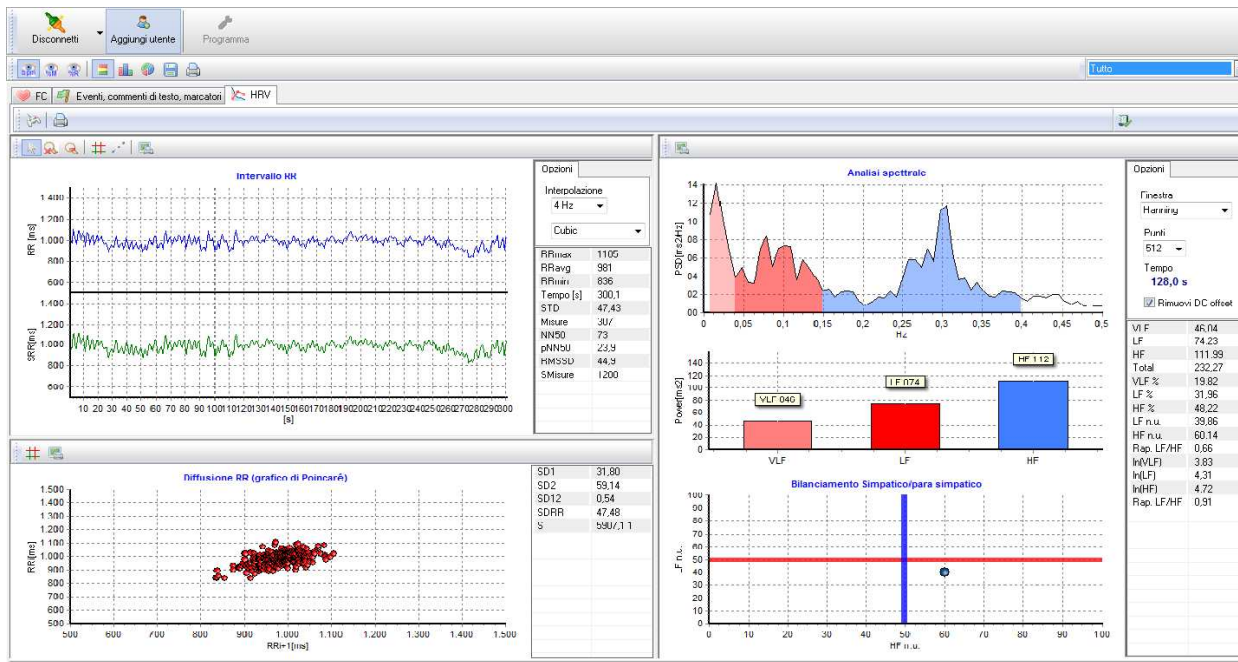


Figura 4 - finestra HRV

L'analisi HRV viene effettuata sulla parte di curva dell'intervallo RR visualizzata.

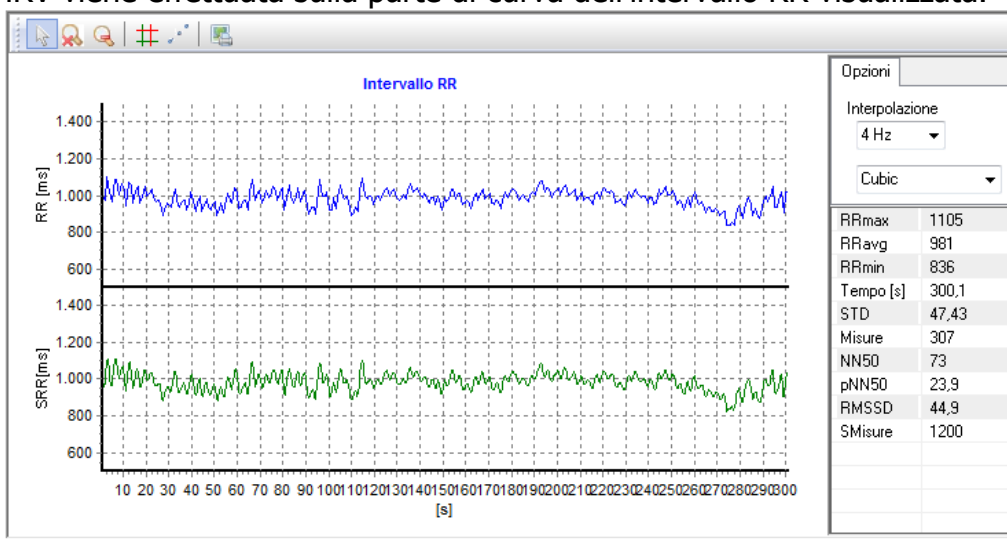


Figura 5 – Intervallo RR campionato

L'interpolazione sugli intervalli RR è necessaria per l'applicazione dell'analisi spettrale di Fourier e per questo è possibile stabilire la frequenza di campionamento da 2 a 4 Hz e il tipo di interpolazione cubica o lineare.

RRmax = intervallo RR massimo registrato [msec]

RRavg = intervallo RR medio registrato [msec]

RRmin = intervallo RR minimo registrato [msec]

Misure= numero di intervalli RR registrati [n°]

SMisure= numero di intervalli RR interpolati [n°] (questo valore dipende dal numero di punti scelto nella sezione "analisi spettrale")

Analisi nel dominio del tempo

Vengono utilizzati parametri statistici di variabilità:

STD = deviazione standard degli intervalli RR rispetto alla media [msec]

NN50 = numero di intervalli consecutivi con differenza maggiore di 50 msec [n°]

pNN50 = percentuale degli intervalli NN50 rispetto al totale degli intervalli RR misurati [%]

RMSSD= radice quadrata della media delle differenze al quadrato tra intervalli RR adiacenti [msec]

Analisi con metodo non lineare

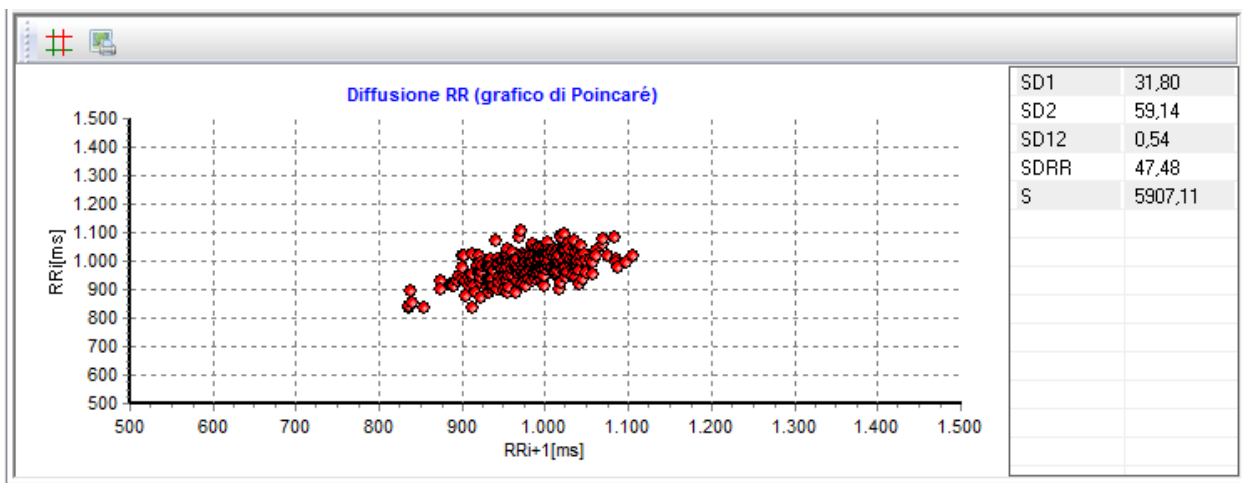
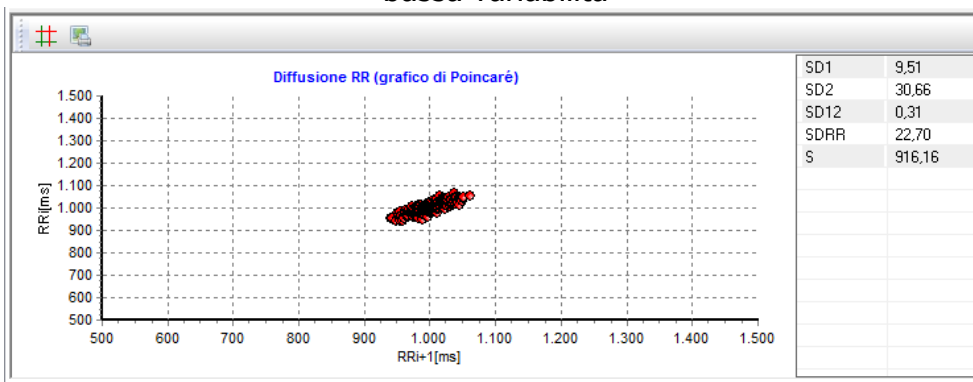


Figura 6 – Diffusione RR

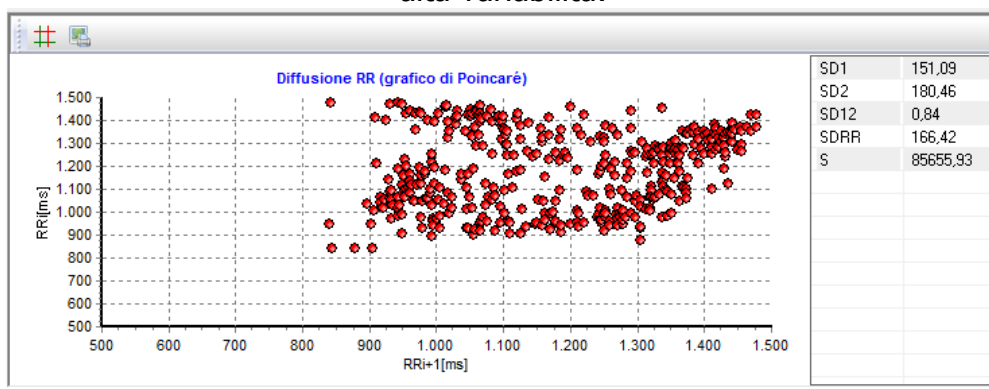
Grafico di Poincaré:

Il grafico è formato da puntini indicanti gli intervalli RR consecutivi in msec. I punti sul grafico vengono disegnati partendo dal primo valore dell'intervallo RR sull'asse delle Y il successivo su quello delle X e così via fino ad ottenere un grafico a diffusione di punti. La diffusione dei puntini dà un'indicazione della variabilità della frequenza cardiaca: esempio:

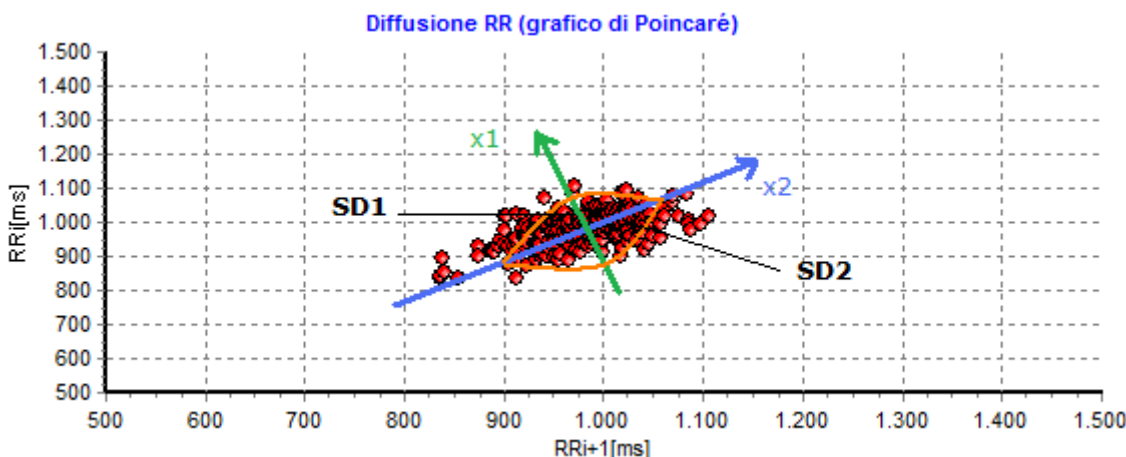
bassa variabilità



alta variabilità:



Dal grafico vengono calcolati i seguenti parametri di variabilità:



SD1 = deviazione standard calcolata sull'asse verticale della diffusione; è indicativa di rapidi cambiamenti della frequenza cardiaca tra un battito e l'altro

SD2 = deviazione standard calcolata sull'asse orizzontale della diffusione; è indicativa di fluttuazioni ritmiche della frequenza cardiaca nel tempo (p.e. cicli respiratori)

SD12 = rapporto tra SD1 e SD2

SDRR = deviazione standard totale derivata SD1 e SD2 (è paragonabile alla STD)

S = è l'area dell'ellisse per cui SD1 x SD2 x pigreco

Analisi nel dominio della frequenza

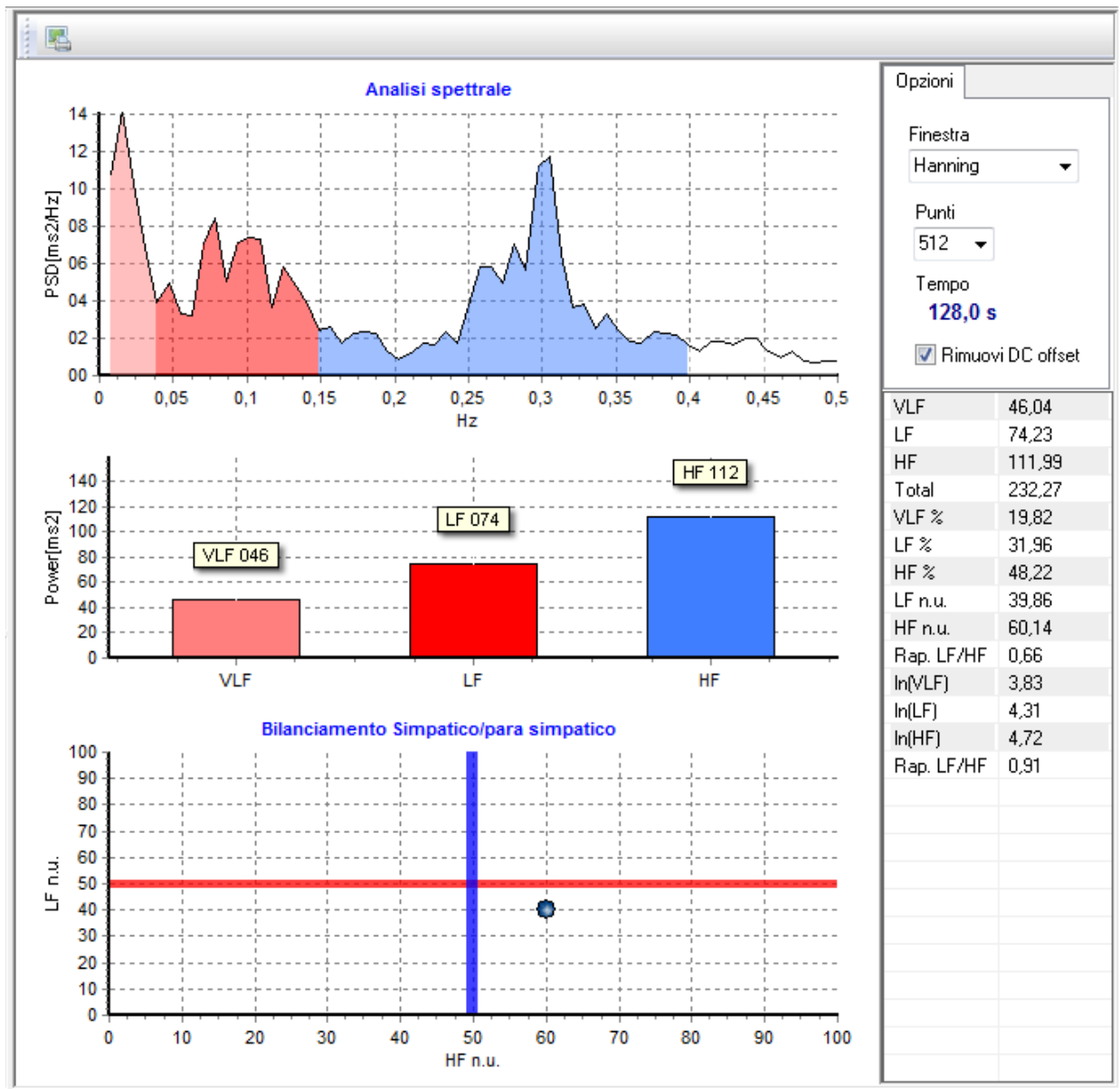


Figura 7 – Analisi spettrale/ Bilanciamento Simpatico/Parasimpatico

In questa analisi viene calcolata la *densità di potenza spettrale* ($PSD = \text{power spectrum density}$) della serie di intervalli RR registrata che da un'evidenza del "peso" (potenza spettrale in msec^2) delle componenti oscillatorie che caratterizzano la variabilità della frequenza cardiaca.

VLF = very low frequency (frequenze molto basse 0 – 0,04 Hz) [msec^2]
 LF = low frequency (frequenza basse 0,04 – 0,15 Hz) [msec^2]



HF = high frequency (frequenza alte 0,15 – 0,4 Hz) [msec^2]

Totale = somma delle singole potenze spettrali (VLF+LF+HF)

La variazione della frequenza cardiaca viene mediata dal sistema nervoso periferico che si suddivide in Simpatico e Parasimpatico i quali a secondo del loro grado di attivazione hanno influenza sul ritmo cardiaco oltre che su altri aspetti fisiologici

La banda a bassa frequenza (LF) è considerata un indice dell'attivazione del sistema simpatico mentre quella ad alta frequenza (HF) come indice dell'attivazione anche del parasimpatico. Il rapporto tra i due valori (LF/HF) è considerabile come indice di bilancio simpatico/parasimpatico. Nel grafico viene utilizzato il rapporto tra LF e HF espresse in unita normalizzate.

Vengono anche indicate i parametri derivati dai valori di potenza spettrale:

%VLF = percentuale della potenza spettrale VLF rispetto alla potenza totale

%LF = percentuale della potenza spettrale LF rispetto alla potenza totale

%HF = percentuale della potenza spettrale HF rispetto alla potenza totale

LFnu = LF espresse in unita normalizzate

HFnu = HF espresse in unita normalizzate

Nota: le unità normalizzate sono espresse come percentuale rispetto al somma LF+HF

Rapp. LF/HF = rapporto LFnu/HFnu

$\ln(\text{VLF})$ = logaritmo naturale della potenza spettrale VLF

$\ln(\text{LF})$ = logaritmo naturale della potenza spettrale LF

$\ln(\text{HF})$ = logaritmo naturale della potenza spettrale HF

Rapp. LF/HF = rapporto $\ln(\text{LF})/\ln(\text{HF})$

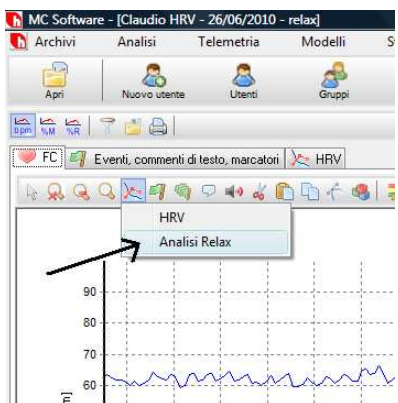


La proposta HRV di Hosand

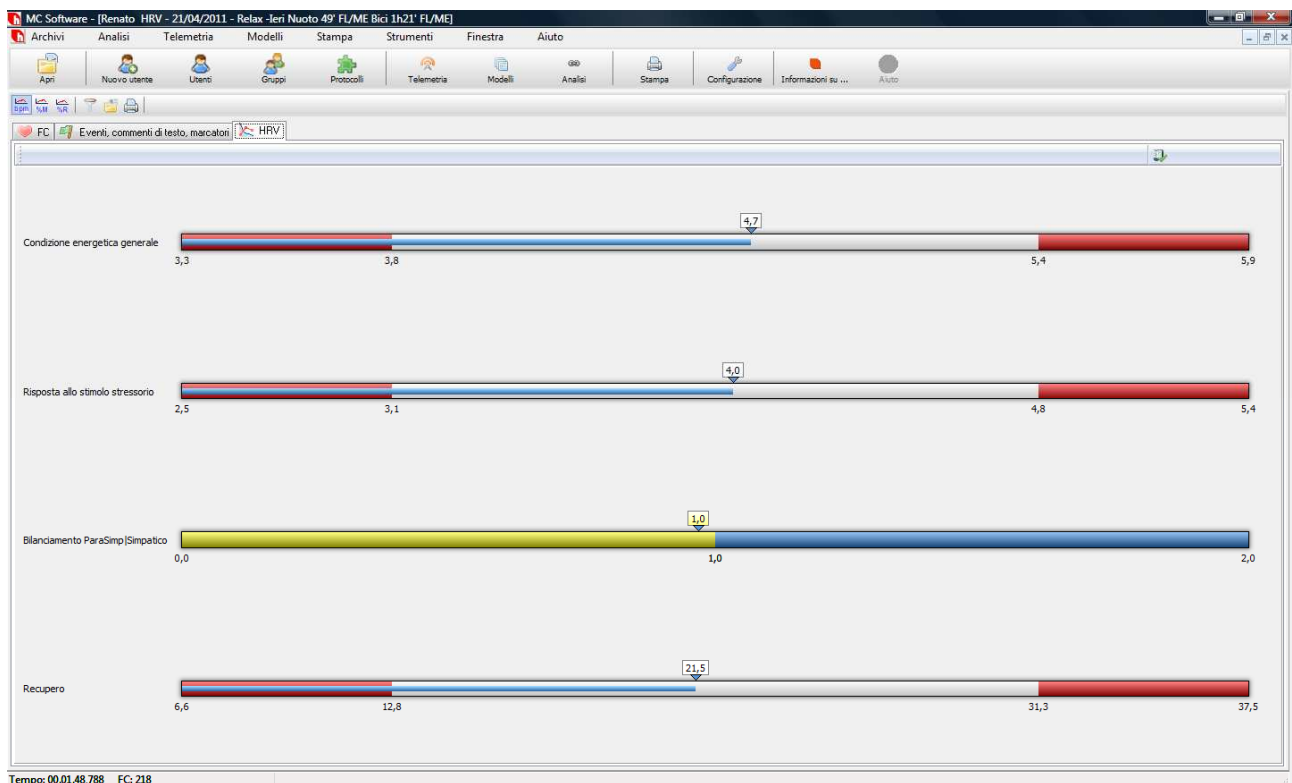
Sulla base dei valori determinati dall'analisi HRV, sopra descritta, e sulle relazioni evidenziate in letteratura tra questi valori e gli aspetti fisiologici, Hosand ha costruito una griglia di relazione che si autoreferenzia in funzione dell'andamento dei valori del singolo individuo.

In questo modo dopo almeno 5 test successivi si evidenziano dei limiti personali con zone di "attenzione" rosse che consentono di capire in quale stato si trova il soggetto.

Per applicare questa valutazione del test a riposo esiste un comando specifico nel software



che automaticamente produce la griglia sottostante:



I parametri presi in considerazione sono:

Quadro generale

Questi parametri derivano da indici ricavati dall'analisi HRV nel dominio della frequenza

- Condizione energetica generale
- Stress da adattamento
- Risposta allo stimolo stressorio
- Parasimpatico
- Bilanciamento Parasimpatico/Simpatico

Ripristino omeostasi

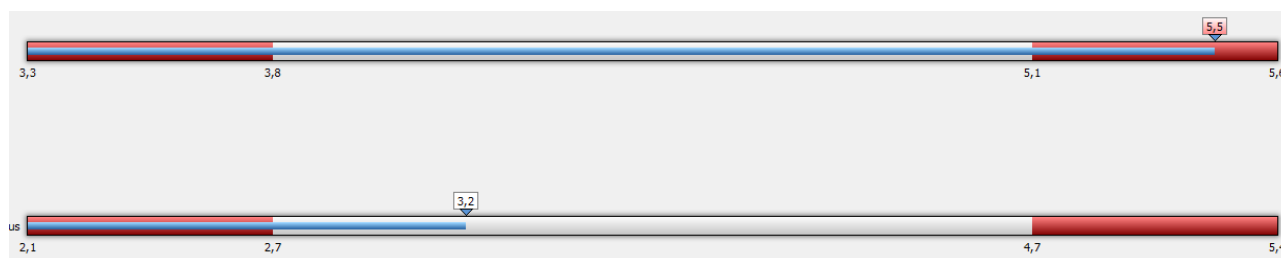
Questi parametri derivano da indici ricavati dall'analisi HRV nel dominio del tempo e con metodo non lineare.

- Attivazione meccanismi di ripristino
- Attivazione meccanismi di recupero
- Recupero

Nel trend vengono considerati tutti i parametri suddetti (vedi dopo) mentre in vista giornaliera vengono considerate solo:

- Condizione energetica generale
- Risposta allo stimolo stressorio
- Bilanciamento Parasimpatico/Simpatico
- Recupero

Legenda



La zona rossa di "attenzione" di sinistra o inferiore riguarda, generalmente uno stato di "affaticamento" mentre quella di destra o superiore riguarda uno stato di iper attivazione.

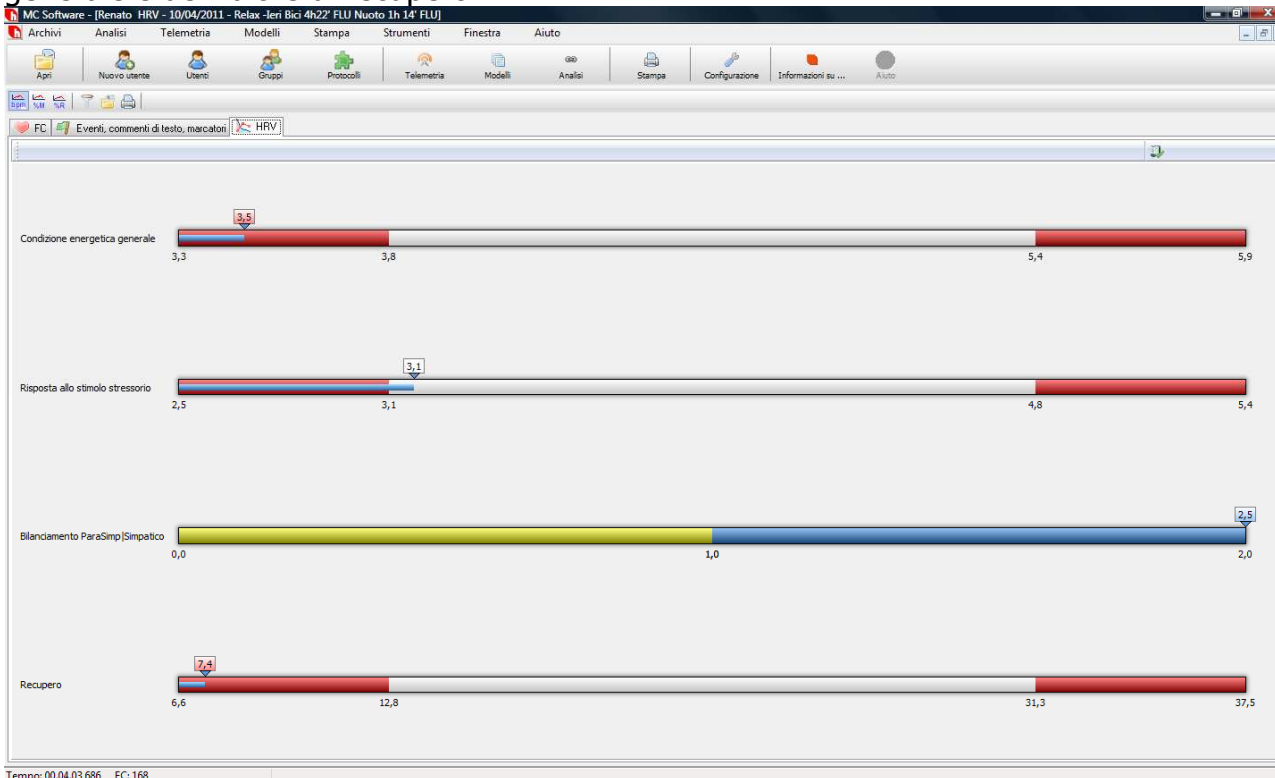
Esse sono dei campanelli di allarme che devono scattare nel momento in cui il soggetto persiste per più giorni con gli stessi parametri nella stessa zona di "attenzione".

La barra azzurra è di lunghezza proporzionale al valore del parametro e lo sfondo dell'etichetta è bianco se il valore del parametro insiste nella zona di normalità mentre diventa rosso se invece cade in una delle due zone di "attenzione"

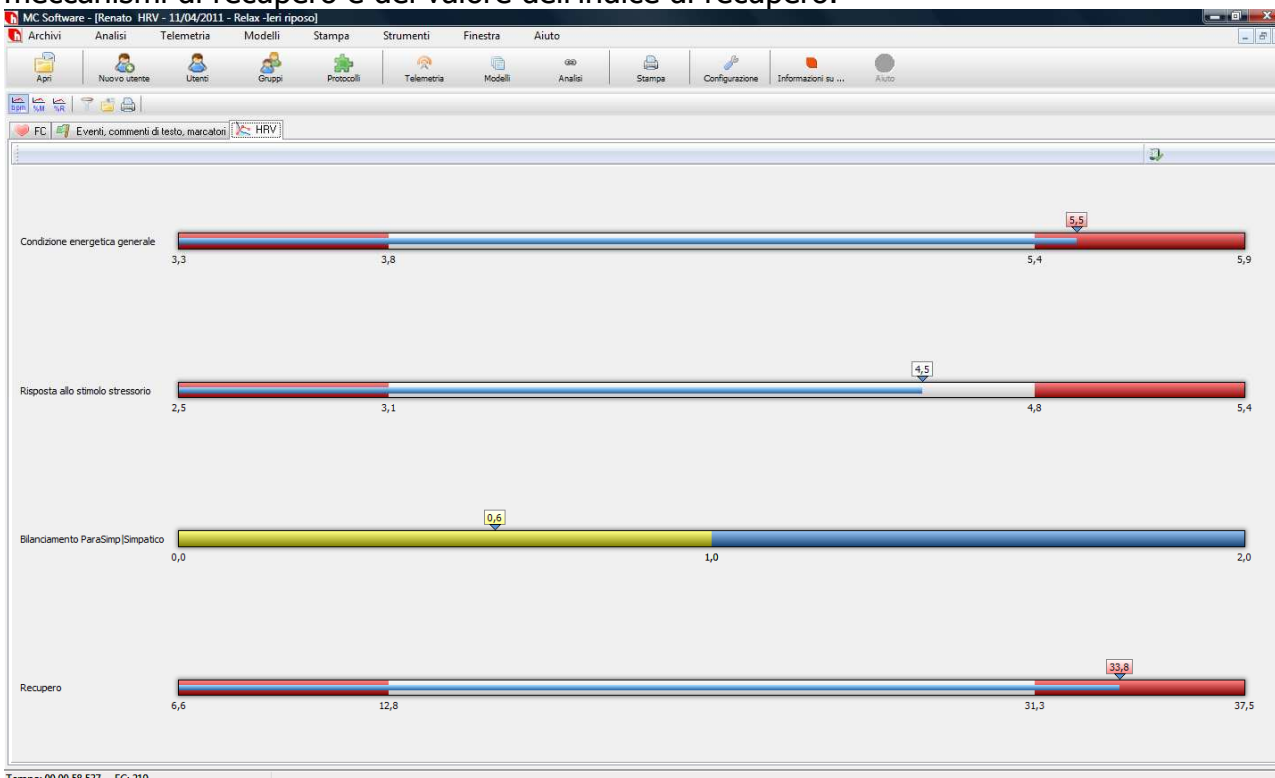


Andamento del post allenamento

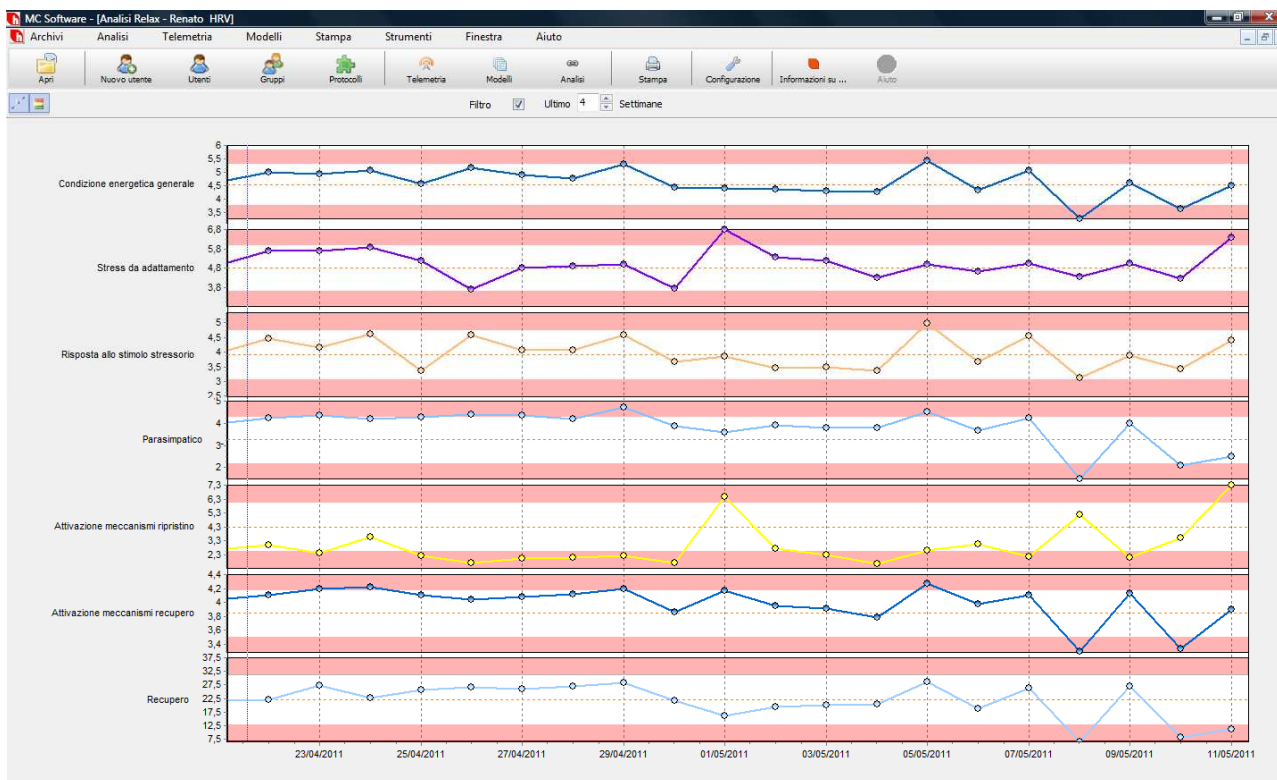
Generalmente la mattina del giorno di recupero post allenamento, in funzione del carico di lavoro mantenuto, si osserva una diminuzione proporzionale dei parametri del quadro generale e del valore di recupero.



e la mattina successiva si osserva un aumento dei parametri del quadro generale, a volte anche in zona rossa superiore (compensazione), con un aumento dell'attivazione dei meccanismi di recupero e del valore dell'indice di recupero.



L'andamento nel tempo di questi risultati può essere visualizzato in un grafico di trend:





La bibliografia di riferimento è la seguente:

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiologic interpretation, and clinical use. Circulation 1996; 93:1043-1065.

Baevsky R. M., Kirillov O. I., Kletskin S. Z. Mathematical analysis of heart rhythm and stress. M. Nauka, 1984

Baevsky R. M., Berseneva A. P. The estimation of body adaptability and risk of disease development. M., Medicina, 1997

*Rawenwaaij-Arts C.M.A., Kallee L.A.A., Hopman J.C.M. et al. Heart rate variability (Review), Annals of Intern. Med, 1993, vol. 118. p. 436-447
Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Circulation, V. 93, p. 1043-1065 (1996).*

Baevsky R.M., Ivanov G.G., Tschireikin L.V. et al. Analysis of heart rate variability by use of different electrocardiodiagnostic systems, Viesnik aritmologii, 2001, 24, pp. 65 -86

*Baevsky R. M. Forecasting of the states between norma and pathology. M., Medicina, 1979
Baevsky R. M. Temporal functional organization and body adaptation. Theoretical and applied aspects of biosystem's temporal organization. M., Nauka, 1975, p.88-111*

Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Barger, A.C., Cohen, R.J.: Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. Science, 1981, 213, s.220-222.

Javorka M., Ľila I., Javorka K., Ľalkovská A.: "Respiratory" oscillations of cardiovascular parameters during voluntary apnea. Resp. Physiol. 126, 2001,s.251-254.

Javorka M., Ľila I., Javorka K., Ľalkovská A.:Do the oscillations of cardiovascular parameters persist during voluntary apnea in humans' Physiol. Res. 51, 2002, s. 227 – 238.

Javorka M.: Approximate entropy – parameter kvantifikujúci komplexitu regulácie. Ľsl.Fyziol. 51 (1),2002, s. 21-27.

Kleiger, R.E., Miller, J.P., Bigger, J.T., Moss, A.J.: Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am.J.Cardiol., 59, 1987, s.256-262.

Odemuyiwa O, Malik M, Farrell T, Bashir Y, Poloniecki J, Camm AJ: Comparison of the predictive characteristics of heart rate variability index and left ventricular ejection fraction for all-cause mortality, arrhythmic events and sudden death after myocardial infarction. Am J Cardiol, 1991, 68, s.434-439.

Patzak, A., Lipke, K., Orlow, W., Mrowka, R., Stauss, H., Windt, E., Persson, P.B., Schubert, E.: Development of heart rate power spectral reveals neonatal peculiarities of cardiorespiratory control. Am.J.Physiol.,271, 1996, (Regulatory Integrative Comp. Physiol.), 40 , s.R1025-1032.



Sahni,R., Schulze, K.F., Kashyap, S., Ohira-Kist K., Fifer, W.P., Myers, M.M.: *Postural differences in cardiac dynamics during quiet and active sleep in low birthweight infants. Acta Paediatr*, 88, 1999, 12, s.1396-1401.

Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal, 17, 1996, s.354-381.

van Ravenswaaij-Arts, C., Kollée, L., Hopman, L., Stoelinga, G., van Geijn, H.: *Heart rate variability. Ann. Intern. Med.*, 118, 1993, 6, s.436-446.

Wolf, M.M., Varigos, G.A., Hunt, D., Sloman, J.G.: *Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Med.J.Aus.*, 1978, s.52-53. Received: August,5,2003 Accepted: September,6,2003

D. I. Zhemaitite. *The methodology for automatic analysis of rhythmograms and its clinical applications. The Doctoral Dissertation (Doctor of Medical Science). Kaunas, Lithuania, 1972.*

M. Minsky. *Structures for Knowledge Representation. Machine Vision Psychology. Mir, 1978.*

Bigger JT Jr, Rottman JN. *Spectral Analysis of RR Variability. Chapter 19 in Cardiac Arrhythmia – Mechanisms, Diagnosis, and Management, Podrid PJ, Kowey PR editors. Baltimore: William & Wilkins, 1995, pp.280-298.*

Riftine, Alexander. *Recognition of physiological states of an individual based on mathematical analysis of heart rate variability. PhD thesis. Glushkov's Institut of Cybernetics. Scientific council of biomedical cybernetics. 1987. Kiev*

Riftine, Alexander. *Clusterization of the Relationship between SNS and PSNS activity by Heart Rate Variability Analysis. 33rd International Congress of Electrocardiology. July 2006. Cologne, Germany. Poster Presentation*

Rottman JN, Steinman RC, Albrecht P, Bigger JT Jr, Rolnitzky LM, Fleiss JL. *Efficient estimation of the heart period power spectrum suitable for physiologic or pharmacologic studies. Am J Cardiol* 1990; 66:1522-1524.