



Metodi di elaborazione di segnali e immagini per diagnosi, monitoraggio e follow-up di malattie degenerative dei sistemi di controllo cardio-vascolare e cardio-respiratorio

Signal and image processing methods for the diagnosis, monitoring, and follow-up of cardiovascular and cardiorespiratory control degenerative disease

Dipartimento di Bioingegneria

Gruppo di ricerca

Research group

Sergio Cerutti
Giuseppe Baselli
Maria Gabriella Signorini
Anna Maria Bianchi
Luca Mainardi
Enrico Caiani
Federico Aletti
Valentina Corino
Federico Esposti
Manuela Ferrario
Valentina Magnagnin
Frederic Vallais

Anno di avvio attività

1990

Beginning of activity

Cooperazioni nazionali e internazionali

National and international collaboration

Ospedale Luigi Sacco, Milano
LITA "Vialba", Milano
Ospedale S.Paolo, Milano
Ospedale Galeazzi, Milano
Clinica della Medicina del Lavoro di Montescano (PV)
Università dell'Insubria, Varese
Istituto Superiore di Sanità, Roma
Università degli Studi di Bologna, DEIS
Centro Cardiologico Monzino, Milano
Department of Electrosience - Lund University, Svezia
Laboratory of signal processing - University of
Rennes 1, Francia
University of Saragozza, Spagna
Massachussets Institute of Technology, Boston, USA
Noninvasive Cardiac Imaging Lab - University of
Chicago, USA

Le disabilità legate alle funzioni cardiovascolari (CV) e cardiorespiratorie (CR) e ai relativi meccanismi di controllo, stanno acquistando sempre maggiore rilevanza epidemiologica, che si affianca ad una aumentata aspettativa di vita nei paesi occidentali. Questo può essere dovuto allo sviluppo di processi degenerativi cronici o agli esiti di episodi acuti che sono oggi trattati con un aumentato margine di successo, per quanto riguarda un immediato pericolo di vita, ma che portano a una riduzione della qualità della vita stessa.

Le cause di patologie degenerative spaziano da disturbi quali l'ipertensione o le dispnee notturne fino a gravi patologie quali il diabete o le cardiomiopatie. L'infarto cardiaco è il principale episodio acuto che provoca alterate funzioni CV con assoluta necessità di follow-up e di una appropriata riabilitazione.

Il monitoraggio domiciliare e durante la normale vita quotidiana sul lungo periodo di pazienti a rischio è uno degli aspetti principali considerati nel progetto FIRB. La possibilità di cure domiciliari è un punto chiave nel ripristino di una vita normale durante il processo di riabilitazione dopo un episodio ischemico acuto.

La variabilità cardiaca (HRV) è un segnale non invasivo largamente utilizzato sia per la detezione di episodi aritmici che per la valutazione delle funzioni autonome durante il normale ritmo sinusale.

Una nuova generazione di sensori indossabili, integrabili in indumenti o magliette usati quotidianamente, è allo studio nel progetto UE MyHeart, con lo scopo di estendere il monitoraggio a condizioni che possono essere critiche, quali ad esempio il sonno. Negli ultimi anni, notevole sforzo è stato dedicato allo studio dei disordini del sonno, che sono comunemente trascurati, quando invece hanno una vasta incidenza epidemiologica e gravi conseguenze sia sullo stato neurologico che sulle funzioni CV. Episodi di apnea notturna e i microrisvegli associati sono molto comuni. Allo stesso tempo l'accesso ai centri del sonno è limitato e non è in grado di fornire screening su larga scala. Una possibile soluzione a questo problema potrebbe essere nella caratterizzazione dei disturbi del sonno sulla base di segnali CV, acquisiti tramite sistemi indossabili utilizzati sia nella fase

Impairments due to diseases of cardio-vascular (CV), cardio-respiratory (CR) function and their regulation mechanisms have an increasing epidemiological importance which parallels the prolonged expected duration of life in western countries.

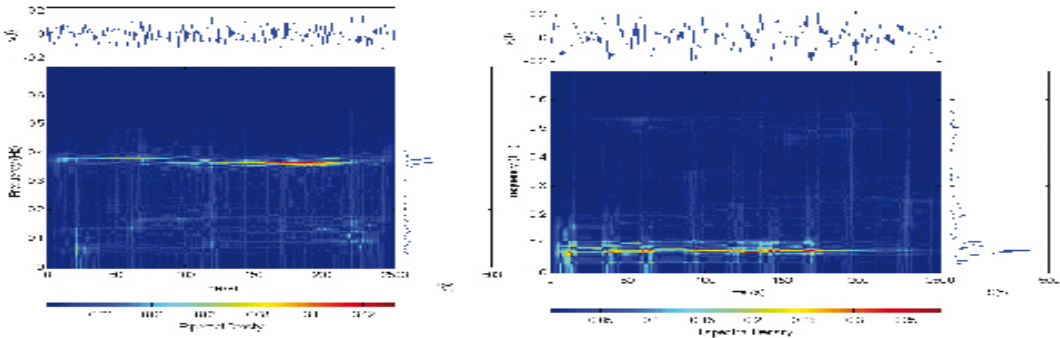
This can be due to the development of chronic degeneration processes or to the outcome of acute episodes which are treated with increasing success, as to the immediate life threatening, but which still leave a condition of a limited life quality.

Degeneration causes can range from disturbances such as hypertension or nocturnal dyspnea to severe pathologies such as diabetes or cardiomyopathies. Myocardial infarction is the most important acute episode leaving an altered CV function with a stringent necessity of follow-up and appropriate rehabilitation.

Long-term monitoring of patients at heart risk at home and during the normal day life is one of the main aspects considered by the FIRB project. Home care facilities are a key point in the restoration of a normal life in rehabilitation processes after acute ischemic episodes. Heart rate variability (HRV) is a non-invasive signal widely used both for the detection of arrhythmic episodes and for the assessment of autonomic function during normal sinus rhythm.

A new generation of wearable sensors, to be imbedded in commonly used underwear or T-shirts is addressed by the EU "My Heart" project with the aim of extending monitoring to crucial conditions such as sleep. In recent years, considerable research efforts have been devoted to the assessment of sleep disorders, which are commonly overlooked while having a vast epidemiological incidence and severe effects on both the neurological status and the CV function. Episodes of sleep apnea and associated micro-arousals have been discovered to be very common. However, the access to sleep labs is limited and can not cover wide screening studies. Characterization of sleep disorders from CV signals recorded via wearable sensors can be the solution of this problem leading to better diagnosis, treatment, and follow-up of these disturbances. Figure 1 shows the time-frequency analysis of the HRV signal in a normal subject and in a patient with obstructive

1.
 Analisi tempo-frequenza del
 segnale HRV in un soggetto
 normale e in un soggetto affetto
 da apnee ostruttive (OSA)
 durante il sonno
 Time-frequency analysis of the
 HRV signal in a normal subject
 and in a patient affected by
 obstructive sleep apnea (OSA)



di diagnosi, durante il trattamento e il follow-up di questi disturbi. La Figura 1 mostra l'analisi tempo-frequenza del segnale HRV in un soggetto normale e in un paziente con apnee ostruttive (OSA) durante il sonno. Un progetto collaterale relativo al monitoraggio CR riguarda i neonati prematuri e la prevenzione dalla morte improvvisa.

La fibrillazione atriale è una condizione patologica che tende a cronicizzarsi con un elevato rischio di trombosi e una considerevole compromissione funzionale. Recenti studi su elettrocardiogrammi endocavitari sono di grande aiuto nella comprensione dei meccanismi di genesi e di organizzazione della fibrillazione. Una più accurata diagnosi è la ricaduta immediata per una pianificazione del trattamento farmacologico o di ablazione. In prospettiva, i defibrillatori impiantabili saranno attivati da opportuni rilevatori di fibrillazione.

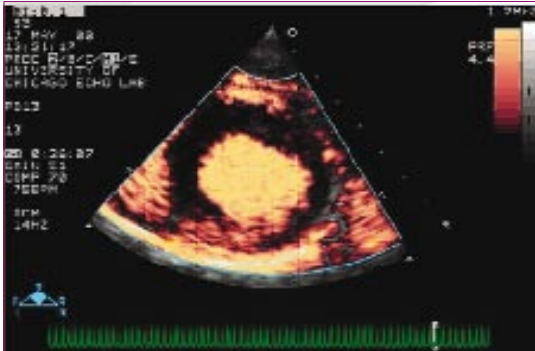
Lo sviluppo di metodologie quantitative per l'estrazione di parametri funzionali da immagini ecografiche 2D convenzionali e dalle nuove immagini 3D real time, forniscono al clinico nuovi

sleep apnea (OSA). A collateral project relevant to CR monitoring is concerned with premature newborns for the prevention of sudden infant death. Atrial fibrillation is a pathological condition which is frequently prone to a chronic stabilization with a highly increased risk of thrombosis and sizable functional impairment. Studies on invasive intracavitary electrograms help in the understanding of fibrillation onset and organization.

The immediate fallout is in better diagnosis and in the planning of pharmacological or of ablation therapy. In perspective, suitable fibrillation detectors would trigger implanted defibrillators.

The development of quantification techniques aiming at extracting functional parameters from conventional 2D, and new real-time 3D images can provide the clinician with additional tools for the assessment of the cardiac function. The quantitative evaluation of both right and left ventricular function is, in fact, important to give information both in the acute phase and in follow-up, to test the effects of pharmacological treatment. In collaboration with the University of Chicago and the University of

2.
Studio di perfusione miocardica
mediante mezzo di eco-contrasto
composto da microbolle
**A myocardial perfusion study
by means of echo-contrast
micro-bubbles**



strumenti per la definizione della funzionalità cardiaca. La valutazione quantitativa delle funzionalità ventricolare destra e sinistra è, infatti, importante per ottenere informazioni sia nella fase acuta che nel follow-up, per testare gli effetti del trattamento farmacologico. In collaborazione con l'Università di Chicago e con l'Università di Bologna sono stati sviluppati algoritmi specifici per l'analisi ecocardiografica 3D, che permettono di calcolare le dimensioni delle camere cardiache, la massa e la funzionalità. Progetti in corso riguardano lo studio delle valvole cardiache in quanto a movimento e deformazione, le alterazioni nella regolazione CR per scompenso cardiaco, la perfusione miocardica mediante eco-contrasto con microbolle, come mostrato in Figura 2. In collaborazione con l'Ospedale Galeazzi, Milano, viene studiato il flusso coronarico con eco-Doppler.

Bologna, have been developed specific algorithms for 3D echocardiographic analysis, which allow the computation of cardiac chamber dimensions, mass, and function. On going projects regard the evaluation of cardiac valves motion tracking and deformation quantification, the impairment of CR under heart failure condition, echo-contrast media (microbubbles) as shown in Figure 2.

In collaboration with the Galeazzi Hospital, specific algorithms for coronary Doppler analysis have been developed.