

Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia C  
Corso integrato di metodologia medico-scientifica e scienze umane II  
Fisica ed epistemologia

La variabilità della frequenza cardiaca

**Prof. C. Cammarota**

**Dipartimento di Matematica**

**Università di Roma La Sapienza**

<http://www.mat.uniroma1.it/people/cammarota/>

## Pressione e frequenza cardiaca

| <i>grandezza</i> | <i>definizione</i>              | <i>unita'</i>                 | <i>valore tipico</i>                             |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|
| <i>V</i>         | <i>vol. eiett.</i>              | <i>litro</i>                  | <i>0.07 l</i>                                    |
| <i>F</i>         | <i>frequenza</i>                | <i>1/min</i>                  | <i>70 1/min</i>                                  |
| <i>Q</i>         | <i>portata = vol/tempo</i>      | <i>litro/min</i>              | <i>5 l/min</i>                                   |
| <i>P</i>         | <i>pressione = forza/superf</i> | <i>Pa, mmHg</i>               | <i>100 mmHg</i>                                  |
| <i>R</i>         | <i>resist. vascol.</i>          | <i>Pa × sec/m<sup>3</sup></i> | <i>1.6 × 10<sup>8</sup> Pa sec/m<sup>3</sup></i> |

(1mmHg=133.3 Pa)

Frequenza cardiaca ed esercizio fisico

Calcolo della portata:  $Q = \frac{V}{T} = V F$

Riposo

$$Q = 5l/min; F = 71/min; V = 0.07l$$

$$Q = 0.07l \times 71/min = 5l/min$$

Calcolo della resistenza sistemica:  $R = \frac{P}{Q}$

P è la differenza di pressione tra ventricolo sinistro e destro

Riposo

$$P = 100mmHg; Q = 5l/min$$

$$R = \frac{100 \times 133.3Pa}{5l/min} = 1.6 \times 10^8 Pa s/m^3$$

Esercizio

$$P = 150mmHg; Q = 15l/min$$

$$R = \frac{150 \times 133.3Pa}{15l/min} = 8 \times 10^7 Pa s/m^3$$

Frequenza cardiaca ed esercizio fisico

Relazioni tra le grandezze:

$$Q = VF \quad P = QR$$

In un muscolo in esercizio le arteriole si dilatano e la resistenza vascolare sistemica (R) decresce. La gittata cardiaca (Q) aumenta in modo che la pressione arteriosa sistemica (P) rimanga costante. La crescita di Q si realizza prevalentemente con un aumento della frequenza (F), poichè il volume eiettato (V) rimane quasi costante.

Misure di variabilità della frequenza cardiaca

Diagramma di dispersione

Sia

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

una sequenza di dati; il diagramma di dispersione (scatter plot) è l'insieme dei punti del piano

$$P_1 = (X_1, X_2), P_2 = (X_2, X_3), \dots, P_{n-1} = (X_{n-1}, X_n)$$

Esempio: la sequenza RR

$RR_i$  : 800, 850, 820, 890, 840, 830

$P_i$  : (800, 850), (850, 820), (820, 890), (890, 840), (840, 830)

# Esempio

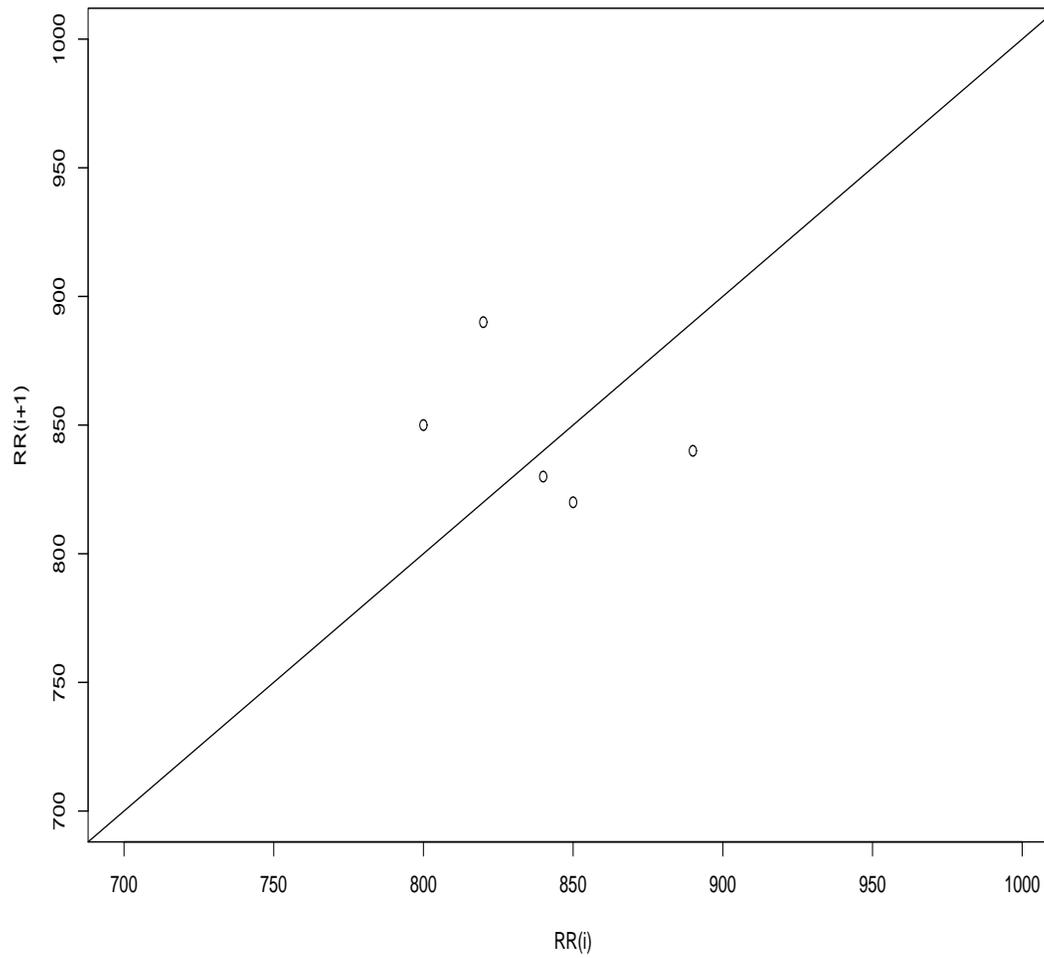
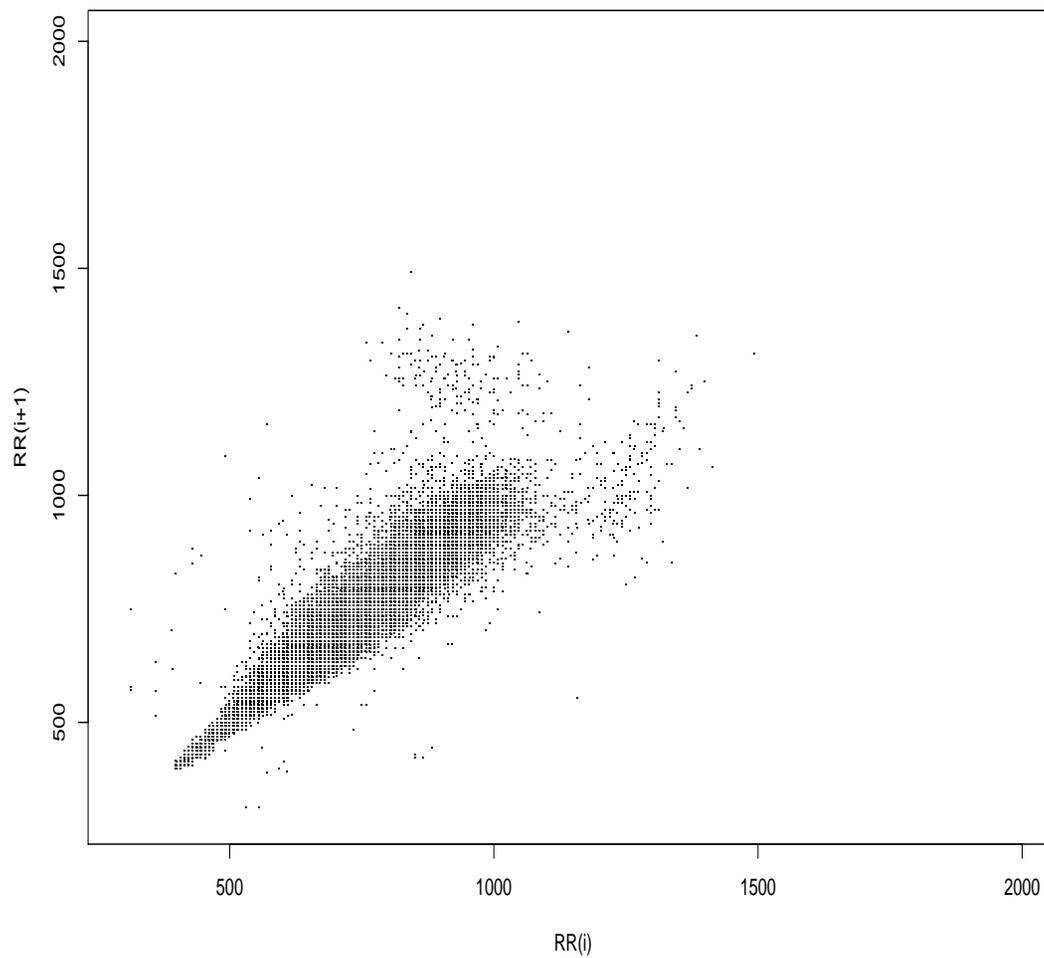
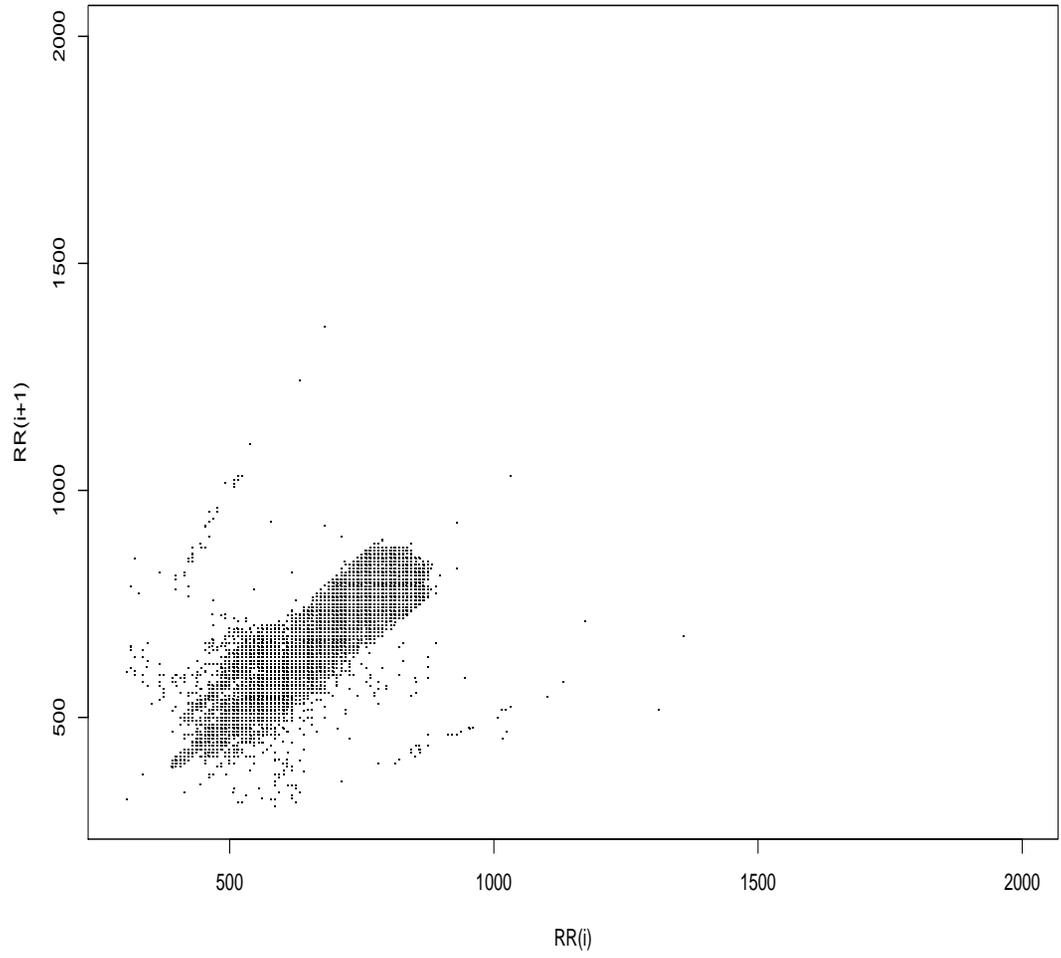


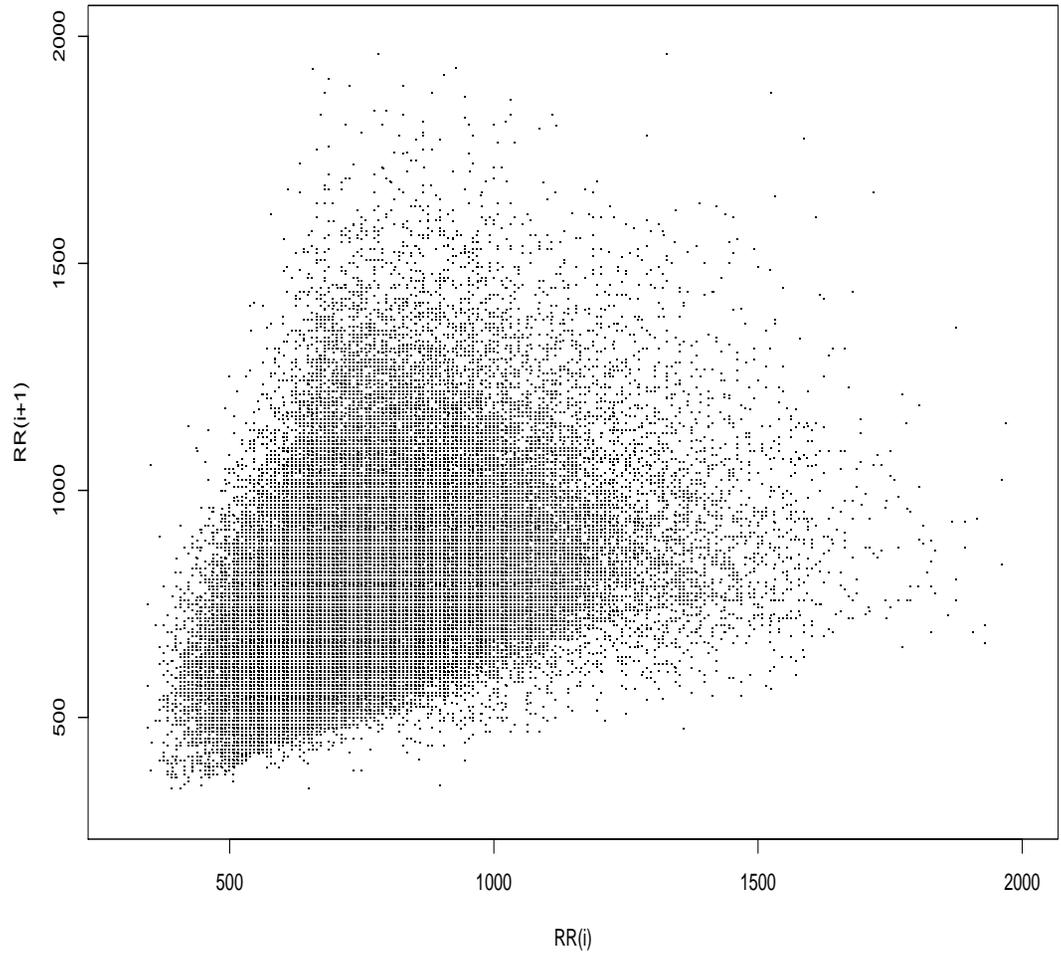
Diagramma di dispersione di sequenza RR delle 24 ore in soggetto normale



# Diagramma di dispersione di sequenza RR delle 24 ore in trapianto cardiaco



# Diagramma di dispersione di sequenza RR delle 24 ore in fibrillazione atriale



Misure di variabilità della frequenza cardiaca

Media aritmetica

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - m)^2$$

Deviazione standard  $\sigma$

SDNN Index

La sequenza viene decomposta in segmenti della durata di 5 minuti; per ognuno viene calcolata la deviazione standard (SD) degli intervalli normali (NN); si calcola la media delle deviazioni standard.

SDANN Index

È la deviazione standard (SD) della media (average A) su breve periodo (5 minuti) degli intervalli RR normali (NN).

Esempio:

| <i>dati</i> | <i>media</i> | <i>scarti</i> | <i>scarti quadratici</i> |
|-------------|--------------|---------------|--------------------------|
| $X_i$       | $m$          | $X_i - m$     | $(X_i - m)^2$            |
| 750         | 775          | -25           | 625                      |
| 867         | 775          | 92            | 8464                     |
| 828         | 775          | 53            | 2809                     |
| 805         | 775          | 30            | 900                      |
| 625         | 775          | -150          | 22500                    |
| 3875        | 3875         | 0             | 35298                    |

$$m = \frac{3875}{5} = 775, \quad \sigma^2 = \frac{35298}{5} \sim 7059, \quad \sigma = \sqrt{7059} \sim 84$$

Misure di variabilità basate sulla differenza

RMSSD Index

Si calcolano le differenze tra intervalli NN consecutivi (successive differences SD); di queste si calcola la deviazione standard (qui chiamata root mean square RMS) Notare che la media delle differenze vale zero.

Indice pNN50

Definito come la frazione di differenze in valore assoluto superiori a 50 msec. Poichè la frequenza è un indice di velocità, pNN50 è un indice di accelerazione.

Esempio:

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |     |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 824       | 886       | 847       | 793       | 835       | 780       | 844       | 896       | 867       | 803       | 915       | 900 |
| <i>SI</i> | <i>NO</i> | <i>SI</i> | <i>NO</i> | <i>SI</i> | <i>SI</i> | <i>SI</i> | <i>NO</i> | <i>SI</i> | <i>SI</i> | <i>NO</i> |     |

$$pNN50 = \frac{7}{11} \sim 0.64$$

Indici di accelerazione ed età

A measure of acceleration for heart rate and its dependence on age  
(Germanò, Piccirillo, Cammarota, Guarini, Rogora, Cacciafesta, 2005)

55 soggetti divisi in tre gruppi di età:

A da 20 a 40 anni; B da 40 a 60 anni; C oltre 60 anni

$X_1, X_2, \dots, X_n$  sequenza di intervalli RR (velocità)

$D_i = X_{i+1} - X_i$  sequenza delle differenze (accelerazioni)

$Z_i$  sequenza simbolica

$$Z_i = + \text{ se } D_i > 15 \text{ ms}$$

$$Z_i = - \text{ se } D_i < -15 \text{ ms}$$

$$Z_i = 0 \text{ se } -15 \text{ ms} \geq D_i \geq 15 \text{ ms}$$

Definizione dell'indice AR:

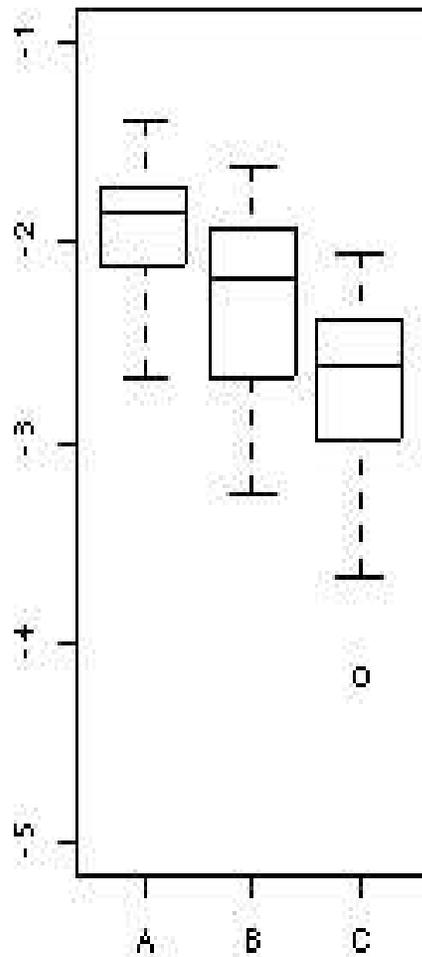
frazione di stringhe di 4 + consecutivi oppure di 4 - consecutivi

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 831 | 862 | 832 | 794 | 821 | 837 | 862 | 889 | 880 | 818 | 821 | 845 |
| 31  | -30 | -38 | 27  | 16  | 25  | 27  | -9  | -62 | 3   | 24  |     |
| +   | -   | -   | +   | +   | +   | +   | 0   | -   | 0   | +   |     |

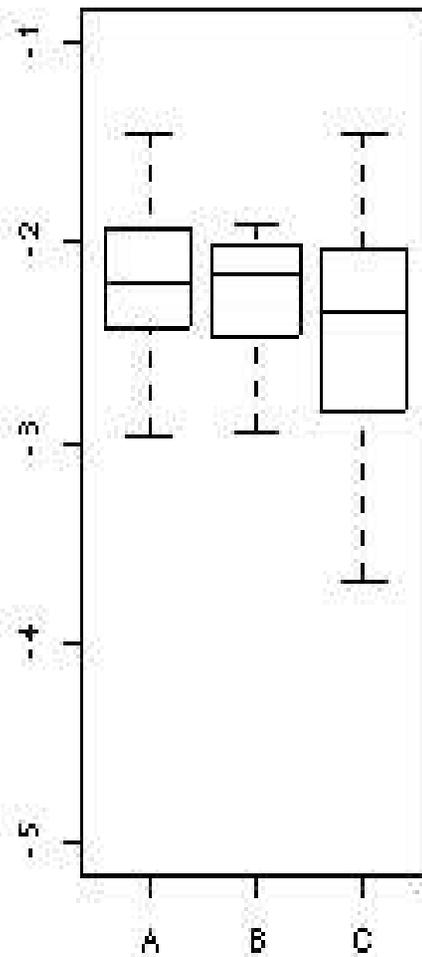
Significato: la frequenza cardiaca viene controllata dal sistema nervoso autonomo attraverso le branche del simpatico e parasimpatico (vago). La stimolazione simpatica produce aumento della frequenza, mentre quella vagale diminuzione; i tempi di trasmissione dello stimolo sono dell'ordine di pochi secondi. Entrambe sono quindi rilevabili attraverso le accelerazioni (di segno positivo o negativo) che si ripetono per pochi battiti. L'indice logAR è una misura globale dell'efficienza del sistema di controllo.

# Indici di variabilita' ed età 1

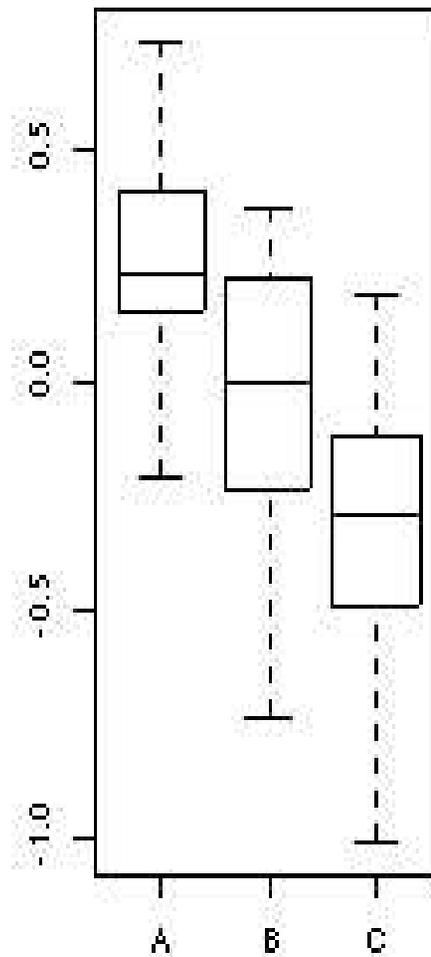
## logARDay



## logARNight

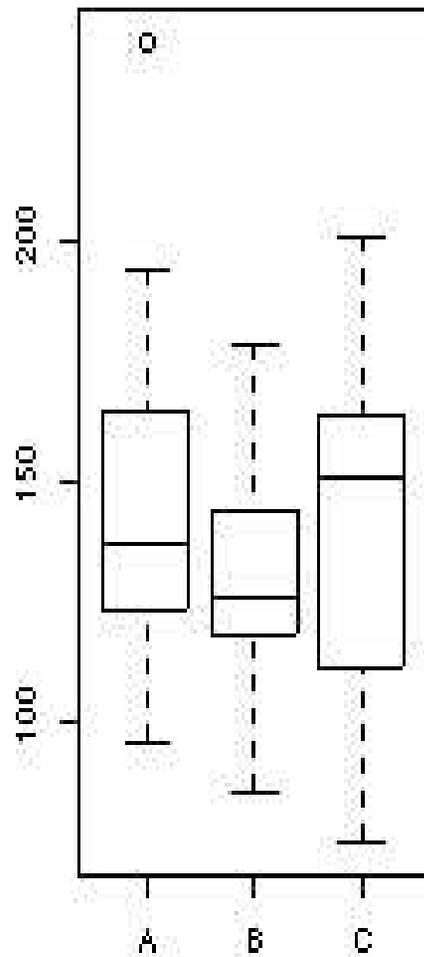


## DlogAR

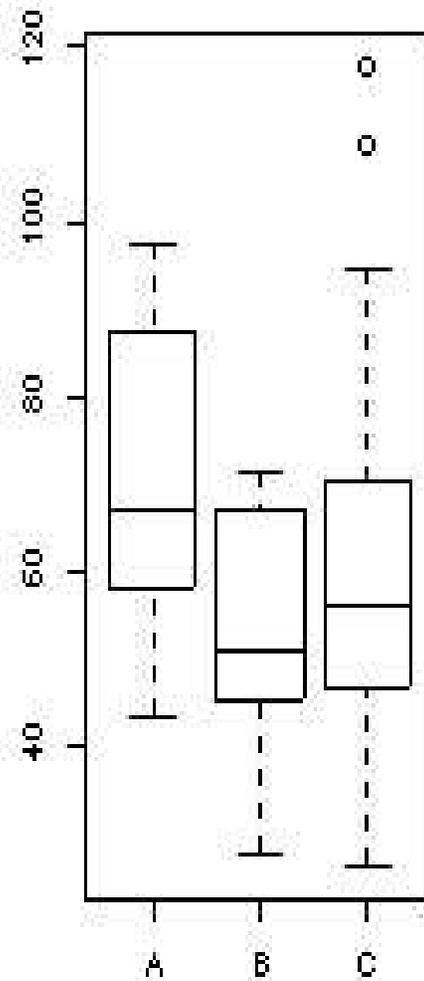


## Indici di variabilita' ed età 2

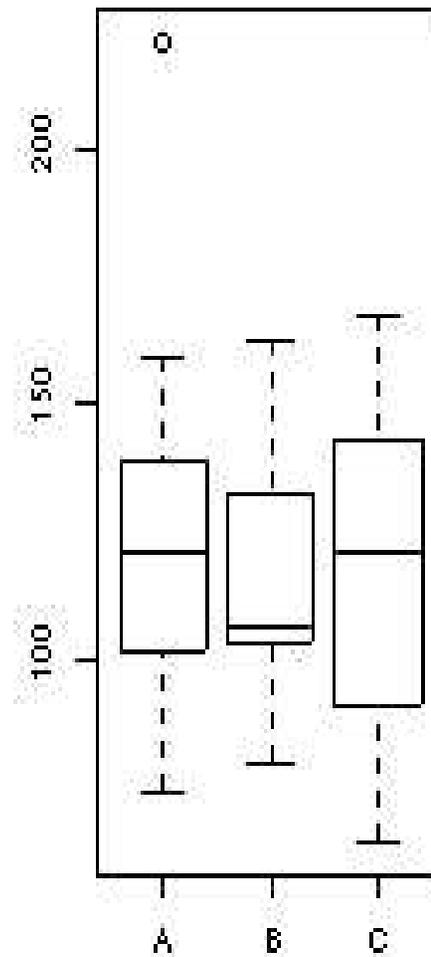
**Standard Deviation**



**SDNNIndex**

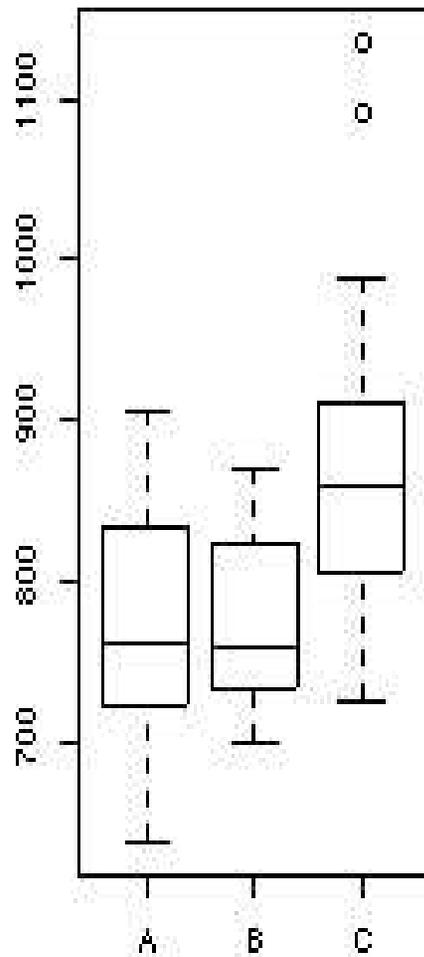


**SDANN**

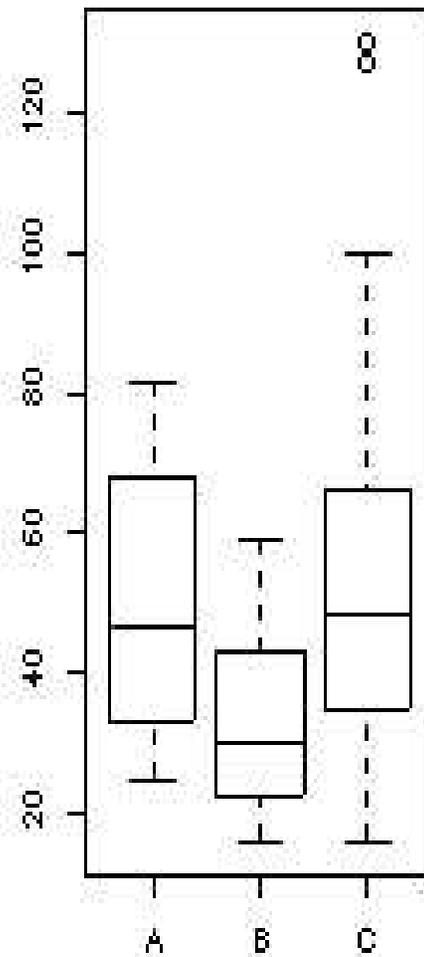


## Indici di variabilita' ed età 3

**Mean**



**RMSSD**



**PNN50**

