

## Teoria del caos 18 puntata

Il cuore che batte...

Proviamo a mettere una mano sul cuore...Sentiamo qualcosa?

Tun du du dum, tun tu du dum, tun du dum dum...

C'è qualcosa che batte, c'è un cuore che batte. Ma come batte? E' un battito regolare? Irregolare? Cosa vuol dire regolare o irregolare?

Così, intuitivamente, si potrebbe dire che un cuore con un battito regolare è sano, mentre un cuore con un battito

irregolare ha qualche problema. Sempre a spanne si potrebbe dire che è regolare un battito prevedibile, sempre uguale,

periodico, euclideo in certo qual modo. Al contrario irregolare potrebbe essere un battito complicato, complesso, imprevedibile,

caotico. Intuitivamente e a spanne questo è ciò che ha sempre pensato niente poco di meno che la medicina classica,

fior fior di studiosi, medici, specialisti, laureati, plurilaureati, Ph D, Ph E, Ph F, e Ph tutto l'alfabeto.

Detta secondo il linguaggio medico, c'è sempre stata la credenza che è più facile osservare un comportamento complesso (o caotico) del cuore

negli stati patologici (in chi ha problemi col cuore) piuttosto che nelle situazioni di normalità fisiologica (in chi sta col cuoricino tutto a posto

ed in ordine). Niente da dire, mi pare un'ipotesi più che plausibile.

Proviamo ora ad applicare gli strumenti che ci mette a disposizione la matematica del caos, e vediamo se questa ipotesi è verosimile,

osserviamo semplicemente cosa succede.

Siete col fiato sospeso? Non ve ne frega nulla? Avete già capito?

Prima di svelare la risposta è interessante osservare che la medicina ha sempre interpretato le fluttuazioni, da un punto di vista classico, in termini di omeostasi:

i sistemi biologici rispondono alle perturbazioni ambientali con azioni correttive volte a ripristinare la stabilità dell'ambiente interno. Da questo principio si evince

che le variazioni della frequenza cardiaca sono semplicemente risposte transitorie alle perturbazioni ambientali; durante una malattia l'individuo perde la capacità

di mantenere una frequenza cardiaca costante a riposo, con un conseguente aumento di variabilità.

E' un po' come quando gli organismi

tendono a mantenere un intervallo fisiologico di fluttuazione erratica che permette loro alle necessità poste da un ambiente imprevedibile ed in continua

fluttuazione (omeoresi).

Non importa se qualcuno non ci ha capito granchè in queste ultime divagazioni mediche altamente illuminanti: non è proprio così.

Il battito cardiaco in soggetti sani è niente poco di meno che....caotico!!!!!!!!!!!!!!!

Le fluttuazioni sono indice di vita, guai se non ci fossero (elettrocardiogramma (ECG) piatto)!!

Il cuore che batte è una nuvola di panna montata, un fiocco di neve, un acquario di pesci rossi in movimento, un alveare in fermento, un albero in fiore,

un girasole, il delta di un fiume, un viso sorridente.

Grazie alle dinamiche caotiche la frequenza cardiaca gode di vantaggi funzionali, oltre che della proprietà dell'autosomiglianza o invarianza di scala (v. frattali).

Un cuore sano che batte è elastico, flessibile, adattativo; apprende e si adatta all'ambiente e alle sue perturbazioni, è in armonia con la natura, risponde facilmente

alle necessità poste da un ambiente imprevedibile e in continua modificazione. Non poteva essere altrimenti: se la natura è straordinariamente complessa,

anche il nostro cuore doveva per forza esserlo.

Un cuore malato invece è rigido, prevedibile, le sue dinamiche sono molto più semplici, tendono alla periodicità, all'euclideanità. Mentre l'attrattore di un cuore sano è del tipo attrattore strano o caotico (nuvola in cielo tanto per capirsi), l'attrattore di un cuore malato tende a un ciclo limite, a una periodicità (oscillazioni periodiche, regolari, o addirittura punti fissi poche ore prima di un arresto cardiaco).

La fibrillazione ventricolare (caso in cui il cuore impazzisce) potrebbe, a prima vista, apparire come il massimo della caoticità. Tuttavia, alla luce della teoria del caos, ciò non è esatto: vi è infatti una sostanziale differenza tra eventi totalmente casuali e slegati tra loro e comportamento caotico (ossia ordine complesso). Nell'analisi ECG del cuore in fibrillazione non è stato identificato nessun attrattore, nessuna nuvoletta, così che la fibrillazione appare come un segnale casuale non caotico (assenza di struttura, nessun ordine complesso). La rottura dell'ordine non significa gioco-forza disordine, infatti defibrillando con tempestività si può ricondurre il cuore al suo ordine complesso, mentre non intervenendo tempestivamente si possono avere danni al cervello, o addirittura morte (elettrocardiogramma piatto, un nuovo ordine, prevedibile, lineare, piatto).

Mentre i cardiologi utilizzano l'elettrocardiogramma (ECG) per misurare i battiti del cuore, i neurologi quando si occupano del cervello si affidano all'elettroencefalogramma (EEG).

L'EEG di individui sani (analogamente all'ECG nei sani di cuore) ha caratteristiche caotiche, mentre individui con determinate patologie (ad esempio coloro

che sono affetti da epilessia) danno luogo ad un tracciato dell'elettroencefalogramma con dinamiche più semplici, meno strutturato, meno complesso, più ordinato e prevedibile. Anche quei comportamenti periodici, di ciclo limite, od addirittura di punto fisso, lineari statici, sono indice di disfunzione e malattia: linearità e prevedibilità come indice di morte, rigidità, infermità, problematiche di risolvere, non linearità al contrario indice di creatività, flessibilità, elasticità, adattabilità, apprendimento, vita, benessere. Non a caso un corpo immobile, fermo, freddo, rigido, è sinonimo di morte, mentre un corpo elastico, caldo, flessibile, mobile, è sinonimo di vita. Chiaramente e fortunatamente i due estremi concedono un sacco di sfumature intermedie.

Le patologie sono strettamente legate ad un aumento di ordine (prevedibilità) e ad una drastica diminuzione di complessità e dimensionalità del sistema. I tracciati irregolari tipici della situazione fisiologica hanno una dinamica caotica con attrattori strani (caotici). La frequenza oscilla spontaneamente anche in assenza di perturbazioni esterne e naturalmente non tende verso un omeostasi stazionaria se non in situazioni patologiche.

In un sistema omeostatico esistono numerosi meccanismi di retroazione o feed-back: le sue oscillazioni sono quindi normali (nel senso che indicano un soggetto sano), anche in forma caotica, per determinati valori dei suoi parametri di controllo. Mutando però tali parametri, varia la complessità del sistema creandosi patologie da "perdita di caoticità" o a patologie da "aumento di caoticità". In altre parole, se è vero che ogni sistema biologico complesso tende a regolare l'intensità e la qualità delle proprie funzioni sulla base di un certo tipo di attrattore, è anche vero che la patologia insorge quando l'attrattore stesso cambia di dimensione (es. nel tipo di periodicità) o di struttura. Ricordando la nostra nuvola di panna montata, esempio di attrattore caotico, essa quando sta bella ferma nel cielo azzurro da una sensazione di stabilità, di tempo sereno, e sta lì unicamente per diletto, quasi a fare da cornice od ornamento al paesaggio di qualche dipinto. Se le dinamiche all'interno e all'esterno della nuvola cambiano (a causa di temperatura, venti, pressione, correnti, ecc.) la nuvola attrattore muta di dimensionalità (può aggregarsi ad altre nuvole, diventare più grande,.) e di struttura (può, biforcando, spezzarsi in tante altre nuvole, cambiare forma, spostarsi, scaricarsi a terra sotto forma di pioggia).

L'origine di una malattia potrebbe essere colto là dove c'è una biforcazione nelle dinamiche di uno o più sistemi biologici (scelte all'interno dell'albero-nuvola), sia in aumento di complessità che in diminuzione

(I sistemi biologici hanno molteplici parti che agiscono coerentemente per produrre una azione globale).

La natura può impiegare il caos in modo costruttivo: attraverso l'amplificazione di piccole fluttuazioni, essa può fornire ad un sistema naturale l'accesso alla novità e alla flessibilità rispetto al mutare dell'ambiente. Un sistema caotico è flessibile in quanto può mutare con facilità il proprio comportamento, grazie a piccole influenze esterne, per adattarsi ai cambiamenti degli altri. Per questo, la patologia può cominciare come "perdita di connettività" tra gli elementi del sistema globale. Tale perdita di connessioni rende meno complessa la rete di comunicazioni, ma può aumentare la caoticità perché alcuni elementi (cellule, tessuti, organi) sfuggono al gioco dei controlli incrociati e iniziano ad oscillare in modo molto più marcato e disorganizzato. Quindi, se è vero che il caos di per sé non è un elemento negativo, in quanto è elemento di flessibilità e generatore di diversità, se si perde il coordinamento, la "connettività" del sistema nel suo insieme e con il resto dell'organismo, alcune sub-componenti possono oscillare in modo eccessivo, imprevedibile, generando quindi disordini localizzati che però possono essere amplificati (la amplificazione delle fluttuazioni è un tipico comportamento dei sistemi caotici) e trasmessi ad altri sistemi in modo disordinato e senza finalità.

L'oscillazione assume l'aspetto della malattia in quanto provoca l'emergere di sintomi e danni consistenti.

La distruzione di connessioni e/o la perdita di complessità di specifici sistemi (ad esempio: atrofia di tessuti, invecchiamento) può far ridurre le fini variazioni omeostatiche e caotiche, accompagnandosi a una semplificazione degli schemi omeostatici (perdita di caoticità).

Esempi di sorgere di malattie per perdita di complessità sono la sclerosi, che rappresenta fisicamente una modificazione del connettivo con riduzione della flessibilità, della deformabilità ed, infine, della vitalità (atrofia), nonché, come visto prima, le modificazioni del ritmo cardiaco.

La comparsa di crisi epilettiche si associa ad una perdita di caoticità nelle onde cerebrali e comparsa di treni di impulsi periodici a partenza da determinati focolai [Babloyantz and Destexhe, 1986; Schiff et al., 1994].

In neurologia, si è visto che l'anziano presenta una minore ramificazione delle cellule di Purkinje, quindi una riduzione della loro dimensione frattale [Lipsitz and Goldberger, 1992]. In psicogerontologia si è osservato che con l'invecchiamento vi è una diminuzione di caoticità nell'organismo, quindi perdita di flessibilità ed irrigidimento. Nel campo dello studio dell'epilessia è stato utilizzato il concetto di "dimensione frattale" per analizzare l'evoluzione temporale delle onde EEG. La computazione dei dati di ratti normali ha consentito di costruire un attrattore di dimensione 5.9, mentre l'attrattore durante le crisi epilettiche aveva una dimensione di 2.5, quindi indicava un grado minore di caoticità: in questo caso la dimensione frattale correla con la flessibilità e adattabilità dell'organismo.

Nei sistemi viventi la continua richiesta e il continuo consumo di energia spingono e mantengono il sistema lontano dall'equilibrio, in uno stato che si potrebbe definire "intermedio" tra ordine e caos [Firth, 1991; Cramer, 1993].

Introdurre i concetti di caos e di complessità nel campo delle biologia e della medicina costituisce un aiuto ad interpretare fenomeni che finora erano considerati talmente complicati da poter essere affrontati unicamente con il classico metodo riduttivo (scomporli nelle loro parti le quali poi possano essere analizzate una per una). Infatti, con il progredire della complessità nel corso dell'evoluzione si formano strutture o organismi in cui l'insieme acquista nuove proprietà (proprietà emergenti) che nascono dall'interazione delle sub-componenti, ma che non sono in esse contenute. L'interazione delle componenti ad una data scala può provocare su scala più vasta un comportamento globale complesso che in generale non può essere ricavato dalla conoscenza delle singole componenti (il tutto non è la somma delle sue parti).

Una delle maggiori acquisizioni della teoria del caos è che l'imprevedibilità è una proprietà intrinseca dei sistemi fisici, che si manifesta in modo più o meno evidente a seconda delle condizioni interne o esterne al sistema stesso.

Se il metodo riduttivo è stato ed è fondamentale per la conoscenza dei singoli particolari, le metodologie introdotte dallo studio dei sistemi caotici e dei frattali sono e saranno sempre più

importanti per la comprensione del funzionamento dei sistemi in cui molti singoli particolari sono integrati in un quadro strutturale o funzionale d'insieme. In altre parole, l'individuazione delle proprietà peculiari dei sistemi complessi può aiutare a non perdersi nell'infinita varietà delle loro costituenti elementari (vedi molecole) o dei loro meccanismi regolatori.

In psichiatria, si potrebbe considerare come esempio di perdita di caoticità l'insorgere di idee fisse o di ossessioni: mentre la psiche normale segue un attrattore "strano", ricco di variabilità pur con delle caratteristiche di stabilità (nuvola bianca, patterns psicologici, archetipi secondo Jung), nell'ossessivo emergono comportamenti stereotipati, ripetitivi o fissi, difficili da influenzare dall'esterno, se non con grosse dosi di farmaci o manovre estreme (equilibrio di punto fisso, euclideo). Anche la patologia psichica spesso origina e trova consolidamento dalla perdita di capacità di comunicare con i propri simili (perdita di complessità e di flessibilità). L'importanza del caos nelle funzioni cerebrali è tale che alcuni autori si sono spinti a considerare questo fenomeno la base per la creatività intellettuale [Freeman, 1991] o addirittura il corrispondente fisiologico dell'esistenza di un libero volere [Crutchfield et al, 1986]. Freeman, professore di neurobiologia all'Università della California a Berkeley, riferisce: "I nostri studi ci hanno fatto anche scoprire un'attività cerebrale caotica, un comportamento complesso che sembra casuale, ma che in realtà possiede un ordine nascosto. Tale attività è evidente nella tendenza di ampi gruppi di neuroni a passare bruscamente e simultaneamente da un quadro complesso di attività ad un altro in risposta al più piccolo degli stimoli. Questa capacità è una caratteristica primaria di molti sistemi caotici. Essa non danneggia il cervello: anzi, secondo noi, sarebbe proprio la chiave della percezione. Avanziamo anche l'ipotesi che essa sia alla base della capacità del cervello di rispondere in modo flessibile alle sollecitazioni del mondo esterno e di generare nuovi tipi di attività, compreso il concepire idee nuove" [Freeman, 1991].

Ora questo solleva una profonda questione filosofica per la quale abbiamo due risposte possibili: la prima risposta è che il futuro è già stato determinato ma noi non ne sappiamo abbastanza, perché siamo troppo ignoranti o troppo lenti o i nostri computer non sono adeguati a predire il futuro (Spinoza e Einstein: tesi dell'universo orologio: il futuro è già stato creato e noi non possiamo far altro che vivere attraverso esso). L'altra ipotesi è che il futuro non esiste e che noi abbiamo la responsabilità di metterlo in forma. Non c'è alcuna base scientifica per prendere una decisione rispetto a queste due opzioni. Nessuna scienza può mai risolvere questo problema etico. Noi dobbiamo scegliere cos'è che noi crediamo come base per la nostra determinazione del futuro. Di fatto il caos permette una certa comprensione di questo problema. I processi caotici sono infatti caratterizzati da salti improvvisi e cambiamenti repentini. Ciò che accade è che con questi cambiamenti, con questi salti, ha luogo la rideterminazione e l'autorigenerazione del cervello. E' questo compatibile con il libero arbitrio? Sì e no. La contrapposizione determinismo - libero arbitrio è un po' infelice. Nessuna azione è totalmente libera. Ogni azione ha luogo entro i vincoli imposti dal nostro patrimonio genetico e del nostro ambiente. Possiamo dire che la scelta circa la via da seguire sia soggetta al controllo volontario? Sì e no. I nostri cervelli funzionano in continuazione e la maggior parte del nostro comportamento è non consapevole. Esso è per la maggior parte inconscio. Avanza sotto il sottile velo della consapevolezza, la quale impegna solo una piccola parte dell'attività cerebrale. Quando siamo posti di fronte ad una scelta ci troviamo ad agire in qualche direzione e ci rendiamo conto che ciò che abbiamo scelto è ciò che il cervello sta portando fuori. Non abbiamo tempo di coglierlo nella sua interezza. Anche se lo facciamo la situazione è così complessa che non abbiamo il tempo di prendere una decisione razionale. Cogliamo noi stessi nell'atto di intraprendere un'azione. E anche se non c'è alcuna azione questa è una scelta che facciamo. E così scopriamo chi siamo, cosa siamo, quale tipo di persona siamo, sulla base di ciò che abbiamo scelto. La lezione che viene dalle neuroscienze è questa: l'opposizione tra libero arbitrio e determinismo è una falsa antinomia perché nessuna azione è totalmente libera, ma d'altra parte nessuna azione è interamente indeterminata, anche se si tratta della decisione di non fare nulla. Anche se il cervello mantiene il suo corpo a riposo esso costruisce in ogni momento il suo futuro sotto il vincolo duale del suo passato e del suo presente, vale a dire della sua natura e del

suo stato di nutrimento. Comunque egli deve inevitabilmente scegliere. Com'è che noi effettuiamo scelte e diventiamo consapevoli di ciò che abbiamo fatto?

Finchè si resta nell'ambito delle scienze si resta rinchiusi nei meandri della mente limitata e delle sue costruzioni, si resta imprigionati nelle dualità. Come già visto si può andare oltre la dualità, oltre le contrapposizioni, oltre opposizioni e contrari, oltre le divisioni, limitazioni, frammentazioni, linearità imposte dal pensiero umano. Dalla caoticità però arriva come un lume, che ci dice:

possiamo andare oltre, possiamo superare le contrapposizioni, c'è modo di raggiungere un'armonia che va al di là della mente e del pensiero. I paradossi curiosamente ci mettono di fronte ai nostri limiti, ci dicono: abbiamo approfondito fino all'inverosimile, convinti che si può spiegare tutto, e in fondo in fondo al barile osserviamo il buio e fumo più completo che ci disorienta e ci fa sciogliere d'incanto tutte le nostre certezze. Questo perché siamo abituati ad osservare e giudicare l'universo infinito, illimitato ed eterno con i nostri strumenti limitati: era inevitabile che prima o poi ci dovessimo inchinare. Ma non c'è da scoraggiarsi: ogni volta che si spezza un ordine complesso, già esso si muove verso nuovi ordini, verso nuovi equilibri. Consci dei limiti della mente e del linguaggio suonano confortanti le parole di uno dei pionieri del caos, un tale I. Prigogine:

“Il nostro universo fisico non ha più come simbolo il moto regolare e periodico dei pianeti, moto che è alla base della meccanica classica. E' invece un universo di instabilità e fluttuazioni, che sono all'origine dell'incredibile ricchezza di forme e strutture che vediamo nel mondo intorno a noi (e aggiungerei, dentro di noi: gli universi fuori di noi esistono per meglio comprendere gli universi dentro di noi). Abbiamo quindi bisogno di nuovi concetti e nuovi strumenti per descrivere una natura in cui evoluzione e pluralismo sono divenute le parole fondamentali”

Per quanto riguarda la nostra supposta libertà vengono a proposito le seguenti parole di Gibran:

“l'amore è la sola libertà del mondo,  
perché eleva lo spirito a tal punto  
che le leggi dell'umanità  
e i fenomeni della natura  
non ne alterano il corso.”

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.