

Reazioni pre-stimolo della frequenza cardiaca

Antonella Vannini¹ e Ulisse Di Corpo²

Abstract

Reazioni anticipate della frequenza cardiaca e della conduttanza cutanea sono state osservate prima della presentazione di stimoli imprevedibili. In questo articolo vengono riportati i risultati di quattro esperimenti: il primo esperimento ha utilizzato i quattro colori base e ha mostrato forti differenze tra le frequenze cardiache misurate nella fase 1 quando i colori blu e verde vengono selezionati dal computer nella fase 3; il secondo esperimento ha mostrato forti differenze per tutti i colori e anche quando si usavano i numeri; il terzo esperimento ha mostrato l'assenza di effetto quando non veniva visualizzata la selezione operata dal computer; il quarto esperimento ha mostrato la presenza dell'effetto retrocausale su tutti i colori, ha mostrato la presenza dell'effetto apprendimento osservato da Damasio e ha mostrato un'interazione tra i due effetti.

Premessa

Malgrado i progressi degli ultimi anni nel campo delle neuroscienze, i modelli attuali della mente devono ancora confrontarsi con quelli che possono essere considerati i problemi "classici" della teoria della mente:

- **Il problema del binding**, cioè di come l'unitarietà della percezione conscia possa nascere dalle funzioni modulari e distribuite del sistema nervoso centrale.
- **Il problema dell'intuizione**, cioè quel tipo di conoscenza immediata che non si avvale del ragionamento o della conoscenza sensibile.
- **Il problema della causalità mentale**: se la coscienza è qualcosa di non fisico, come può avere un effetto fisico come il movimento del mio corpo?
- **Il problema del libero arbitrio**.

Negli anni '30 alcune tra le più importanti interpretazioni della meccanica quantistica (MQ) utilizzarono la coscienza per spiegare le peculiarità del mondo sub-atomico. Alcuni principi della MQ come il collasso della funzione d'onda, la non località, l'indeterminismo e il dualismo onda particella sembrano ricordare proprietà tipiche della mente.

¹ antonella.vannini@syntropy.org

² ulisse.dicorpo@syntropy.org

I modelli quantistici della coscienza rinvenuti in letteratura possono essere suddivisi in quattro grandi categorie (Tabella 1):

1. Nella prima categoria rientrano modelli che collocano la coscienza nella posizione di un principio primo dal quale discende la realtà; sfuggono così, per definizione, alla falsificabilità in quanto collocano la coscienza stessa a monte della realtà osservata, come principio primo non verificabile dal quale discende la realtà.
2. Nella seconda categoria trovano posto modelli che fanno discendere la coscienza dalle proprietà indeterministiche e probabilistiche del mondo quantistico. Questi modelli partono dall'assunto che la coscienza risieda in un dominio non osservabile con le attuali tecnologie della ricerca, come ad esempio i processi che avvengono a scale di misura al di sotto della costante di Planck.
3. Nella terza categoria rientrano i modelli che fanno discendere la coscienza dai principi d'ordine della MQ. Questi principi di ordine hanno già portato alla realizzazione di interessanti applicazioni in campo fisico (ad esempio i condensati Bose-Einstein, i superconduttori e i laser) che, però, in genere non sono compatibili con le caratteristiche dei sistemi viventi in quanto richiedono condizioni limite, come ad esempio temperature prossime allo zero assoluto (per i superconduttori) o temperature eccessivamente elevate (come nel caso dei laser).

Di conseguenza, i modelli che rientrano nelle prime tre categorie, vengono scartati in quanto violano tutti, in un modo o nell'altro, il criterio della falsificabilità scientifica.

1) La coscienza crea la realtà	2) Determinismo vs indeterminismo	3) L'ordine crea la coscienza	4) Relatività Ristretta + MQ
1930 - Bohr 1987 - Herbert 1989 - Penrose Hameroff 1993 - Stapp 2004 - Järvilehto 2007 - Mender	1925 - Lotka 1963 - Culbertson 1970 - Walker 1980 - Bohm 1989 - Lockwood 1990 - Pitkänen 1992 - Kaivarainen 1998 - Bondi	1967 - Umezawa Ricciardi 1968 - Fröhlich 1971 - Pribram 1986 - Eccles 1989 - Marshall 1995 - Yasue 1995 - Vitiello 2003 - Flanagan 2003 - Pereira 2005 - Hu 2005 - Baaquie and Martine 2008 - Hari	1941 - Fantappiè 1989 - King

Tabella 1: classificazione dei modelli quantistici della coscienza

In una rassegna dei modelli quantistici della coscienza, pubblicata nell'articolo *Quantum Models of Consciousness* sulla rivista *Quantum Biosystem* (Vannini, 2008), si evidenzia che, abbinando il criterio della falsificabilità scientifica con il criterio della compatibilità con i sistemi biologici, gli unici due modelli che superano la selezione, ai fini della verifica empirica, sono il modello della supercausalità di Chris King e il modello della sintropia di Luigi Fantappiè. Si tratta di due modelli ibridi in quanto nascono dall'unione della relatività ristretta con la meccanica quantistica.

La duplice soluzione della funzione d'onda relativizzata

Entrambi questi modelli partono dalla duplice soluzione della funzione d'onda relativizzata, espressa matematicamente dall'equazione di Klein-Gordon:

$$E\psi = \sqrt{p^2 + m^2}\psi$$

dove E è l'energia, p il momento, m la massa e ψ la funzione d'onda di Schrödinger

La funzione d'onda relativizzata può essere considerata l'equazione fondamentale dell'universo. Tuttavia la sua soluzione dipende da una radice quadrata e le radici quadrate, come è noto, portano sempre a due soluzioni: una positiva e una negativa.

Mentre la soluzione positiva descrive onde e cause che si propagano dal passato verso il futuro, la soluzione negativa descrive onde e cause che si propagano a ritroso, dal futuro verso il passato.

Negli anni '30 la soluzione negativa venne rifiutata in quanto ritenuta incompatibile con la nostra esperienza del tempo che si muove dal passato verso il futuro. Ma, come sottolinea il matematico Roger Penrose: *“Tale rifiuto non è condiviso da tutti i fisici e, in modo particolare, non è condiviso dai matematici i quali ritengono che non è legittimo rifiutare metà delle soluzioni dell'equazione fondamentale dell'universo, unicamente perché apparentemente incompatibili con la nostra esperienza soggettiva del tempo.”* (Penrose, 2005).

La sintropia di Luigi Fantappiè

Nel 1940 il matematico italiano Luigi Fantappiè approfondì lo studio delle proprietà matematiche delle due soluzioni e giunse così alla scoperta che:

1. la soluzione positiva che descrive onde che divergono dal passato verso il futuro è retta dalla legge dell'entropia che porta i sistemi verso la dissipazione di energia, l'omogeneità, il disordine e la morte termica.
2. La soluzione negativa che descrive onde che divergono dal futuro verso il passato corrispondono, per noi che ci muoviamo dal passato al futuro, ad onde che concentrano energia, portano alla differenziazione, alla creazione di ordine e di strutture.

Consultandosi con i biologi dell'epoca, Fantappiè rinvenne le caratteristiche della soluzione negativa nelle qualità tipiche dei sistemi viventi, giungendo così alla formulazione della sua *“Teoria unitaria del mondo fisico e biologico”* (Fantappiè, 1944).

Oggi Luigi Fantappiè è un personaggio quasi sconosciuto. E' importante quindi ricordare solo alcuni fatti biografici. Si laureò nel 1922 con il massimo dei voti alla Normale di Pisa, insieme ad Enrico Fermi. Diventò immediatamente docente universitario con una brillante carriera in Italia e all'estero. Nel 1950 Oppenheimer gli offrì di entrare all'Istituto per gli studio avanzati di Princeton, all'epoca il

centro più prestigioso per lo studio della fisica. Si trattava del massimo riconoscimento che un fisico-matematico potesse ricevere.

Ipotesi: sistema nervoso autonomo e anticipazione

Chris King (King, 1989) e Luigi Fantappiè ipotizzano che il sistema vivente sia sollecitato costantemente da cause provenienti dal passato e da cause provenienti dal futuro (supercausalità). Per noi che ci muoviamo in avanti nel tempo le cause collocate nel futuro verrebbero sperimentate come attrattori. In ogni istante il sistema vivente dovrebbe, secondo questo modello, operare scelte tra questi due tipi di sollecitazioni.

Luigi Fantappiè ipotizza che i processi vitali si alimentino di onde anticipate e, di conseguenza, Ulisse Di Corpo ha ipotizzato che le strutture che supportano i processi vitali, come il sistema nervoso autonomo, debbano mostrare risposte di anticipazione rispetto ad eventi futuri (Di Corpo, 1981, 2007).

Nella letteratura scientifica è possibile rinvenire vari studi che evidenziano una reazione pre-stimolo dei parametri del sistema neurovegetativo ad informazioni imprevedibili collocate nel futuro. Ad esempio:

1. *Risposta anticipata prestimolo nella frequenza cardiaca.* Nell'articolo "Heart Rate Differences between Targets and Nontargets in Intuitive Tasks" Tressoldi e collaboratori descrivono esperimenti da loro effettuati che mostrano come la frequenza del battito cardiaco reagisca allo stimolo prima che lo stimolo stesso venga determinato (Tressoldi e coll., 2005).
2. *Risposte elettrofisiologiche.* McCarty, Atkinson e Bradely in "Electrophysiological Evidence of Intuition" evidenziano forti risposte anticipatorie a stimoli futuri dei parametri elettrofisiologici del cuore (McCarty, Atkinson e Bradely, 2004).
3. *Risposta anticipata prestimolo nella conduttanza cutanea.* Nel 2003 Spottiswoode e May, nell'ambito del programma di ricerca del Cognitive Science Laboratory, hanno replicato gli esperimenti di Bierman e Radin (Bierman e Radin, 1997) che mostrano un aumento statisticamente significativo della conduttanza cutanea 2-3 secondi prima della presentazione di stimoli a contenuto emotigeno. Spottiswoode e May hanno confermato questi effetti anticipati osservando una significatività statistica con probabilità di errore inferiore a 0,0005 (Spottiswoode e May, 2003).

L'effetto anticipato emergente dagli studi appena descritti si manifesta in modo costante e con elevati indici di significatività statistica; esso rappresenta una prima verifica, in psicologia sperimentale, dell'ipotesi secondo la quale nei sistemi viventi si manifesterebbero risposte anticipate, in quanto tali sistemi sono collegati, per il loro sostentamento ed evoluzione, ad attrattori (cause) collocati nel futuro.

L'ipotesi è quindi che le strutture che supportano i processi vitali, come il sistema nervoso autonomo, mostrino risposte di anticipazione rispetto ad eventi futuri (Di Corpo, 1981, 2007) in quanto si alimentano di onde anticipate.

Esperimenti

In questo articolo vengono riportati quattro esperimenti sulle reazioni anticipate della frequenza cardiaca. Una descrizione dettagliata degli esperimenti è stata presentata da Antonella Vannini nella sua tesi di dottorato (Vannini, 2010).

Procedura sperimentale

Gli esperimenti condotti sono basati, quanto alla procedura utilizzata, sul disegno sperimentale suggerito da Tressoldi, utilizzando però stimoli semplici come i colori e i numeri, piuttosto che immagini complesse (monumenti, paesaggi, ecc.) come quelle utilizzate da Tressoldi.







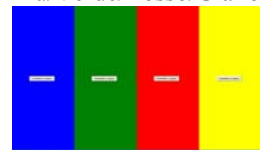

FASE 1 <i>Presentazione dei colori e misurazione della frequenza cardiaca</i>				FASE 2 <i>Scelta</i> 	FASE 3 <i>Selezione Random</i> 
Blu	Verde	Rosso	Giallo	Blu/Verde/Rosso/Giallo	Target: rosso
					
<i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	<i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	<i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	<i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>		Feedback

Tabella 2 - Fasi di un trial sperimentale

La procedura dell’esperimento suddivide ogni trial sperimentale in tre fasi (vedi tabella 2): nella prima i colori vengono presentati su monitor di computer in successione a tutto schermo per 4 secondi esatti ciascuno e la frequenza cardiaca viene rilevata ad intervalli di 1 secondo; nella seconda fase il soggetto sceglie un colore cercando di indovinare quello che sarà selezionato dal computer; nella terza fase il computer seleziona tramite un procedimento random imprevedibile uno dei 4 colori e lo presenta a tutto schermo.

Il soggetto sperimentale si trova da solo nella stanza. L’ipotesi è che in presenza di effetto retrocausale si osservi una risposta di anticipazione nella forma di differenze statisticamente significativi tra frequenze cardiache misurate durante la fase 1, quando lo stimolo è target e le frequenze cardiache misurate sempre nella fase 1 quando lo stimolo non è target.

In merito allo strumento è stato utilizzato un cardiofrequenzimetro prodotto dalla SUUNTO. Il cardiofrequenzimetro della SUUNTO individua una serie di punti nel tracciato dell’elettrocardiogramma e calcola la distanza in millisecondi tra questi punti analoghi; questo valore viene poi rapportato al minuto.

Particolare attenzione è stata posta alla randomizzazione degli stimoli. Infatti, le sequenze prodotte dal computer sono in genere pseudorandom poiché si basano su cicli di estrazione che hanno lo stesso intervallo, rendendo in questo modo le estrazioni dipendenti tra loro. Quando il tempo che intercorre tra

un'estrazione e l'altra è imprevedibile si ha invece un'estrazione random pura. La fase 2 del disegno sperimentale aveva la funzione di:

1. rendere il tempo che intercorre tra un'estrazione e l'altra imprevedibile, in quanto esso dipende dal tempo di reazione del soggetto, e ciò rende la selezione del computer perfettamente random;
2. focalizzare l'attenzione del soggetto sull'esito, cioè sul feedback del computer.

L'analisi dei dati si effettua considerando solo le frequenze cardiache rilevate nella fase 1. Queste frequenze cardiache vengono divise in base all'estrazione del target operata dal computer nella fase 3. I confronti vengono operati tra:

- L'HR medio tra quando il blu è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il verde è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il rosso è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il giallo è target e quando sono target gli altri colori.

E' importante notare che la scelta operata dal soggetto in fase 2 non rientra nell'analisi dei dati.

Esperimento n. 1

Per il campione è stata presa solo una frequenza cardiaca per ogni stimolo, al fine di evitare effetti di autocorrelazione. Gli stimoli erano 4 per ogni trial e i trial erano 60 per soggetto. In totale erano perciò disponibili 240 misure della frequenza cardiaca per soggetto. Hanno partecipato 24 soggetti, si ha così un totale di 5.760 frequenze cardiache disponibili per l'analisi dei dati.

I risultati mostrano che nel complesso, la media delle frequenze cardiache associate ai target (80,94) e quella associata ai non target (80,97) non si differenziano in modo significativo. Tuttavia, non appena si effettua l'analisi all'interno dei singoli colori si osservano forti differenze nei valori medi per i colori blu (t Student=10,74***) e verde (t Student=8,81***), come viene mostrato dal grafico riportato nella tabella 3.

E' stata effettuata una seconda analisi dei dati utilizzando il test del Chi Quadrato. La significatività statistica della differenza tra target e non target è stata calcolata confrontando il numero di misurazioni che erano superiori o inferiori alla baseline del singolo colore. Anche in questo caso si è osservata una forte significatività statistica, con valori del Chi Quadrato superiori a 30 ($p < 0,0000001$).

Nel complesso, i soggetti hanno indovinato il target nel 26,8% dei casi, valore che non si discostava in modo statisticamente significativo da quello atteso per effetto del caso: 25%.

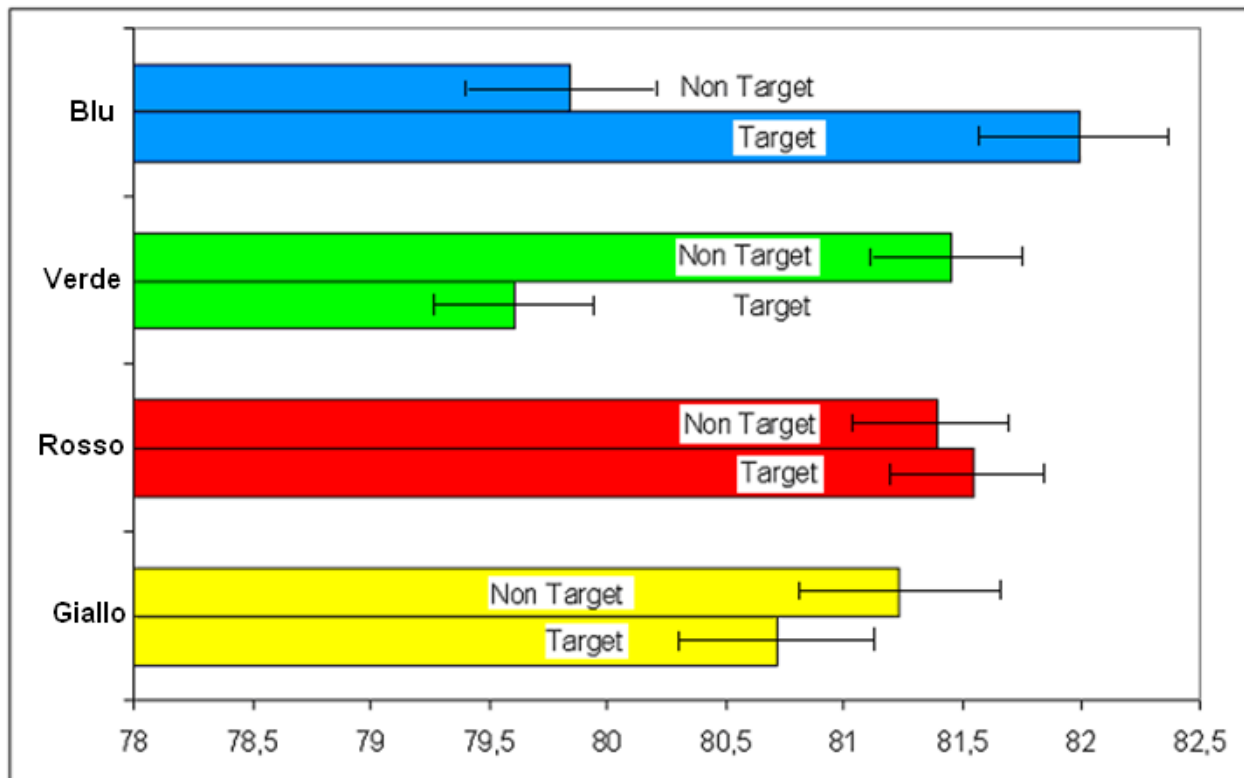


Tabella 3 – Frequenza cardiaca media per colore e target

Esperimento n. 2

Il primo esperimento ha fatto emergere una serie di domande alle quali si è cercato di rispondere inserendo una serie di controlli.

Le domande erano:



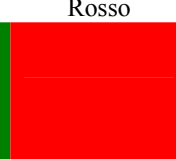



1. L'effetto retrocausale si osserva solo sui colori blu e verde?
2. L'effetto retrocausale si osserva solo sui colori?
3. L'effetto retrocausale si osserva solo quando il computer visualizza il feedback?

Al fine di rispondere a queste domande si è proceduto a riorganizzare l'esperimento in blocchi di 5 trial.


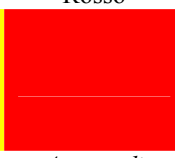
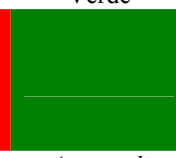
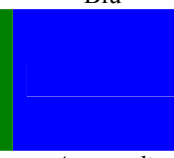
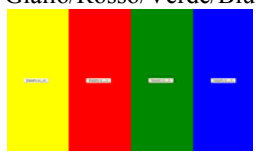

1. In 3 trial la sequenza di presentazione dei colori in fase 1 viene variata al fine di rispondere alla domanda 1;
2. In un trial invece dei colori si utilizzavano i numeri, al fine di rispondere alla domanda 2;
3. In un altro trial il feedback non veniva mostrato, al fine di rispondere alla domanda 3.

FASE 1 <i>Presentazione delle immagini e misurazione della frequenza cardiaca</i>	FASE 2 <i>Scelta</i> 	FASE 3 <i>Selezione Random</i> 
--	--	--


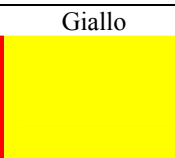
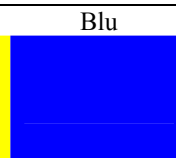
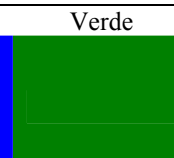


Trial 1

Blu  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Verde  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Rosso  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Giallo  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Blu/Verde/Rosso/Giallo 	Target: rosso  <i>Feedback</i>
---	---	---	--	---	--







Trial 2

Giallo  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Rosso  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Verde  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Blu  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Giallo/Rosso/Verde/Blu 	Target: verde  <i>Feedback</i>
--	---	---	---	---	--

Trial 3

Rosso  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Giallo  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Blu  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Verde  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Rosso/Giallo/Blu/Verde 	Target: rosso  <i>Feedback</i>
---	--	---	---	---	--

Trial 4

Blu  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Verde  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Rosso  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Giallo  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Blu/Verde/Rosso/Giallo 	Target: blu  NO - Feedback
---	---	---	--	---	---

Trial 5



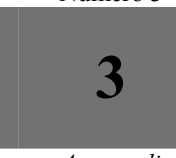
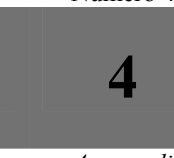
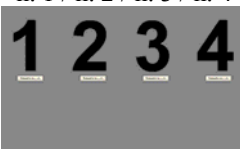
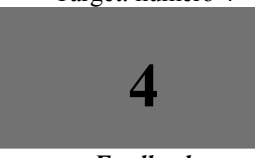
Numero 1  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Numero 2  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Numero 3  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	Numero 4  <i>4 secondi</i> <small>HR01 HR02 HR03 HR04</small>	n. 1 / n. 2 / n. 3 / n. 4 	Target: numero 4  <i>Feedback</i>
--	--	--	--	--	---

Tabella 4 – La successione dei 5 trial viene ripetuta 20 volte, giungendo così ad un totale di 100 trial per ogni soggetto.

In merito al campione, è stata utilizzata una frequenza cardiaca (HR) per stimolo, gli stimoli sono 4 per trial, i trial sono 100 per soggetto e i soggetti 23 soggetti per un totale di 9.200HR utilizzati nell'analisi dei dati.

I risultati hanno mostrato:

1. forti differenze nei valori medi degli HR misurati nella fase 1, in corrispondenza a tutti i colori target selezionati nella fase 3 e in corrispondenza anche ai numeri target. L'effetto non si presenta quindi solo sul blu e sul verde, ma su tutti i colori e non si presenta solo sui colori, ma anche sui numeri.
2. Assenza di effetto "retrocausale" nelle prove senza feedback.

Esperimento n. 3

Un possibile artefatto di questa seconda versione dell'esperimento consisteva nel fatto che i trial senza feedback venivano presentati sempre alla quarta posizione. E' stato quindi realizzato un breve esperimento di controllo nel quale la presentazione o meno del feedback veniva randomizzata.

In merito al campione è stato considerato un HR per stimolo, per 4 stimoli per trial, per 100 trial, per soggetto x 8 soggetti, arrivando così ad un totale di 3.200HR inseriti nell'analisi dei dati. Di questi 3.200HR, 2.596 erano associati a feedback mentre 604 non erano associati a feedback

Anche in questo controllo i risultati mostrano che, nel momento in cui il feedback è assente, l'effetto retrocausale scompare.

Come interpretare i dati?

Il disegno sperimentale basato sull'utilizzo di sequenze perfettamente random, quindi imprevedibili, come quelle utilizzate negli esperimenti appena descritti, impedisce che l'effetto osservato sia dovuto:

1. A regole implicite nella sequenza dei target, dal momento che nelle sequenze random manca, per definizione, qualunque regola che permetta di prevederle.
2. All'aspettativa. Infatti, un eventuale aumento della frequenza cardiaca dovuto all'aspettativa si distribuirebbe in modo casuale sui target e i non target, mentre i dati mostrano una forte e puntuale correlazione tra variazioni dell'HR e variazioni target/non target.
3. A cause precedenti l'effetto. L'assenza di effetto nella condizione "senza feedback" mostra chiaramente che l'effetto non può essere dovuto a cause antecedenti.

Considerazioni sull'analisi dei dati

Spesso l'effetto retrocausale si manifesta come un aumento dell'HR quando, per esempio, il blu è target; ma in alcuni soggetti lo stesso target produce un decremento dell'HR.

Quando si sommano effetti che vanno in direzioni opposte il risultato è un effetto nullo.

Per questo motivo la *t* di Student e l'ANOVA, che richiedono l'additività degli effetti, non sono adatte all'analisi dei dati in questo tipo di esperimenti. Al fine di evitare un errore di secondo tipo, nell'ultimo esperimento l'analisi dei dati viene condotta utilizzando il test del Chi Quadrato e dell'*F* di Fisher.

Esperimento n. 4: apprendimento versus retrocasualità

Studiando i pazienti neurologici con deficit decisionale, Damasio scoprì che tale deficit è sempre accompagnato da alterazioni nei sentimenti e nella capacità di sentire i propri vissuti emozionali (Damasio, 1994).

Damasio notò che specifiche lesioni della corteccia orbitofrontale (ventromediale), soprattutto in quei settori dell'encefalo che integrano i segnali provenienti dal corpo e che ne generano mappe, portavano all'assenza o alla imperfetta percezione delle sensazioni somatiche associate alle emozioni. L'autore descrive questi pazienti come caratterizzati dal *sapere ma non dal sentire*.

Nonostante l'integrità delle funzioni cognitive, i pazienti con lesione orbitofrontale (ventromediale) esibiscono un comportamento tipico che Damasio ha descritto come "*miopia rispetto al futuro*", e che genera l'incapacità di effettuare scelte vantaggiose.

Secondo l'ipotesi di Damasio, gli stati somatici e le emozioni fanno parte del circuito della ragione più che essergli d'intralcio, contribuiscono al processo decisionale in quanto consentono di operare scelte vantaggiose senza dover effettuare valutazioni vantaggiose.

Damasio descrive gli stati somatici associati alle emozioni nel modo seguente: "quando viene alla mente, sia pure a lampi, l'esito negativo connesso con una determinata opzione di risposta si avverte una sensazione spiacevole alla bocca dello stomaco. Dato che ciò riguarda il corpo, ho definito il fenomeno con il termine tecnico di stato somatico; e dato che esso "contrassegna" un'immagine, l'ho chiamato marcatore".

I marcatori somatici sono misurabili come risposte del sistema nervoso autonomo, in particolare indagando i parametri di:

- conduttanza cutanea;
- frequenza cardiaca;
- temperatura corporea.

A supporto dell'ipotesi dei marcatori somatici vengono portate evidenze cliniche e sperimentali. La maggior parte delle evidenze sperimentali deriva dai risultati ottenuti applicando il paradigma dell'Iowa Gambling Task (IGT), ideato da Bechara e coll. (Bechara, 1994). L'Iowa Gambling Task ha lo scopo di imitare la presa di decisione in situazioni simili a quelle che si presentano nella vita quotidiana (incertezza, premi/punizioni, ecc.).

Negli esperimenti sul gambling-task Damasio e Bechara (1994) registrano, nel parametro di conduttanza cutanea, 3 tipi di risposte neurovegetative:

Due “posticipate”:

1. dopo la gratificazione dovuta alla vincita;
2. dopo la punizione dovuta ad una perdita.

Una terza “anticipata”:

3. osservabile prima della determinazione della scelta, durante il periodo in cui il soggetto valuta quale mazzo di carte scegliere.

Damasio interpreta la reazione anticipata della conduttanza cutanea come un effetto dovuto all'apprendimento, mentre Tressoldi e Bierman suggeriscono che la terza risposta “anticipata” possa dipendere da meccanismi “retrocausali”, estendendo in questo modo il modello di Damasio e Bechara.

Procedura e analisi dei dati del quarto esperimento

E' stato quindi condotto un ultimo esperimento con lo scopo di evidenziare e dissociare le due componenti dell'effetto retrocausale e dell'effetto apprendimento.

Il trial sperimentale si differenzia rispetto agli altri esperimenti in quanto il computer, nella fase 3, estrae in modo random un numero da 1 a 100. Tuttavia, nel caso in cui il numero estratto sia compreso:

- tra 1 e 35 viene estratto il colore “fortunato” (35%);
- tra 36 e 50 viene estratto il colore “sfortunato” (15%);
- tra 51 e 75 viene estratto il primo colore “neutro” (25%);
- tra 76 e 100 viene estratto il secondo colore “neutro” (25%).

Lo stesso numero può essere selezionato nuovamente, rendendo così ogni estrazione totalmente indipendente dalle precedenti.

Come già detto l'effetto retrocausale si valuta confrontando i valori medi degli HR misurati nella fase 1 a seconda della selezione operata dal computer nella fase 3. I confronti vengono operati tra:

- L'HR medio tra quando il blu è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il verde è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il rosso è target e quando sono target gli altri colori.
- L'HR medio tra quando il giallo è target e quando sono target gli altri colori.

I trial vengono ripetuti 100 volte, è perciò possibile operare questo confronto per ciascuna frequenza cardiaca misurata nella fase 1.

L'effetto apprendimento si valuta, invece, confrontando i valori medi degli HR misurati nella fase 1 a seconda della scelta operata dal soggetto nella fase 2. I confronti vengono operati tra:

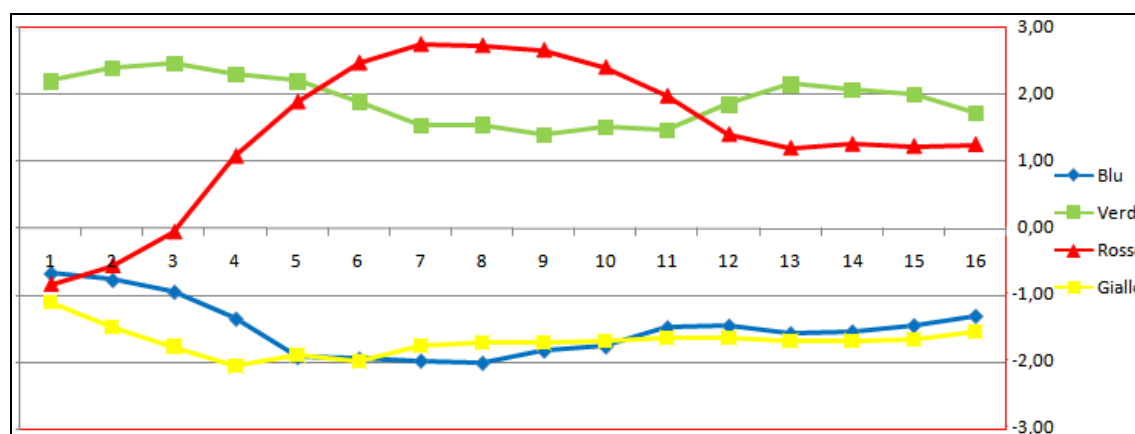
- L'HR medio tra quando il colore scelto è fortunato e la HR medio di quando il soggetto sceglie altri colori (sfortunato + neutri).
- L'HR medio tra quando il colore scelto è sfortunato e la HR medio di quando il soggetto sceglie altri colori (fortunato + neutri).
- L'HR medio tra quando il colore scelto è neutro e la HR medio di quando il soggetto sceglie altri colori (sfortunato + fortunato).

In questo esperimento, l'analisi dei dati si differenzia dalle precedenti in quanto i valori medi degli HR vengono calcolati unicamente all'interno di ciascun soggetto. Si è visto infatti che i soggetti mostrano l'effetto in direzioni diverse e che quando gli HR vengono sommati questi effetti opposti si annullano tra loro, portando a commettere un errore di secondo tipo. Per ogni soggetto viene prodotta una tavola che riporta per ognuna delle 16 frequenze cardiache rilevate in fase 1 la differenza delle medie per ogni colore rispetto a quando il colore è target e non target (fase 3).

FASE 3				
	Blu	Verde	Rosso	Giallo
HR 1:	-0,671	2,200	-0,840	-1,103
HR 2:	-0,772	2,399	-0,556	-1,471
HR 3:	-0,950	2,467	-0,056	-1,766
HR 4:	-1,353	2,310	1,080	-2,054
HR 5:	-1,928	2,204	1,894	-1,892
F HR 6:	-1,954	1,897	2,474	-1,993
A HR 7:	-1,982	1,535	2,752	-1,755
S HR 8:	-2,015	1,543	2,733	-1,704
E HR 9:	-1,831	1,397	2,665	-1,704
HR 10:	-1,770	1,508	2,407	-1,691
1 HR 11:	-1,482	1,468	1,981	-1,641
HR 12:	-1,458	1,853	1,404	-1,637
HR 13:	-1,572	2,154	1,199	-1,679
HR 14:	-1,544	2,079	1,260	-1,676
HR 15:	-1,452	1,994	1,226	-1,661
HR 16:	-1,311	1,727	1,255	-1,541

Tabella 5 – Differenze tra medie calcolate all'interno di un soggetto

Come si vedrà, questi valori di differenza di medie diventano le unità statistiche sulla cui base vengono effettuate le analisi per mezzo delle tabelle del Chi Quadrato. Questa stessa tabella può essere rappresentata graficamente (tabella 6). Ogni punto corrisponde alla differenza tra gli HR medi.



F
A
S
E

3

FASE 1

Tabella 6 – Rappresentazione grafica della differenze tra medie calcolate all'interno di un soggetto

E' importante già da ora notare una particolarità di questi risultati. Tressoldi ipotizzava che l'effetto si osservasse solo in coincidenza con la presentazione, in fase 1, del colore target. I risultati di questo esperimento mostrano invece che l'effetto si spalma su tutta la fase 1, indipendentemente dal colore presentato.

Risultati del quarto esperimento

- L'effetto retrocausale

E' possibile studiare l'effetto retrocausale complessivo grazie al test del Chi Quadro che confronta le frequenze osservate con quelle attese (in assenza di correlazione).

A tal fine è stata costruita una tabella scegliendo un valore di soglia, arbitrario, di 1,5. La tabella riporta quanti confronti di medie, operati per le 16 frequenze cardiache della prima fase e per ogni soggetto, superano la soglia di 1,5 e quanti sono inferiori alla soglia di -1,5. In questo modo effetti in direzione opposta vengono trattati separatamente e non vengono sommati tra di loro annullandosi.

Frequenze	Differenze			Totale
	Fino a -1,500	-1,499 a +1,499	+1,500 e oltre	
Osservate	1053 (17,83%)	3680 (63,89%)	1027 (18,28%)	5760 (100%)
Attese	781 (13,56%)	4225 (73,35%)	754 (13,09%)	5760 (100%)

Tabella 7 – Frequenze osservate e frequenze attese nella distribuzione delle differenze tra medie delle frequenze cardiache rilevate nella fase 1 dell'esperimento in base alla selezione del computer effettuata nella fase 3 (vedi tab. 5).

Operando in questo modo si ottiene un valore del Chi Quadrato pari a 263,86 fortemente significativo se si tiene conto che la significatività statistica dell'1/mille inizia da un valore di 13,81.

E' importante sottolineare che modificando il valore soglia di 1,5 (verso l'alto) si ottengono valori di significatività statistica più elevati.

A questo esperimento hanno partecipato 30 soggetti, i trial erano 100, per ogni trial venivano misurate 16 frequenze cardiache per un numero totale di frequenze cardiache misurate per ogni soggetto di 1.600. L'n corrisponde però al numero di confronti tra medie, in totale 5.760. Si tratta di un n conservativo, rispetto, al numero di frequenze cardiache misurate (48mila), fatto che esclude eventuali effetti di autocorrelazione. Il rischio di possibili effetti di autocorrelazione o di bias legati all'analisi statistica è stato escluso effettuando una serie di controlli con target fittizi (non presentati ai soggetti). L'analisi dei dati non ha mostrato correlazioni tra target fittizi ed HR misurate nella fase 1.

Lo stesso criterio delle tabelle del Chi Quadrato, può essere utilizzato per l'analisi dell'effetto retrocausale associato ad ogni singolo colore (tabella 8). In questa tabella vengono riportate le differenze che superano la soglia di 1,5 per colore. Si osserva in questo modo che l'effetto è forte su tutti i colori, anche se sul rosso e sul giallo la componente positiva e quella negativa sono simili; in un'analisi classica di confronto tra medie, l'effetto non si visualizzerebbe in quanto le due componenti si annullerebbero tra loro.

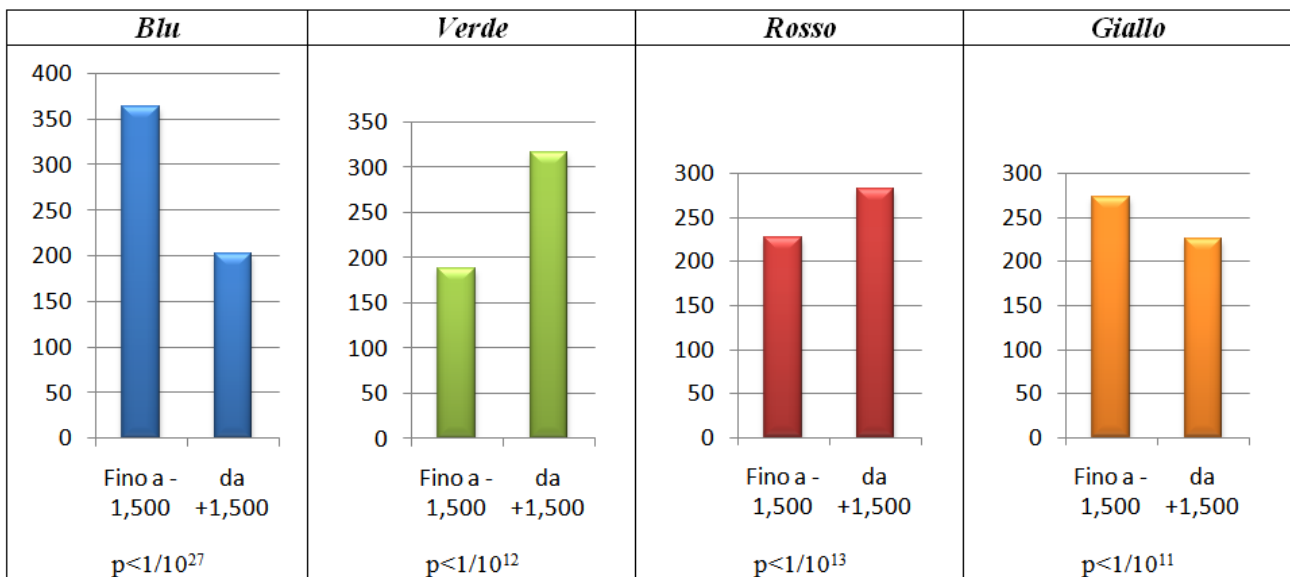


Tabella 8 – Effetti retrocausali, negativi e positivi, per colore. Mentre per il colore blu è marcato l'effetto con una diminuzione dei valori delle frequenze cardiache (HR) e nel verde con un aumento dei valori, per i colori rosso e giallo l'effetto si distribuisce, in modo più uniforme, sulla parte positiva (aumento dell'HR) e negativa (diminuzione dell'HR) diventando perciò invisibile per la t di Student e l'ANOVA.

- L'effetto apprendimento

I grafici riportati nella tabella 9 visualizzano le differenze medie delle frequenze cardiache (fase 1) per scelta operata dal soggetto (fase 2) all'interno di un soggetto. A sinistra viene riportato il grafico effettuato considerando le HR misurate nei primi 33 trial, a destra il grafico con le differenze tra le medie considerando le HR misurate negli ultimi 33 trial. Si vede come le differenze tra gli HR medi negli ultimi 33 trial si allontanano dal valore 0 (mancanza di effetto/correlazione).

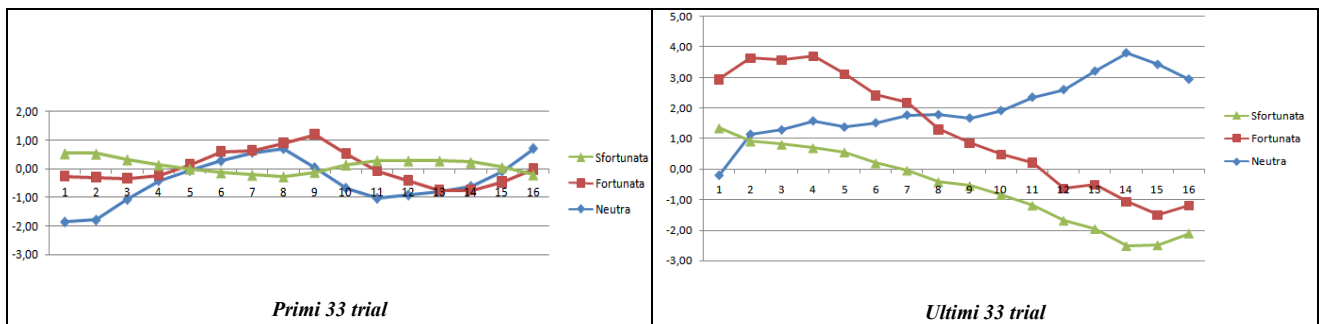


Tabella 9 – Rappresentazione grafica della tabella di feedback di un soggetto.

Effettuando l’analisi complessiva per mezzo del Chi Quadro su tutti i soggetti si ottiene nei primi 33 trial un effetto apprendimento con una significatività di $p < 1/1000$, nella parte centrale nessun effetto e nella parte finale un effetto con una probabilità di $p < 1/10^{22}$.

- *Interazione tra effetto retrocausale ed effetto apprendimento*

Nei precedenti esperimenti, in cui non era presente lo sbilanciamento delle estrazioni, cioè un colore fortunato, uno sfortunato e due neutri, l’effetto retrocausale risultava costante dall’inizio alla fine dell’esperimento. In questo esperimento si osserva un calo fortemente significativo dell’effetto retrocausale ($p = 0,0000000000000076$) nella parte centrale dell’esperimento (tabella 10). Questo calo dell’effetto retrocausale viene letto come interazione tra l’effetto retrocausale e l’effetto apprendimento.

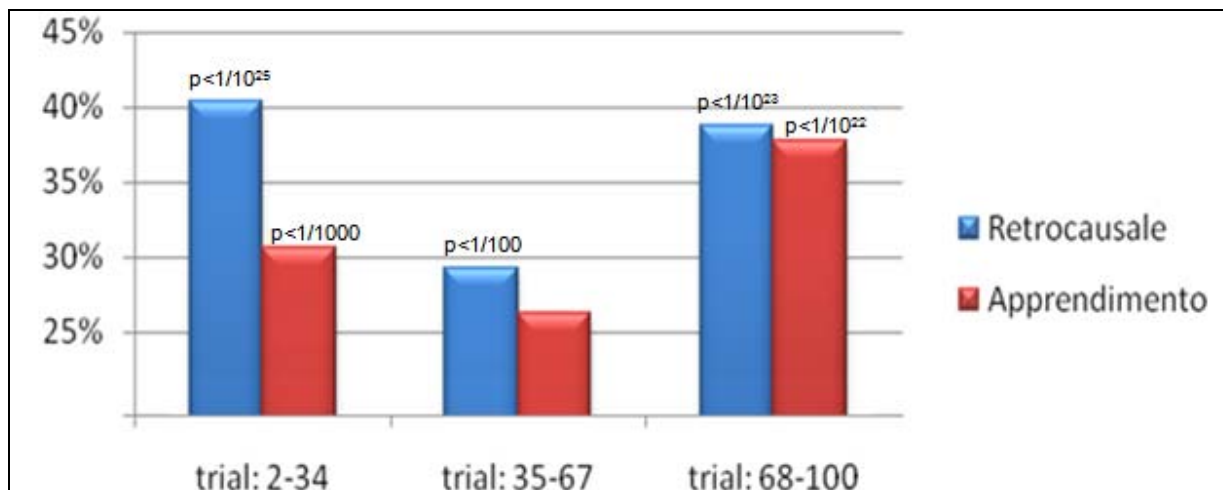


Tabella 10 – Interazione tra effetto retrocausale ed apprendimento

Conclusioni

Riassumendo:

1. Il primo esperimento ha mostrato forti differenze tra le frequenze cardiache misurate nella fase 1 per due colori blu e verde selezionati dal computer nella fase 3.
2. Il secondo esperimento ha mostrato forti differenze per tutti i colori e anche quando si usavano i numeri.
3. Il terzo esperimento ha mostrato l'assenza di effetto quando non veniva visualizzata la selezione operata dal computer.
4. Il quarto esperimento ha mostrato la presenza dell'effetto retrocausale su tutti i colori, ha mostrato la presenza dell'effetto apprendimento osservato da Damasio e ha mostrato un'interazione tra i due effetti.

Come interpretare i dati?

Secondo il modello della sintropia, le onde anticipate agirebbero innanzitutto tramite il sistema nervoso autonomo, sottoforma di sensazioni somatiche che orientano il comportamento della persona verso dei fini, delle cause collocate nel futuro.

Inoltre, secondo Fantappiè il sentimento di vita, e quindi la coscienza, sono una diretta conseguenza delle onde anticipate, cioè della soluzione negativa della funzione d'onda, e ciò potrebbe risultare non solo compatibile con il modello proposto da Damasio, ma rappresentarne anche un'estensione. Il *sentimento di fondo* ipotizzato da Damasio, inteso dall'autore come il "*sentimento della vita stessa, il senso di essere*" (Damasio, 1999) potrebbe coincidere con il *sentimento di vita* descritto da Fantappiè.

L'unica differenza rispetto all'ipotesi di Damasio è che, applicando il modello di Fantappiè, le emozioni e i sentimenti sarebbero, almeno in parte, anche il risultato di *stati futuri*.

Chris King (1996), infine, sostiene che ogni cellula e processo biologico sarebbero obbligati a scegliere tra informazioni che vengono dal passato e informazioni che vengono dal futuro. Come conseguenza di questo costante stato di scelta i sistemi biologici presenterebbero caratteristiche *caotiche*. Secondo King, di questo apparente caos si alimentano i processi della coscienza. Inserendo nei sistemi "caotici" degli attrattori (sintropia) si generano, infatti, come mostrato da Mandelbrot, figure complesse e allo stesso tempo ordinate, *i frattali*, che potrebbero guidare la crescita e l'evoluzione dei sistemi viventi.

In conclusione, tornando ai problemi aperti della teoria della mente, accennati nella prefazione, quando si allarga il modello di spiegazione alle onde anticipate, come hanno fatto Luigi Fantappiè e Chris King, si giunge ad ipotizzare che:

- Il **binding** possa essere la conseguenza delle proprietà coesive ed organizzatrici della sintropia.
- L'**intuizione** possa essere la conseguenza del fatto che, tramite i segnali somatici del sistema nervoso autonomo, siamo in grado di percepire i nostri stati futuri e modificare ed orientare in modo vantaggioso le nostre scelte.
- Il **libero arbitrio** sarebbe la conseguenza della duplice causalità, sollecitazioni dal futuro che vengono sperimentate nella forma di sensazioni somatiche e sollecitazioni dal passato che vengono

sperimentate nella forma di apprendimenti e processi cognitivi: in ogni istante il soggetto deve operare una scelta tra questi due diversi tipi di sollecitazioni.

- La **causalità mentale** viene spiegata come conseguenza del fatto che nella funzione d'onda relativizzata non vi è distinzione tra soluzione negativa (*res cogitans*) e soluzione positiva (*res extensa*), ma entrambe fanno parte della stessa equazione. Ciò confermerebbe la tesi di Damasio secondo la quale Cartesio avrebbe commesso un errore distinguendo la *res cogitans* dalla *res extensa*.

Bibliografia

- Bechara A., Tranel D., Damasio H. e Damasio A.R. (1996) *Failure to Respond to Anticipated Future Outcomes Following Damage to Prefrontal Cortex*, Cerebral Cortex, 1996, vol. 6, no. 2, p. 215;
- Bierman D.J. e Radin D.I. (1997) *Anomalous anticipatory response on randomized future conditions*. Perceptual and Motor Skills, 84, 689-690;
- Bierman D.J. e Scholte H.S., *A fMRI brain imaging study of presentiment*, in Journal of ISLIS, vol. 20-3, pp. 380-388;
- Damasio A.R. (1994) *L'errore di Cartesio*, Adelphi, Milano 1994;
- Damasio A.R. (1999) *Emozione e Coscienza*, Adelphi, Milano 1999;
- Di Corpo U. (1981) *Un nuovo approccio strutturale ai fondamenti della psicologia. Ipotesi teoriche ed esperimenti*. Tesi di laurea, Facoltà di Psicologia, Università di Roma "La Sapienza";
- Di Corpo U. (2007) *The conflict between entropy and syntropy: the vital needs model*, SSE Proceedings, Norway 2007, 132-137;
- Fantappiè L. (1944) *Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico*. Humanitas Nova, Roma 1944;
- King C.C. (1989) *Dual-Time Supercausality*, Physics Essays, Vol. 2(2): 128-151;
- King C.C. (1996) *Quantum Mechanics, Chaos and the Conscious Brain*, J Mind and Behavior, Vol. 18: 155-170;
- McCraty R., Atkinson M e Bradley R.T., *Electrophysiological evidence of intuition: Part 1. The surprising role of the heart*, in Journal of Alternative and Complementary Medicine, vol. 10, pp.133-143.
- McDonough B.E., Dons N.S. e Warren C.aA., *Differential event-related potentials to targets and decoys in a guessing task*, in Journal for Scientific Exploration, vol 16, pp. 187-206;
- Penrose R. (2005) *La strada che porta alla realtà: le leggi fondamentali dell'universo*, Rizzoli, Milano 2005;
- Spottiswoode P. e May E. (2003), *Skin Conductance Prestimulus Response: Analyses, Artifacts and a Pilot Study*, Journal of Scientific Exploration, Vol. 17, No. 4, 617-641;
- Tressoldi P. E. (2005) Martinelli M., Massaccesi S., e Sartori L., *Heart Rate Differences between Targets and Nontargets in Intuitive Tasks*, Human Physiology, Vol. 31, No. 6, 2005, pp. 646-650;
- Vannini A. (2008) *Quantum Models of Consciousness*, Quantum Biosystems, 2008, 2, pp. 165-184.
- Vannini A. (2010), *Un Modello Sintropico della Coscienza*, Tesi di dottorato, Università di Roma "La Sapienza", 6 Maggio 2010, <http://www.sintropia.it/thesis.pdf>.