

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

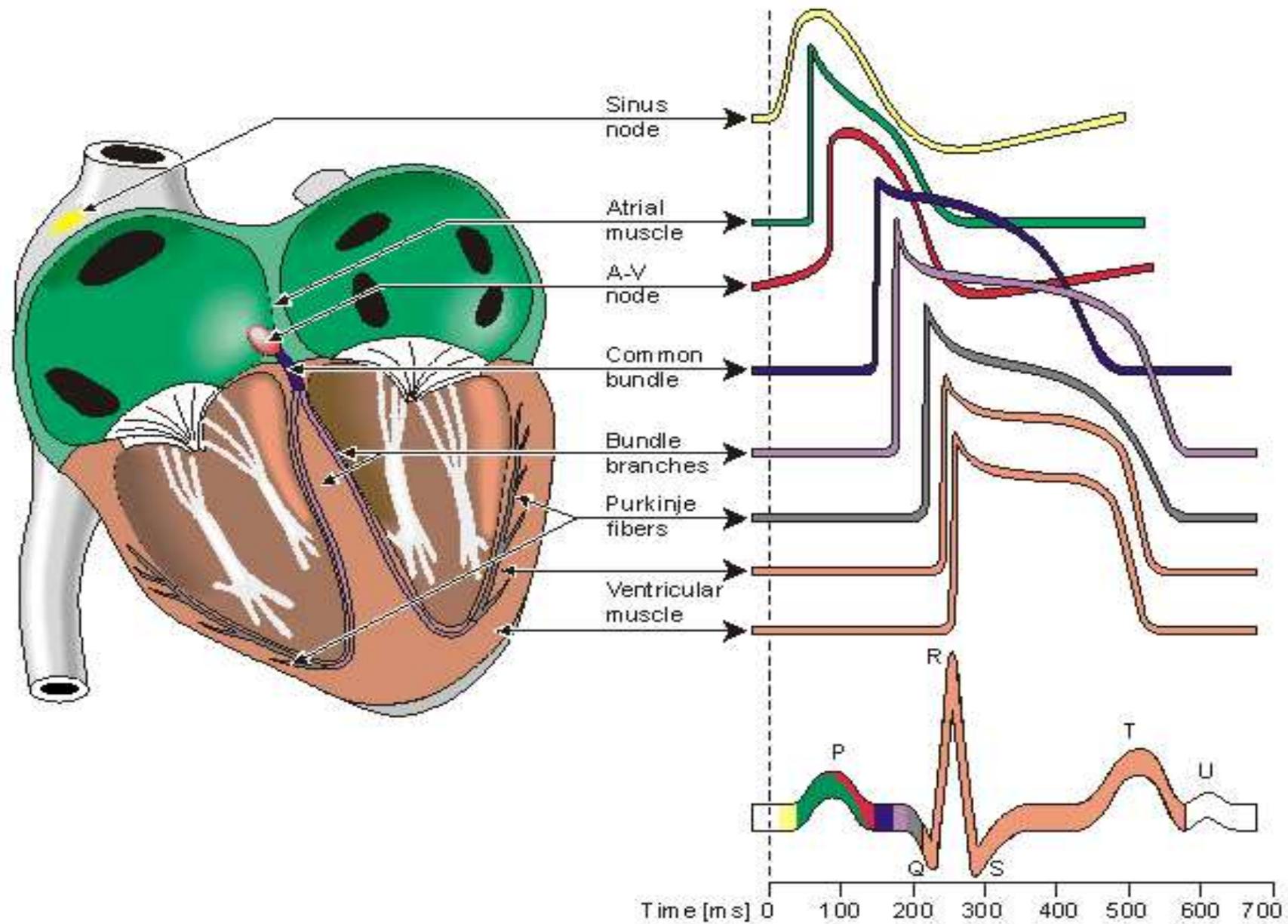
Università di Roma La Sapienza

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

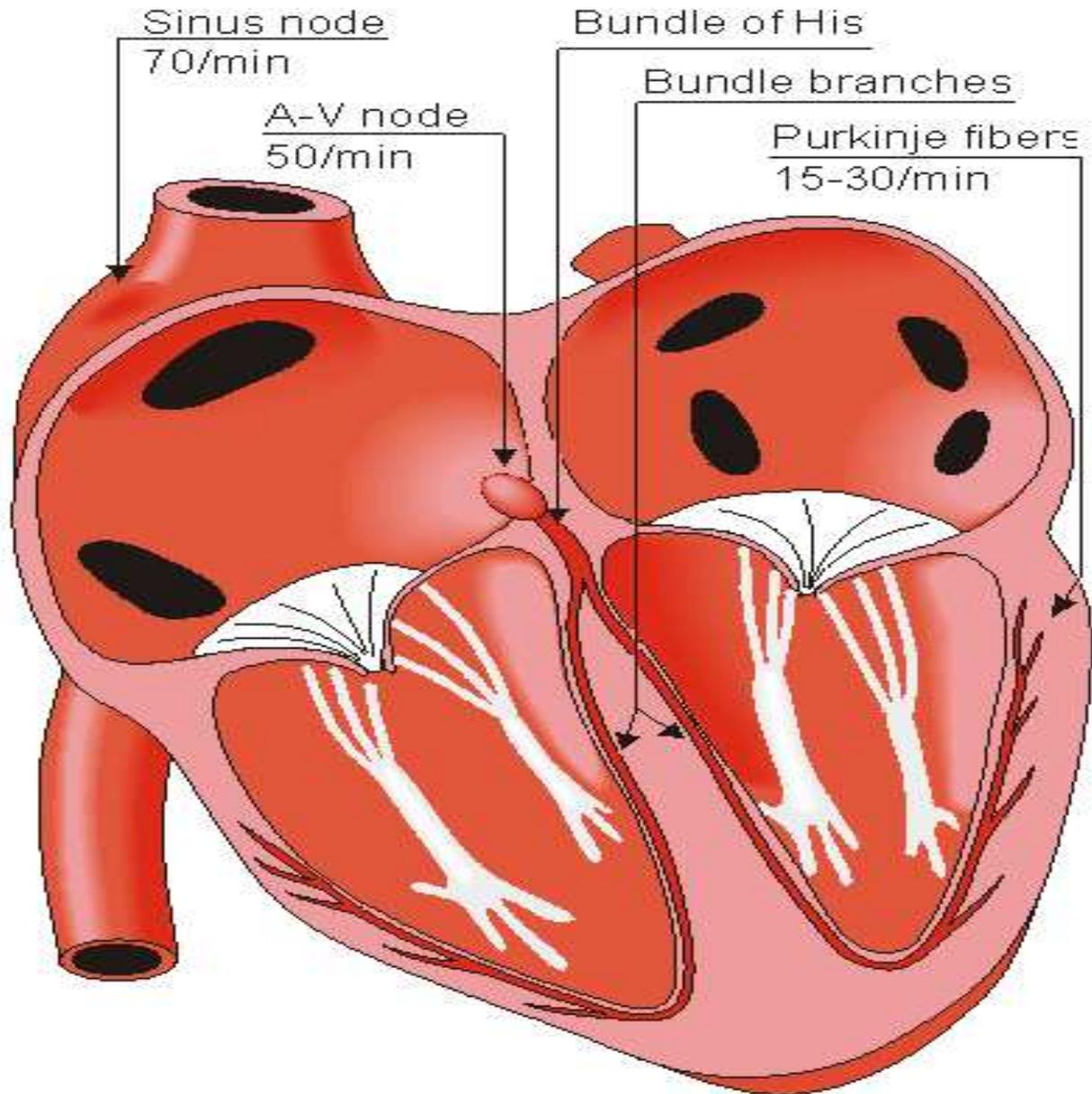
Elettrocardiogramma

L'attività meccanica del cuore viene indotta dall'attività elettrica. Un ciclo cardiaco ha inizio con la depolarizzazione degli atri, visualizzata dall'onda P, che induce la contrazione atriale. Successivamente l'impulso elettrico si trasferisce ai ventricoli che si depolarizzano (onda R) e conseguentemente si contraggono. L'ultima fase visibile sull'ECG è la ripolarizzazione dei ventricoli (onda T). La ripolarizzazione degli atri non viene visualizzata nell'ECG.

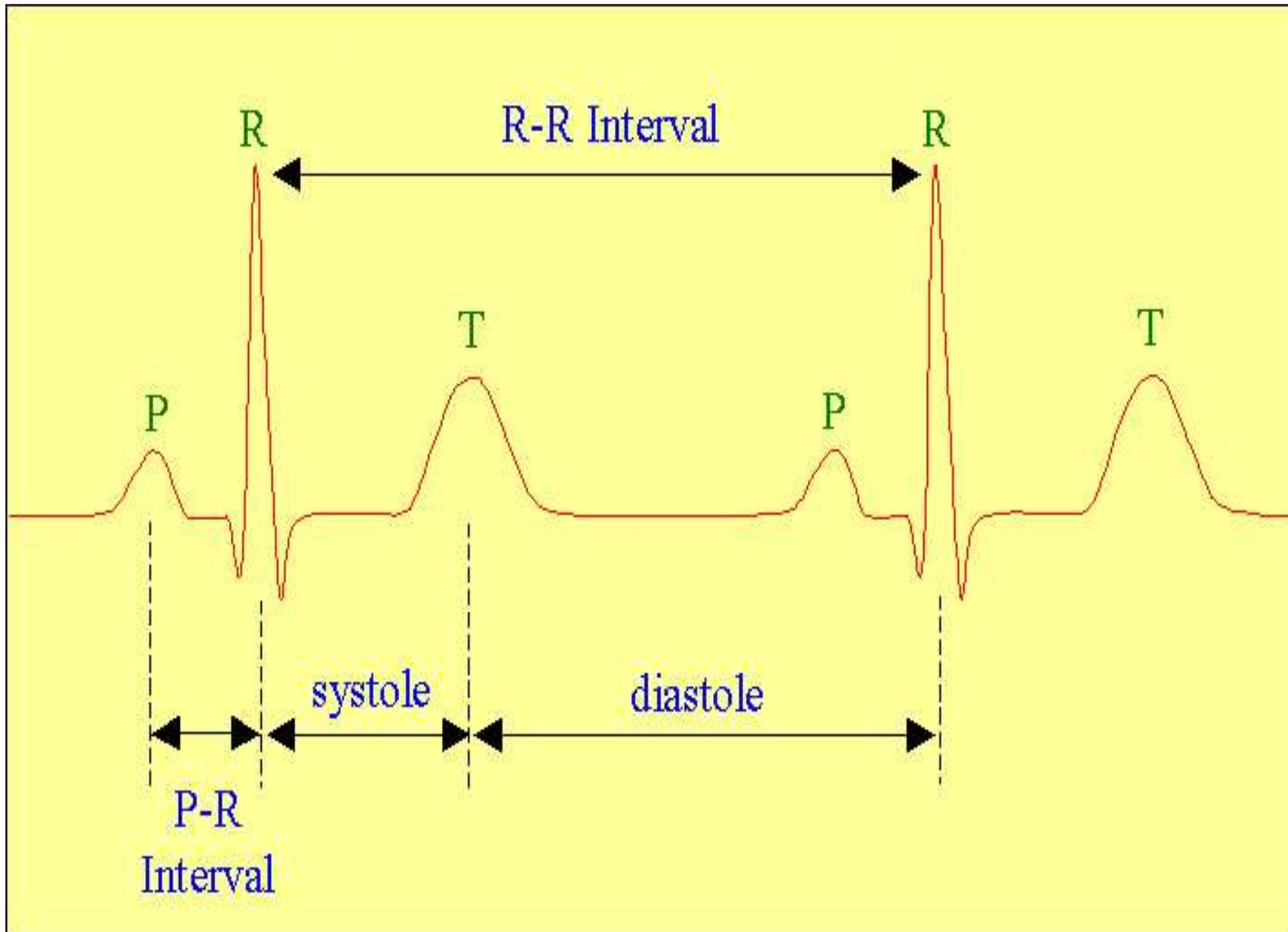
Generazione del segnale ECG



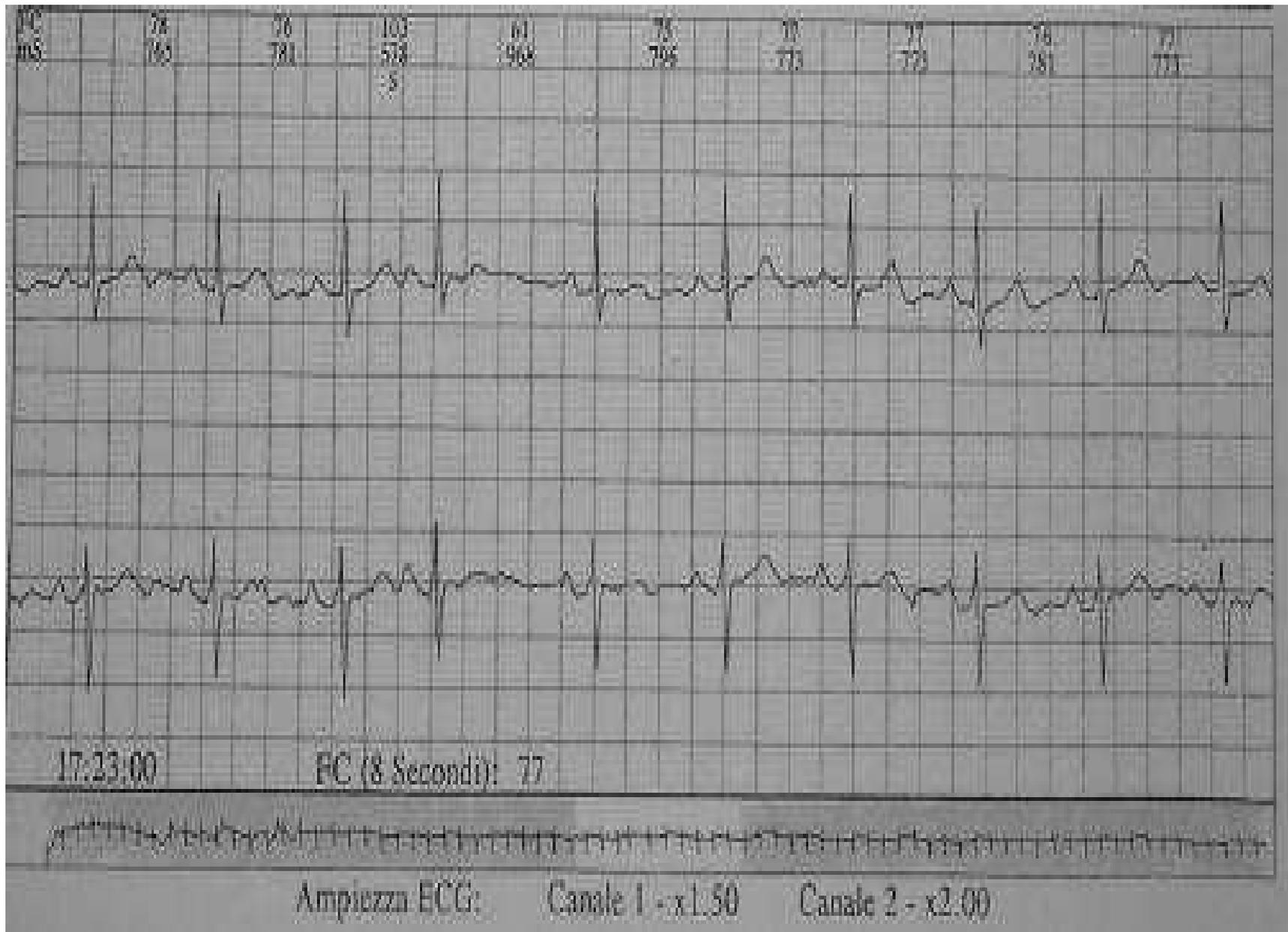
Oscillatori e loro frequenza



Definizione di intervallo RR



ECG ambulatoriale



Periodo e frequenza di un segnale periodico

Definizione di frequenza per un segnale di periodo T :

$$F = \frac{1}{T}$$

Unità di misura della frequenza: se T è misurato in secondi (sec) , F si misura in Hertz (Hz).

Esempio. La corrente elettrica di rete è un segnale periodico di frequenza $F = 50$ Hz. In un secondo compie 50 oscillazioni; la durata di un periodo è

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{50Hz} = 0.02sec$$

Esempio. Un telefonino trasmette utilizzando un segnale di frequenza pari a 900 MHz. Il periodo vale

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{900MHz} = \frac{1}{900 \times 10^6 Hz} = 1.1 \times 10^{-9}sec$$

Esempio. Un ECG ha un periodo di $T=800$ msec. La sua frequenza vale

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{800msec} = \frac{1}{0.8sec} = 1.25Hz$$

Principale unità di misura per la frequenza: battiti per minuto (bpm)

Frequenza istantanea (relativa ad un singolo ciclo cardiaco):

$$F = \frac{1}{0.8sec} = \frac{60}{0.8min} = 75 \times \frac{1}{min} = 75bpm$$

Quando la misura della durata viene espressa in msec:

$$F = \frac{1}{812msec} = \frac{60000}{812min} \sim 74 \times \frac{1}{min} = 74bpm$$

Frequenza media relativa ad un intervallo di un minuto o di 5 minuti:

numero di battiti rapportati al minuto

Esempio. In 5 minuti vi sono 360 battiti; la frequenza media vale

$$F = \frac{360}{5min} = 72bpm$$

Variabilità della frequenza cardiaca 1

HRV - Heart Rate Variability

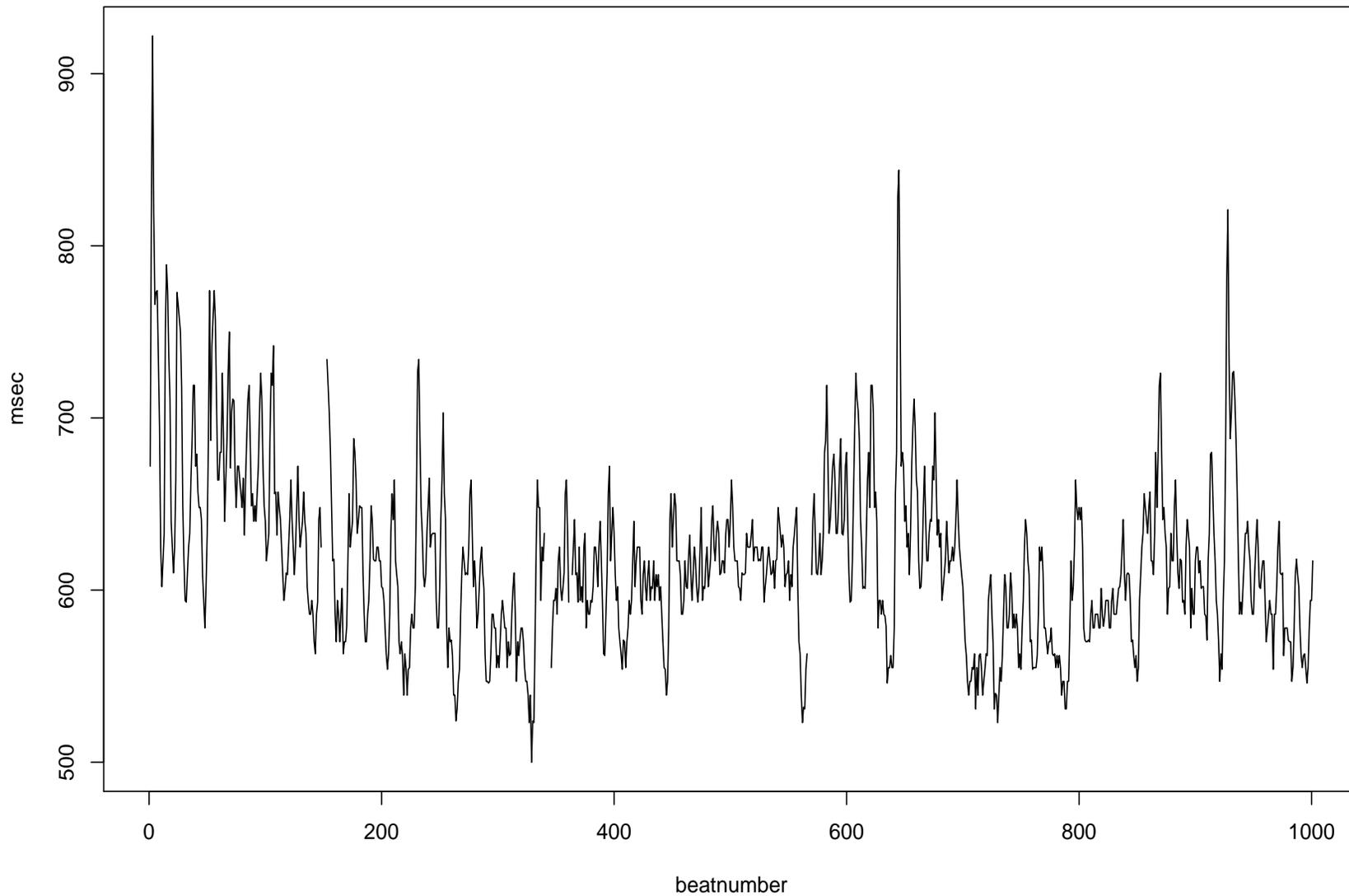
Il segnale ECG, pensato come funzione del tempo, è solo approssimativamente periodico, avendo alcune caratteristiche variabili, la principale delle quali è l'intervallo di tempo che intercorre tra due picchi R consecutivi (intervallo RR). Il picco R corrisponde alla sistole, avvertita come il battito principale del cuore, che si manifesta anche nel battito del polso. Già Erofilo in epoca alessandrina aveva notato la correlazione tra frequenza del battito e temperatura corporea, la variazione della frequenza media con l'età, che il battito dei neonati ha maggiore frequenza e regolarità.

Variabilità della frequenza cardiaca 2

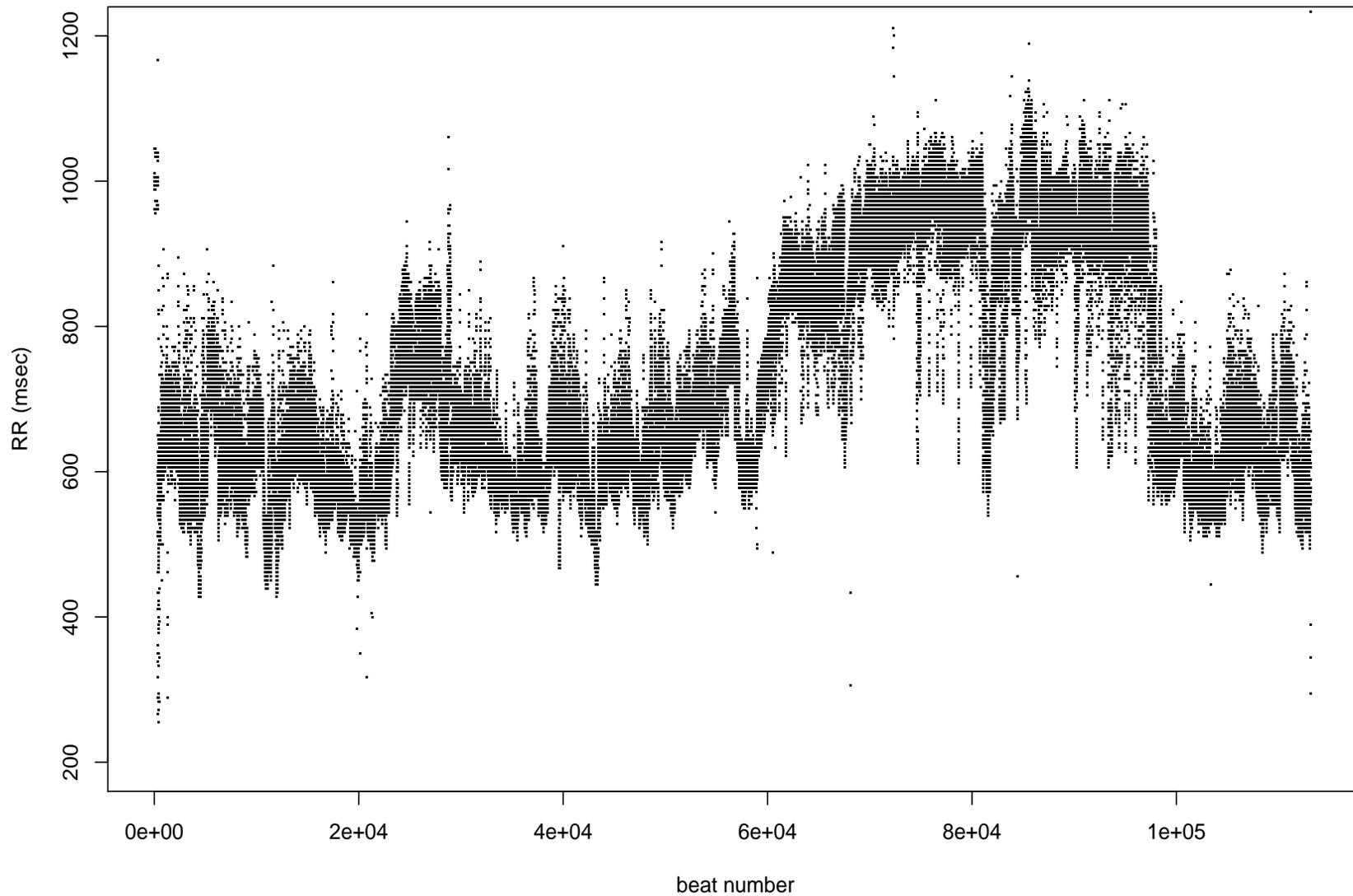
A partire dagli anni 1980 si è diffusa l'analisi computerizzata delle serie temporali estratte dal tracciato elettrocardiografico delle ventiquattro ore ottenuto con l'impiego dell'elettrocardiografo portatile Holter, inventato dal biofisico Norman Holter nel 1949. L'analisi computerizzata della sequenza RR consente quindi di "ascoltare il polso" per intervalli di tempo molto lunghi. I tracciati RR possono presentare differenze qualitative e quantitative più o meno evidenti in relazione alle condizioni fisiologiche e patologiche (ad esempio sforzo, trapianto, fibrillazione.) La HRV è un metodo di indagine non invasivo.

Tacogramma di soggetto normale

RR time series segment

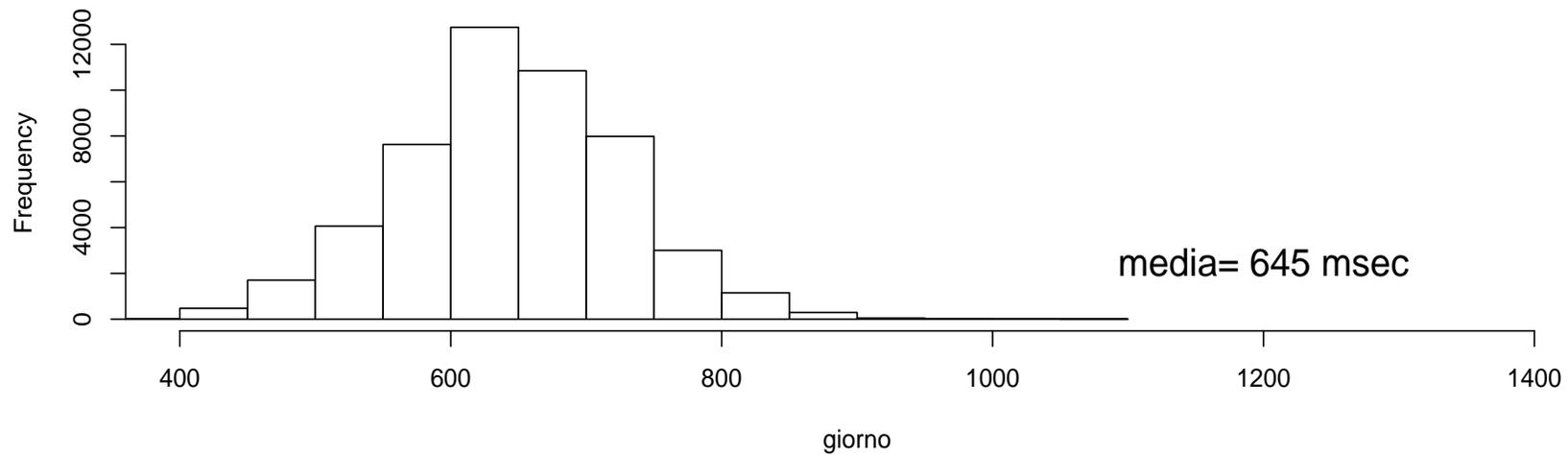


Tacogramma di soggetto normale 24 ore

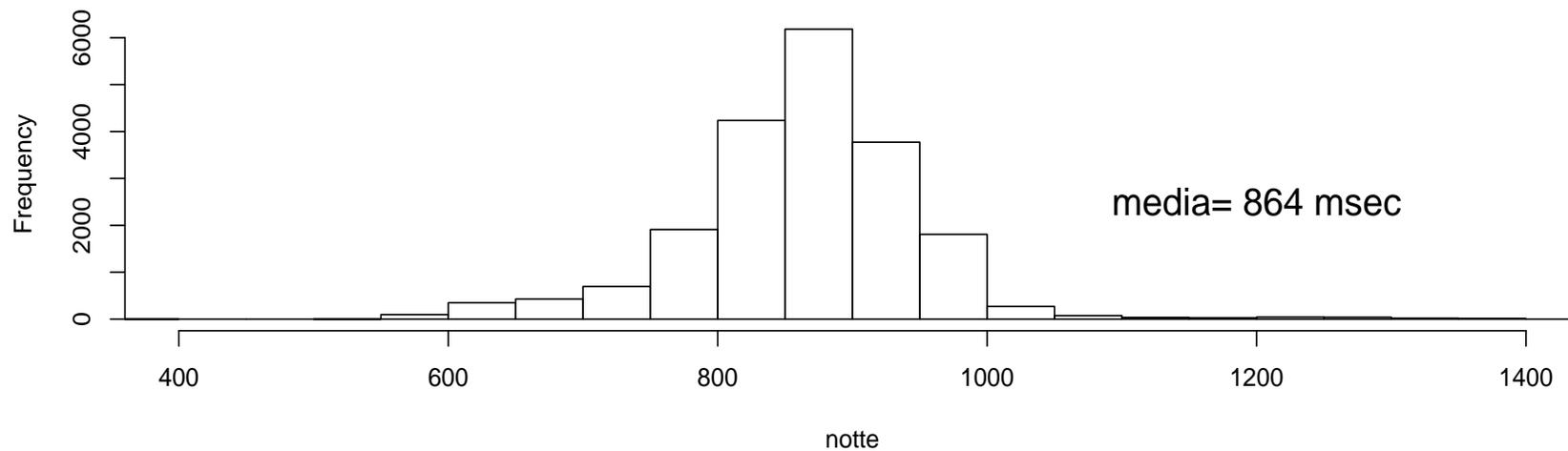


Variabilita' RR: Confronto giorno - notte

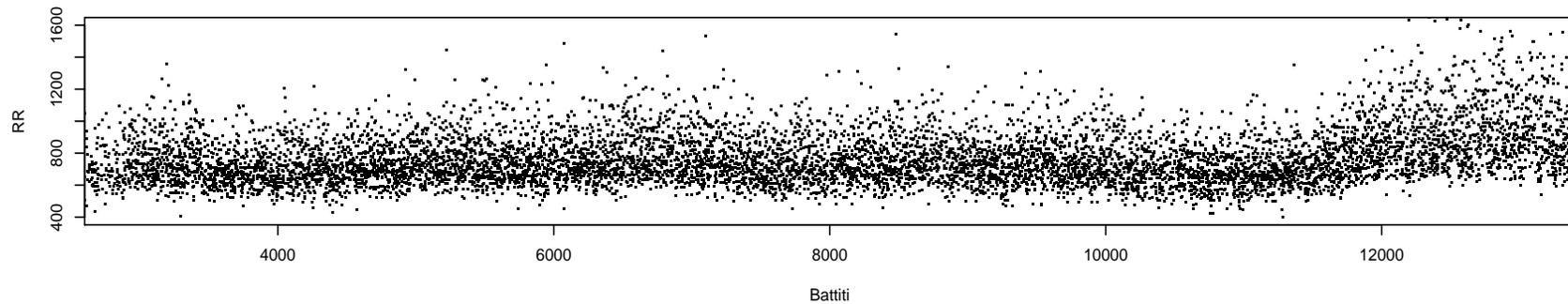
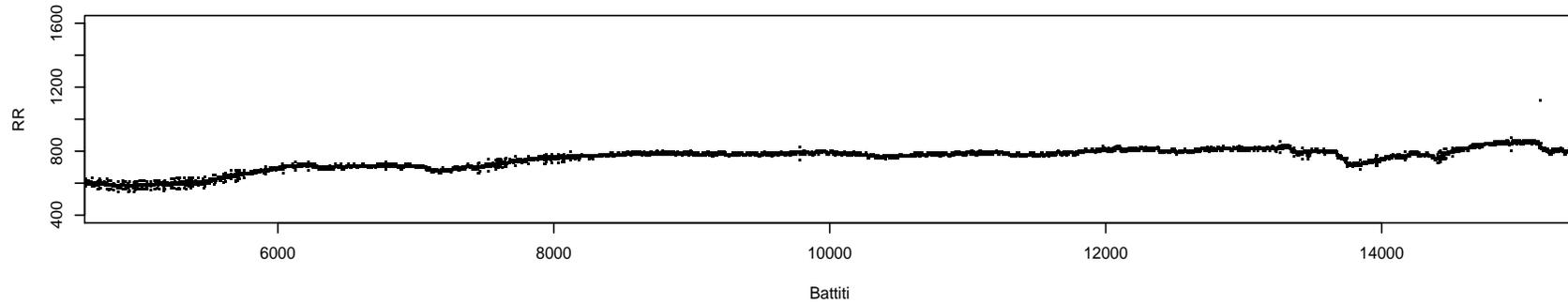
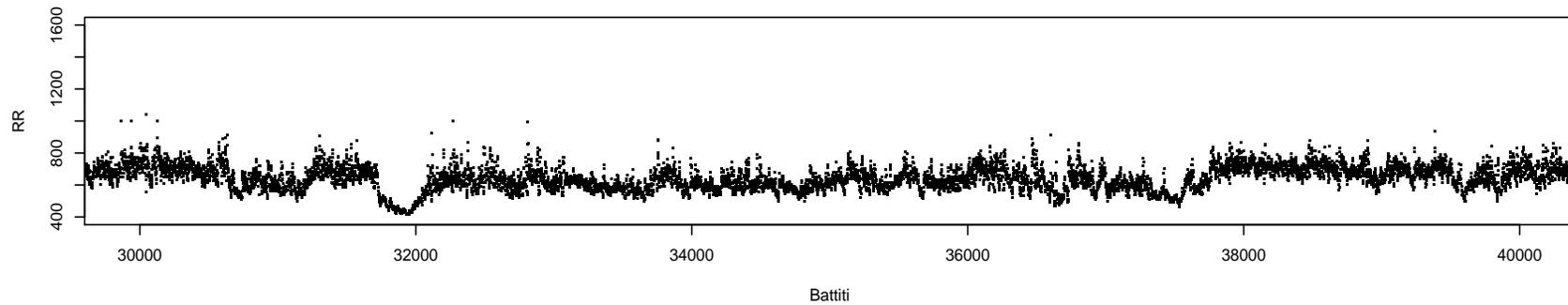
Istogramma di 20000 battiti-giorno



Istogramma di 20000 battiti-notte



Tacogramma normale, trapianto, fibrillazione atriale



Variabilità RR: trapianto, fibrillazione atriale

Nel trapianto cardiaco il segnale ECG si presenta del tutto simile a quello di un soggetto normale. La variabilità della sequenza RR è ridotta rispetto al normale.

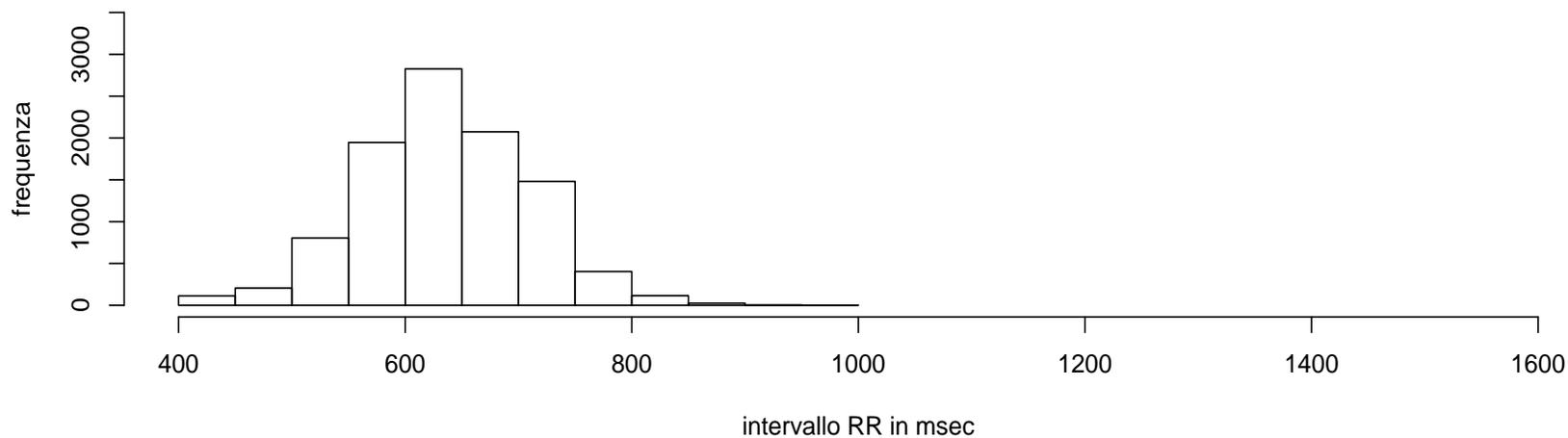
Possibile spiegazione: il cuore trapiantato è denervato e quindi manca il controllo esercitato dal sistema nervoso autonomo.

La fibrillazione atriale è una aritmia caratterizzata da un disturbo di conduzione del segnale elettrico nell'atrio, che si contrae rapidamente.

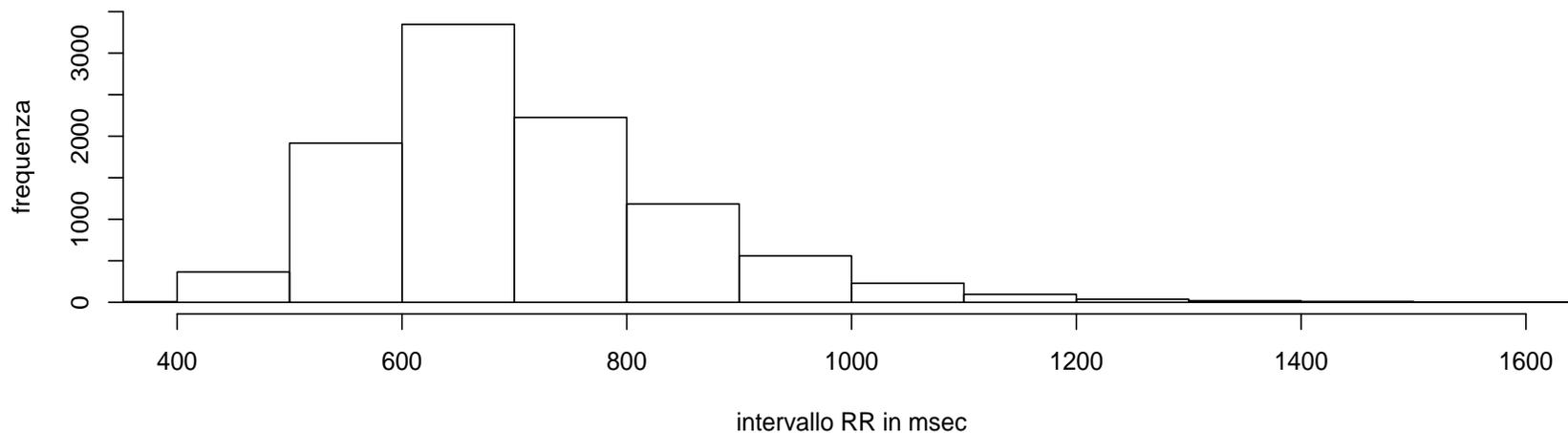
La sequenza RR presenta maggiore variabilità rispetto al normale.

Variabilita' RR: Confronto Normale - Fibrillazione atriale

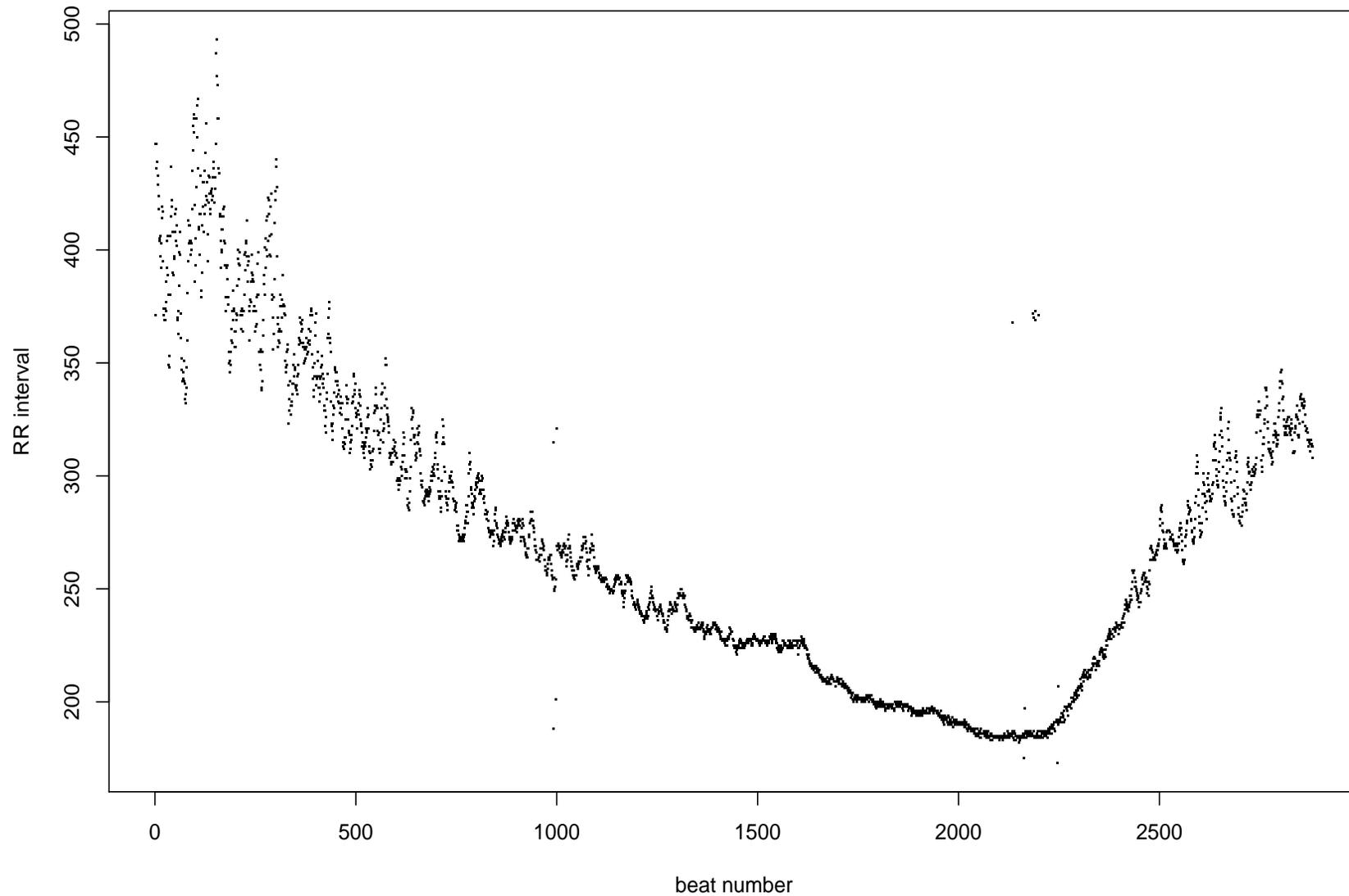
Istogramma di 10000 battiti di normale



Istogramma di 10000 battiti di fibrillazione

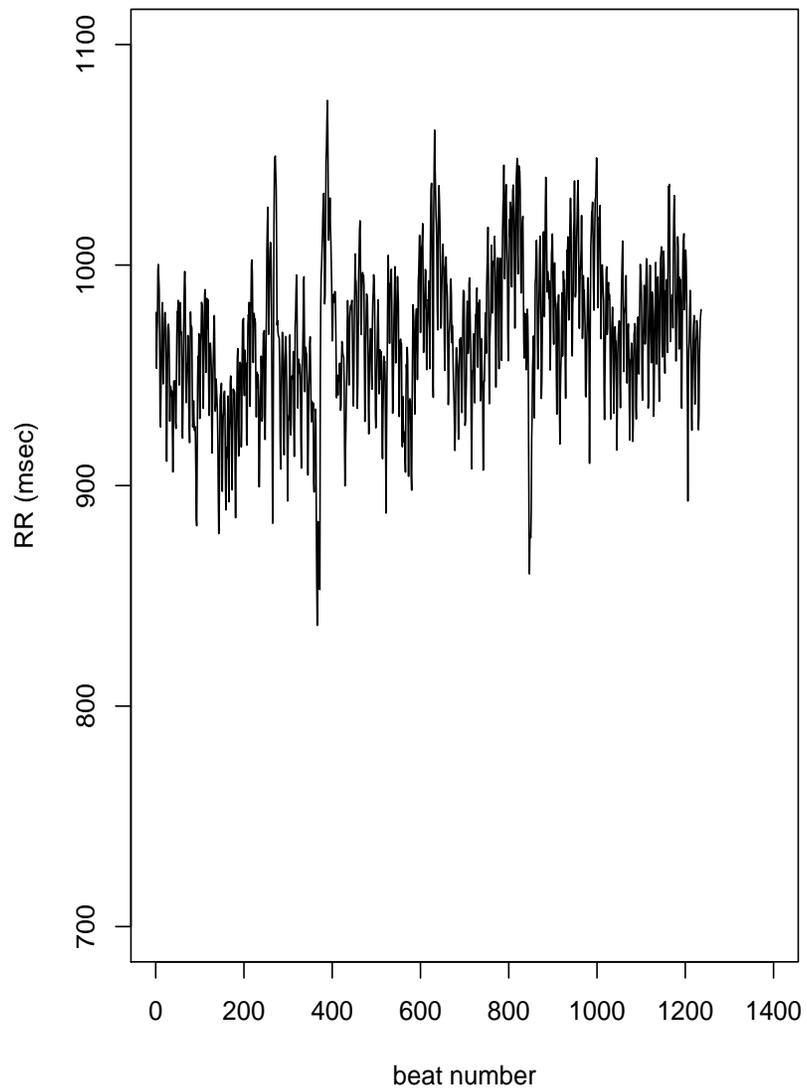


Tacogramma durante prova da sforzo

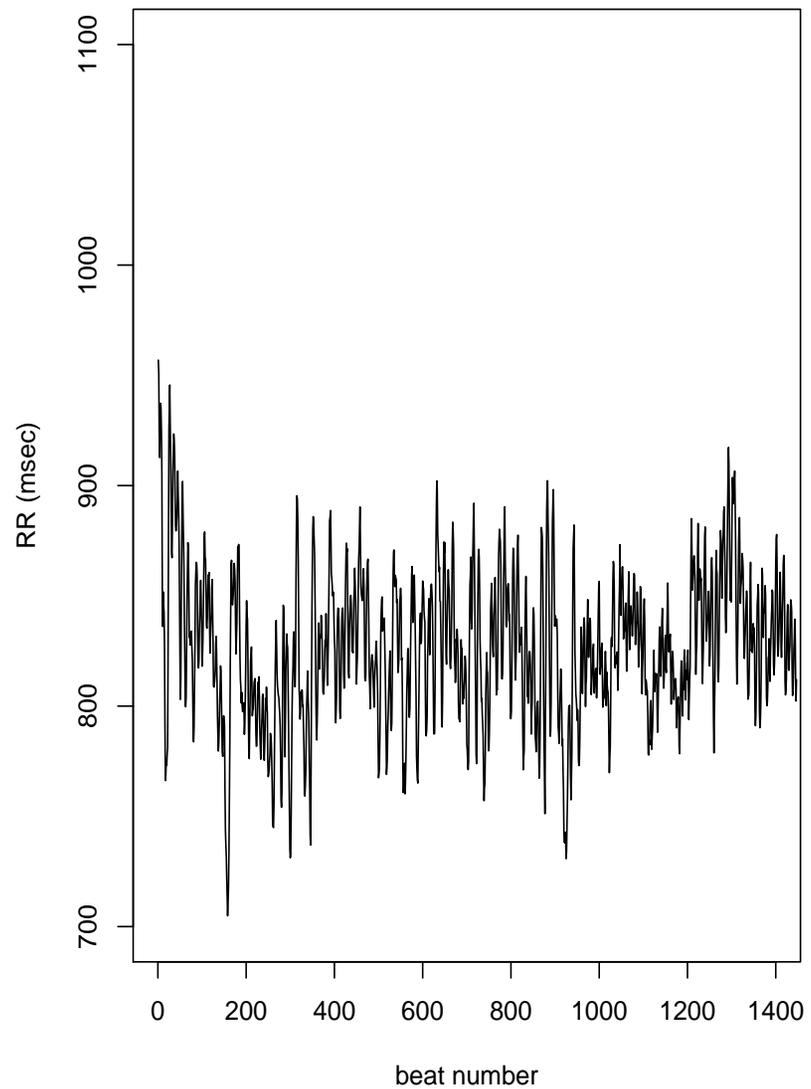


Frequenza cardiaca durante Tilt test

Base

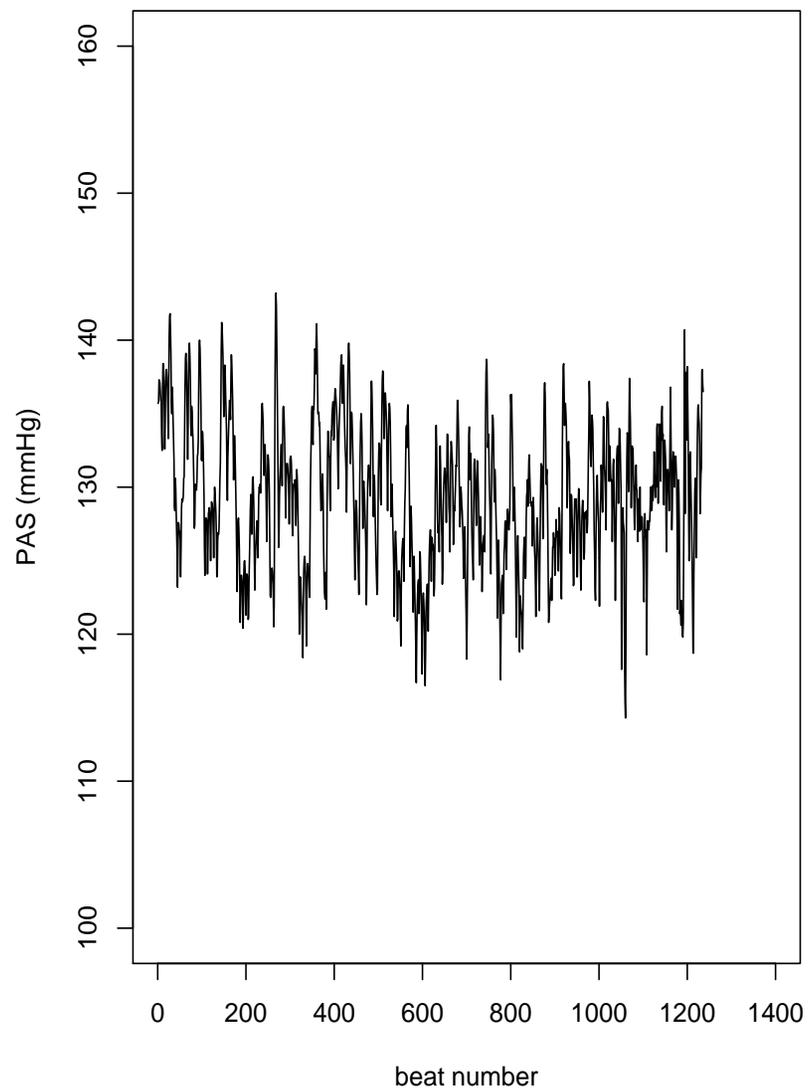


Tilt

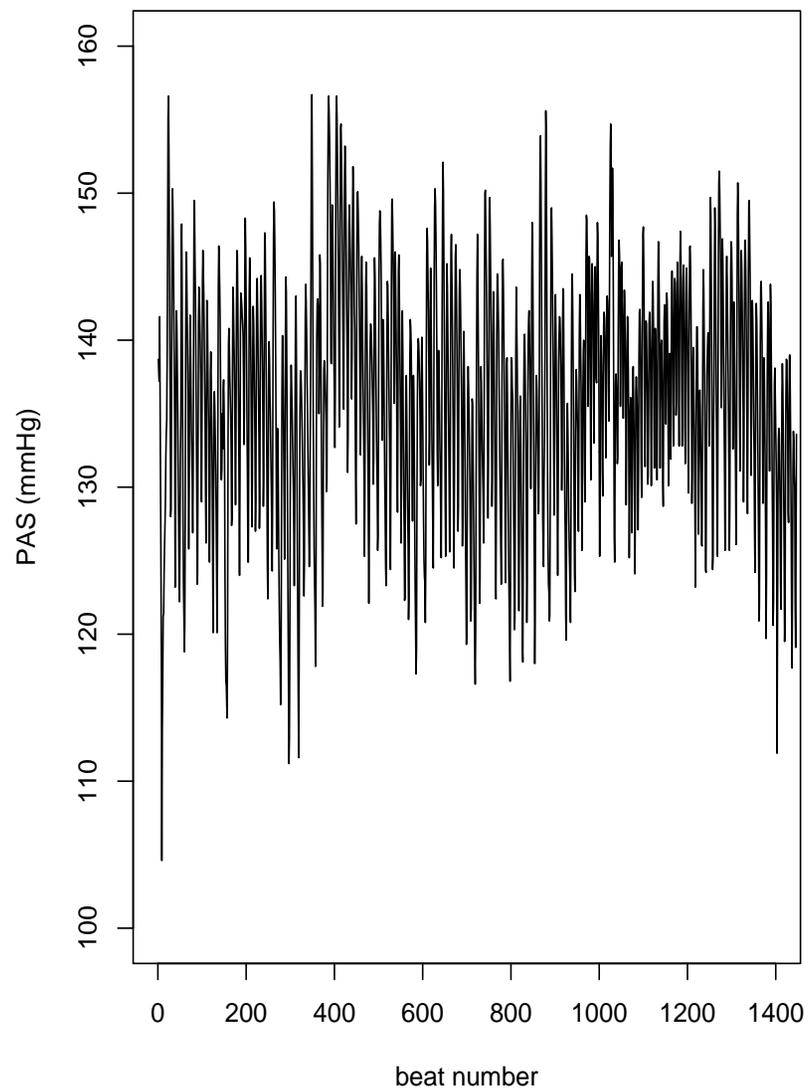


Pressione durante Tilt test

Base



Tilt



Frequenza cardiaca e aspettativa di vita

Rest heart rate and life expectancy, Levine, J. Am. Coll. Cardiol. (1977)

La frequenza cardiaca negli animali omeotermi varia notevolmente

topolino: 500 bpm, durata della vita 2 anni,

tartaruga: 6 bpm, durata della vita 170 anni

numero di minuti in un anno:

$$1 \text{ anno} = 365 \times 24 \times 60 \text{ min} \sim 5 \times 10^5 \text{ min}$$

numero di battiti della intera vita:

topolino:

$$500 \times 2 \times 5 \times 10^5 \sim 5 \times 10^8$$

tartaruga:

$$6 \times 170 \times 5 \times 10^5 \sim 5 \times 10^8$$

uomo:

$$70 \times 80 \times 5 \times 10^5 \sim 3 \times 10^9$$

BEARINGS AND LIFE EXPECTANCY

