

Modellazione emodinamica di aritmie cardiache

Studente: Tommaso Rossi

Relatori: Carlo Camporeale
Stefania Scarsoglio
Luca Ridolfi

Fibrillazione Atriale

Aritmia cardiaca più comune: 2,3% popolazione over-40,
8% over-80

7milioni di persone in USA ed Europa

Irregolarità segnale prodotto dal Nodo Senoatriale
(pacemaker)



- Interbattiti (RR) irregolari
- Frequenza cardiaca elevata
- Scarsa capacità di contrazione/dilatazione del cuore

Analisi RR

Ricerca in PhysioNet

- Storage segnali fisiologici (ECG,RR)
 - Archivi generali, database (PhysioBank) →
 - Ogni archivio contiene files .atr + .hea
- **Long Term AF Database**
 - **MIT-BIH N.S.R. Database**

Scelta serie da analizzare (12 AF + 18 NSR)

Conversione dei files

PhysioToolkit → WFDB → Funzione '**ann2rr.m**'
Eseguibile in MATLAB

Analisi RR (lettura_RR.m):

- Plot
- PDF
- Spettri Frequenza
- Autocorrelazione

Analisi RR

ANALISI PRELIMINARE:
24 h
(12 AF + 18 NSR)

Valori medi (pazienti)	AF	NSR
μ [s]	0,80	0,96
σ [s]	0,2	0,16
Cv	0,25	0,15
Skewness	0,79	0,32
kurtosis	4,11	3,00

ANALISI MIRATA:
10000 battiti diurni
(3 AF + 3 NSR)

Valori medi	AF 202	NSR 16773
μ [s]	0,6529	1,0306
σ [s]	0,174	0,126
Cv	0,266	0,122
Skewness	0,510	0,268
kurtosis	3,254	2,766

In AF:

Frequenza cardiaca ↑

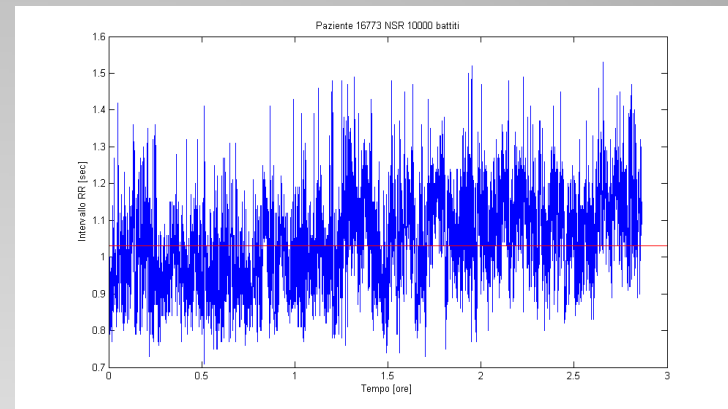
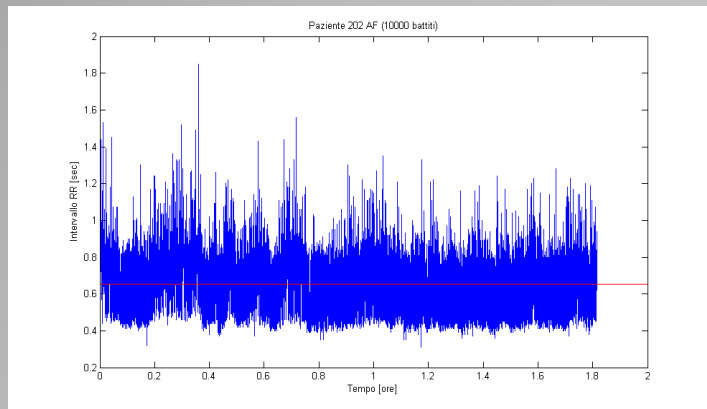
Dispersione ↑

Asimmetria ↑

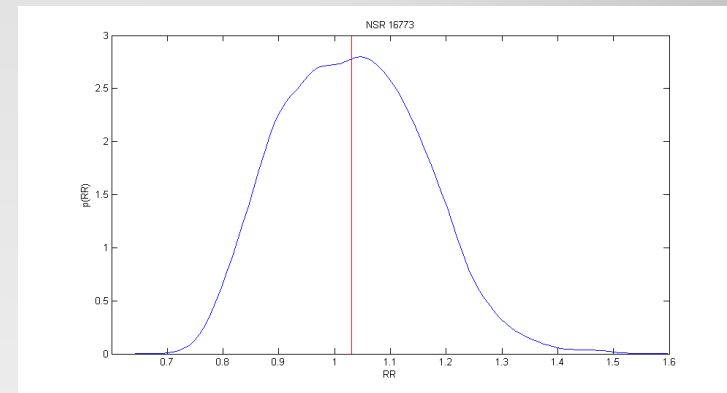
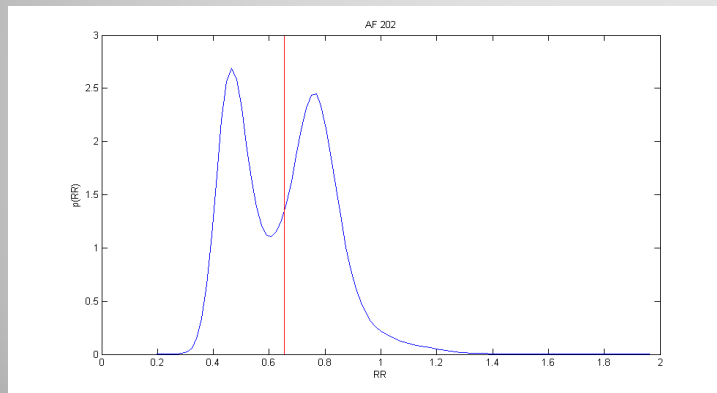
AF 202

NSR 16773

PLOT



PDF



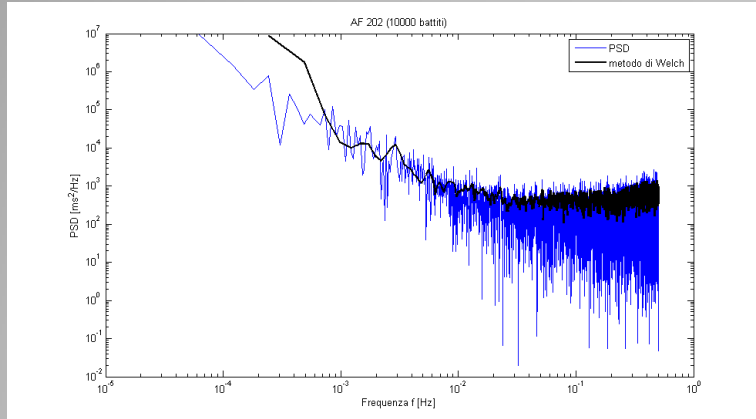
Bimodale (32% dei casi di AF)

Unimodale

SPETTRO DI FREQUENZA E AUTOCORRELAZIONE

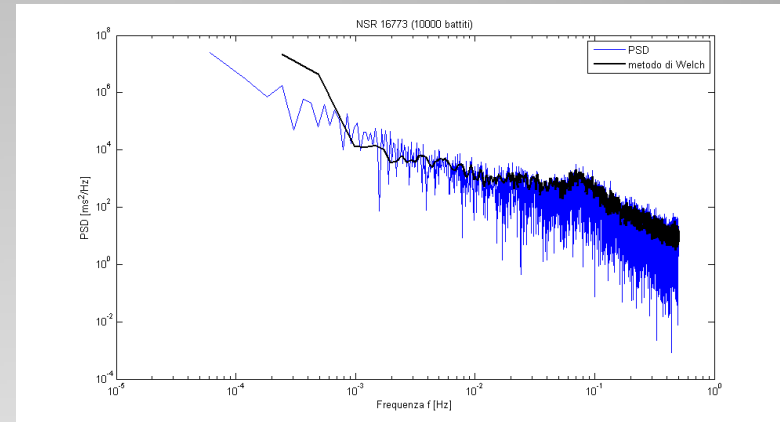
NSR 16773

AF 202

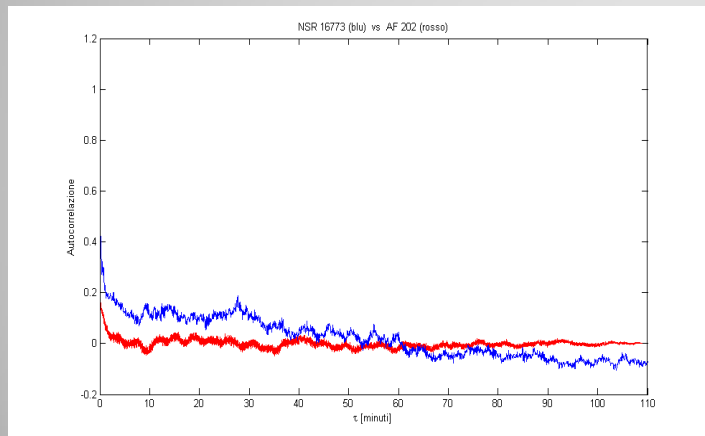


• Breakpoint (Pink + White Noise)

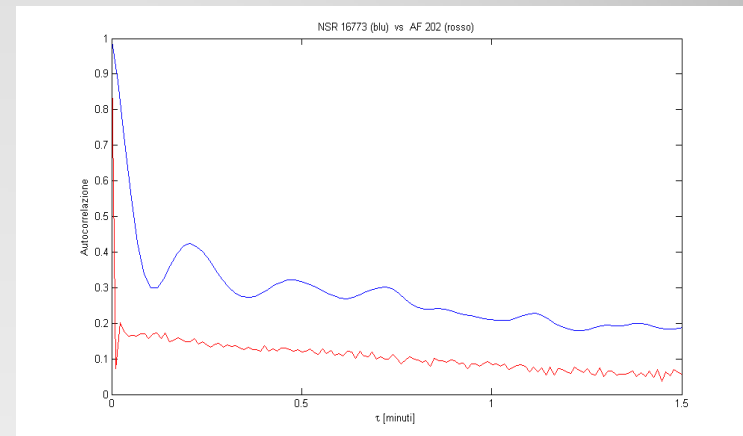
NSR 16773



• No breakpoint (Pink Noise)



zoom



- L' area sottesa dal grafico è legata alla 'memoria del segnale'
- AF crolla subito a valori prossimi a 0

Modello emodinamico

Il sistema cardiocircolatorio è studiato attraverso un modello a parametri concentrati e suddiviso in diversi compartimenti.

Ogni sezione è caratterizzata da:

- **Equazioni differenziali**, che legano le grandezze emodinamiche (P, V, Q): pressioni, volumi, portate
- **Componenti elettriche**: **R**(resistenze: perdite di carico), **C**(compliance: effetti elastici = $1/E$), **I**(inertanze: effetti inerziali)
- **Condizioni iniziali**: necessarie per la risoluzione delle eq. diff.

Il codice utilizzato in MATLAB comprende:

- **Script di risoluzione**: per la risoluzione delle eq. diff.
- **Script di visualizzazione**: per la creazione di grafici

Nb: AF elastanza dell'atrio è costante (assenza di *atrial kick*)

Parti studiate (due pazienti: NSR 16773 e AF 202):

- **Cuore Sinistro**
- **Aorta e Arteria Polmonare** (pressioni)

Risultati

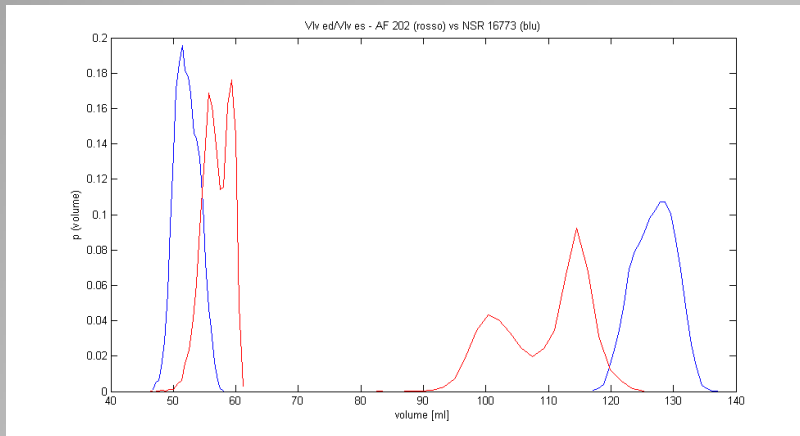
Ventricolo + RPP, SV, EF, SW, CO

Valori medi	AF 202	NSR 16773
Plv (pressione) [mmHg]	45,73	37,89
Vlv (volume) [ml]	87,98	98
RPP (rate pressure prod.) [mmHg/min]	11386	6561
ΔV (dias-sis) [ml]	52,22	74,76



	AF 202	NSR 16773
SV (stroke volume) [ml]	52,22	74,76
EF% (ejection fraction)	47,56	58,82
SW (stroke work) [J]	0,72	0,93
CO (cardiac output) [l/min]	4,92	4,38

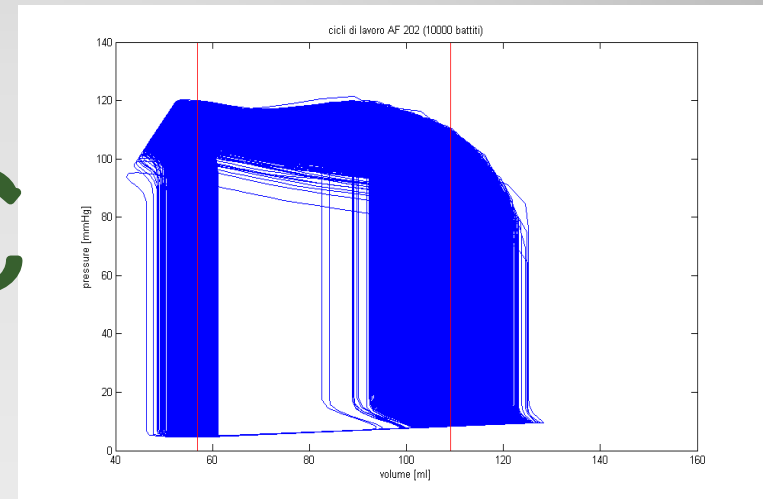
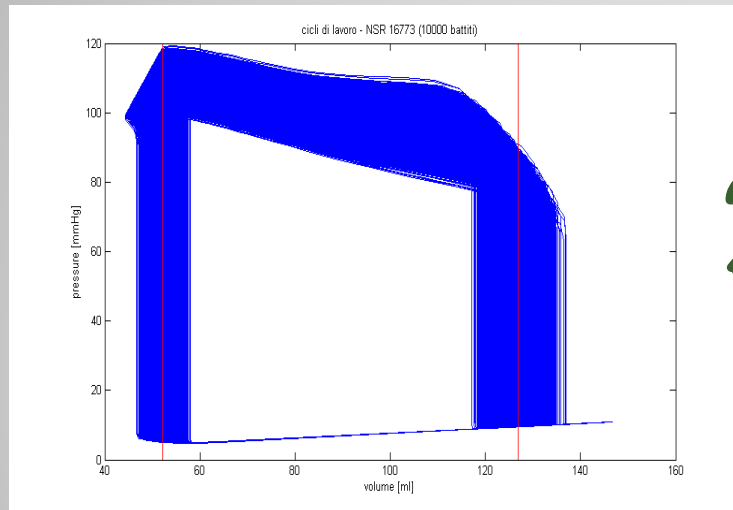
Variazione volume ventricolare AF vs NSR



I valori fibrillati sono compresi all' interno dei valori sani



Ventricolo AF può contrarsi/espandersi di meno



NSR : Area cicli maggiore

AF : Area dei cicli p-v minore

Atrio:

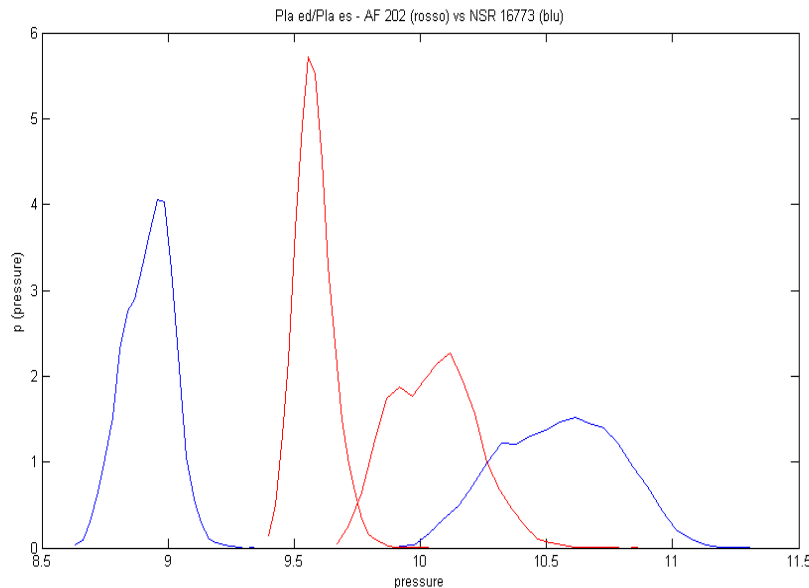
Valori medi	AF	NSR
V [ml]	58,39	58,96
P [mmHg]	9,158	9,5
Δv [ml]	3,4	10,85
Δp [mmHg]	0,48	1,63

Variazione volume atriale AF vs NSR

La variazione di volume atriale (sis-dias) è molto minore in AF



Inefficacia contrazione dell' atrio (assenza dell'*atrial kick*)



Pressione aortica e dell' art. polmonare

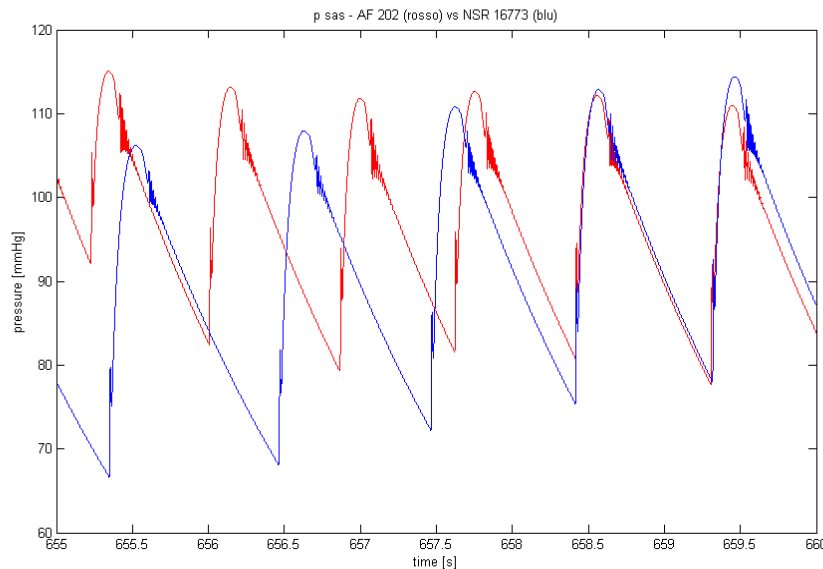
	AF	NSR
P _{ao}	99,95	91,31
P _{po}	20,20	19,5
Pao _{sis} - Plv _{sis}	18,20	13,03
Pao _{dias} - Plv _{dias}	69,44	62,82
Ppo _{sis} - Pla _{dias}	16,33	18,50

➡ Moderata Ipertensione

➡ Passaggio cuore/aorta

➡ Ritorno sangue

➡ Passaggio per i polmoni



Andamento temporale della pressione aortica:
 zone di oscillazione (apertura/chiusura valvole) ➡ *dicrotic notch*

Serie reali vs. serie artificiali

(RR)	Reale		Artificiale	
	μ	σ	μ	σ
AF	0,653	0,174	0,67	0,17
NSR	1,031	0,126	0,8	0,06

AF:



Ottimo accordo tra le due serie (PDF reale: bimodale, PDF artificiale: unimodale).

NSR:



Il cuore reale è più performante di quello artificiale (bradicardia fisiologica in NSR 16773)

Conclusioni

•Analisi RR

Durante AF il battito è accelerato (aumento media RR), scorrelato (autocorrelazione si annulla dopo pochi secondi) e lo spettro presenta caratteristiche di rumore bianco (per alte frequenze)

- Modello a parametri concentrati permette di predire l'impatto di episodi di AF acuta (es. 3-4 ore) sul sistema cardiovascolare.

•Analisi emodinamica

Durante AF si ha una minor efficienza e performance cardiaca (diminuzione SV, SW, EF), un maggior consumo di ossigeno (aumento RPP) e una moderata ipertensione.