

Italian Heart Journal

Official Journal of the
Italian Federation of Cardiology
Official Journal of the
Italian Society for Cardiac Surgery

December 2003
Vol. 4 Suppl. 6



Abstracts del
64° Congresso Nazionale
della Società Italiana
di Cardiologia

Roma
6-10 Dicembre 2003

C80

Bilancio simpato-vagale e stabilità delle variabili cardiovascolari secondo la termodinamica di non-equilibrio

Giorgio Recordati (a, b, c), Federica Zorzoli (a, b, c), Olivia Pontara (a, c)

(a) Centro di Fisiologia Clinica ed Ipertensione, (b) Università di Milano,
(c) Ospedale Maggiore, IRCCS, Milano

Il bilancio simpato-vagale, estensivamente studiato nel dominio della frequenza, può essere studiato anche nel contesto della termodinamica del non-equilibrio. Secondo questa impostazione il sistema biologico è un sistema termodinamico aperto che scambia materia, energia ed informazione con l'ambiente circostante ed il sistema nervoso autonomo e' un'interfaccia plastica posta tra ambiente esterno, ambiente interno e centri nervosi superiori (forebrain) che regola questi scambi (Recordati, *J Theor Biol*, 2002). I comportamenti caratterizzati da una azione del sistema biologico nell'ambiente esterno, come l'esercizio muscolare e la reazione di difesa, o da una acuta attivazione dell'apparato sensoriale da parte dell'ambiente esterno, come "mental arousal" ed emozioni, sono caratterizzati da attivazione del sistema nervoso simpatico. I comportamenti in cui il sistema biologico si disinserisce e separa dall'ambiente esterno, quali sonno, ibernazione, grooming, tuffo ed immersione, recupero post-esercizio e post-attesa, sono tutti accompagnati da attivazione parasimpatica. Inoltre mentre la novità dello stimolo e dell'ambiente contribuiscono all'attivazione simpatica, la funzione parasimpatica trova rinforzo nella costante ripetizione dello stimolo. Pertanto mentre l'attivazione simpatica organizza la funzione viscerale secondo patterns finalizzati a facilitare il lavoro del sistema biologico nell'ambiente esterno, l'attivazione parasimpatica è finalizzata ad una funzione di isolamento e protezione dell'ambiente esterno e di recupero funzionale del sistema biologico stesso. (Recordati, *Autonom Neurosci*, 2003).

Le variazioni funzionali indotte dal sistema nervoso autonomo vengono misurate rispetto a due principali stati di riposo, lo stato di veglia rilassata e gli stadi III e IV del sonno NREM, usualmente considerati stati-stazionari di quiete delle variabili e rappresentativi della costanza dell'ambiente interno, od omeostasi, o set-point ipotalamico delle funzioni viscerali. Le variazioni osservabili della variabile negli stati di quiete ($X(t)$), vengono descritti dalla termodinamica del non-equilibrio come risultanti dalla relazione tra uno stato costante, tempo indipendente, (X_s), intorno al quale avvengono fluttuazioni od oscillazioni tempo-dipendenti della variabile stessa ($x(t)$), secondo la seguente notazione: $X(t) = X_s + x(t)$ (Nicolis & Prigogine, *Exploring Complexity*, Free Press, 1989). Questo stato viene mantenuto ad una certa distanza dall'equilibrio termodinamico, la sua stabilità misurata secondo Lyapunov e rappresentata nella fase-spazio. Qualora la variabile considerata appropi lo stato tempo-indipendente, asintoticamente, come avviene nel sonno, questo stato viene considerato un attrattore globale. Questa precisa definizione degli stati stazionari di riposo ci permette di misurare le variazioni delle variabili durante i diversi comportamenti e di concludere che mentre il parasimpatico, diminuendo il metabolismo, tende a spostare il controllo neuromurale verso lo stato stazionario tempo-indipendente e verso l'equilibrio termodinamico, l'azione del simpatico muove le variabili cardiovascolari lontano dall'equilibrio termodinamico, le rende instabili, si accompagna invariabilmente ad un aumento del consumo di ossigeno e della velocità metabolica, e pertanto ad un aumento di produzione di entropia (Andersen et al., *PNAS*, 2002). I fattori di rischio cardiovascolare ed il danno d'organo che ad essi si può accompagnare sono una descrizione biomedica dell'effetto dell'aumento di produzione di entropia che usualmente consegue al mantenimento di un inadeguato stile di vita.