

Reazione pre-stimolo della frequenza cardiaca

Antonella Vannini¹ e Ulisse Di Corpo²

Abstract

Vengono presentati i risultati di una primo esperimento esplorativo sulle reazioni prestimolo della frequenza cardiaca. In questo esperimento vengono mostrati, su un monitor di computer, i 4 colori di base (blue, verde, rosso e giallo) a tutto schermo ed in serie, ciascuno per un periodo di 4 secondi (*fase di presentazione*). Durante questa fase di presentazione viene misurata, ad intervalli regolari di 1 secondo, la frequenza cardiaca del soggetto attraverso una cardiofrequenzimetro (5 misurazioni per ogni colore). Successivamente, alla fine della presentazione in serie dei singoli colori, questi vengono mostrati sul monitor diviso in quattro quadranti colorati, ed il compito del soggetto consiste nel tentare di indovinare il colore che verrà poi selezionato dal computer attraverso un procedimento random (*fase di scelta*). Dopo la scelta del soggetto, il computer seleziona il colore target e lo mostra a tutto schermo (*fase di selezione e presentazione del target*).

I risultati di questa prima ricerca mostrano che, seppure la scelta del soggetto sia totalmente casuale (in media i soggetti indovinano nel 25% dei casi), si osserva una forte differenza prestimolo nella frequenza cardiaca durante la presentazione del colore che, successivamente, verrà selezionato dal computer (target). Per i colori blue e verde tale differenza è, in media, di 2 battiti cardiaci per minuto. Più precisamente, nei casi in cui il blue è il target si osserva, nella fase di presentazione del colore blue, un aumento anticipato della frequenza cardiaca di oltre 2 battiti per minuto, mentre quando il computer seleziona il colore verde si osserva, sempre nella fase di presentazione di tale colore, una diminuzione

¹ antonella.vannini@gmail.com

² ulisse.dicorpo@gmail.com

anticipata della frequenza cardiaca di circa 2 battiti al minuto. Questa differenza risulta essere fortemente significativa da un punto di vista statistico.

1. Introduzione

Le risposte anticipatorie prestimolo sono reazione neurofisiologiche che si attivano prima che lo stimolo si manifesti al soggetto e prima che lo stimolo stesso venga determinato. In altre parole, la risposta anticipatoria si attiva prima che il soggetto possa disporre di indicazione o suggerimenti in merito a quale stimolo verrà attivato. Nella letteratura scientifica è possibile rinvenire studi che mettono in risalto il ruolo del sistema neurovegetativo nelle risposte anticipatorie prestimolo, ad esempio:

- *Risposta anticipatoria prestimolo nella frequenza cardiaca.* Nell'articolo "Heart Rate Differences between Targets and Nontargets in Intuitive Tasks" (Tressoldi e coll., 2005), 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.
- *Risposta anticipatoria prestimolo nella conduttanza cutanea.* Nel 2003 Spottiswoode e May, del Cognitive Science Laboratory, hanno replicato gli esperimenti di 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 anticipatori osservando una forte significatività statistica con probabilità di errore inferiore a 0,0005 (Spottiswoode e May, 2003).

E' possibile, inoltre, rinvenire studi che mostrano l'esistenza di effetti *retrocausali*, ad esempio:

- Nel 1979 fu avviato il laboratorio PEAR (Princeton Engineering Anomalies Research) sotto la direzione di Robert Jahn, allora preside della facoltà di Ingegneria e Scienze applicate

dell'Università di Princeton, allo scopo di studiare le interazioni anomale pilota-macchina osservate sui caccia militari prodotti dalla McDonald Douglas. In sintesi, nei momenti di forte stress si osservavano anomalie nel funzionamento dei computer di bordo. Il PEAR, assieme ad un consorzio di altri istituti di ricerca universitari, ha confermato tali interazioni, utilizzando sistemi REG che producono distribuzioni gaussiane estremamente precise. Ad esempio, quando il soggetto sperimentale tenta di distorcere le distribuzioni gaussiane con il semplice uso della intenzionalità, si osservano spostamenti dei valori medi statisticamente significativi (seppur lievi da un punto di vista quantitativo). Ancora più intrigante è il fatto che quando il soggetto sperimentale tenta di distorcere distribuzioni REG prodotte in anticipo rispetto all'espressione dell'intenzionalità da parte del soggetto, si osserva un effetto amplificato. La significatività statistica di questa amplificazione dell'effetto è estremamente elevata, con una probabilità di errore inferiore a 0,000000001 (Jahn, 2005).

2. Scelta dello strumento per la rilevazione della frequenza cardiaca

Le prime prove dell'esperimento sono state realizzate utilizzando strumenti di laboratorio standard per la rilevazione dei parametri neurofisiologici. Durante queste prove sono emersi alcuni problemi di difficile soluzione. Gli strumenti erano infatti corredati da software che non rispondevano alle esigenze di sincronizzazione delle rilevazioni neurofisiologiche con la presentazione delle immagini a computer. Inoltre, i produttori di questi strumenti non erano disposti a fornire le chiavi per il dialogo e l'acquisizione dei dati tramite la porta seriale, impedendo di fatto lo sviluppo di software da parte degli sperimentatori. Gli strumenti di laboratorio rinvenuti sul mercato presentavano sempre questo limite: software preconfezionato e impossibilità di disporre delle chiavi per il dialogo diretto con lo strumento.

L'indagine è perciò stata allargata a strumenti alternativi, giungendo alla scoperta di cardiofrequenzimetri di alta qualità utilizzati nel training sportivo, collegabili a PC e che potevano essere sincronizzati perfettamente (al millesimo di secondo) con le immagini visualizzate su monitor.

Dopo un'attenta ricognizione è stato scelto il sistema "home training" della SUUNTO (www.suunto.com), composto da una cintura toracica per la rilevazione della frequenza cardiaca e da una interfaccia USB (PC-POD) che riceve istantaneamente le misure effettuate dalla cintura toracica utilizzando segnali radio digitali e codificati che garantiscono l'assenza di interferenze. La scelta di questo strumento ha portato ad optare per la realizzazione di un esperimento sulla falsariga di quello condotto da Tressoldi e collaboratori nel 2005.



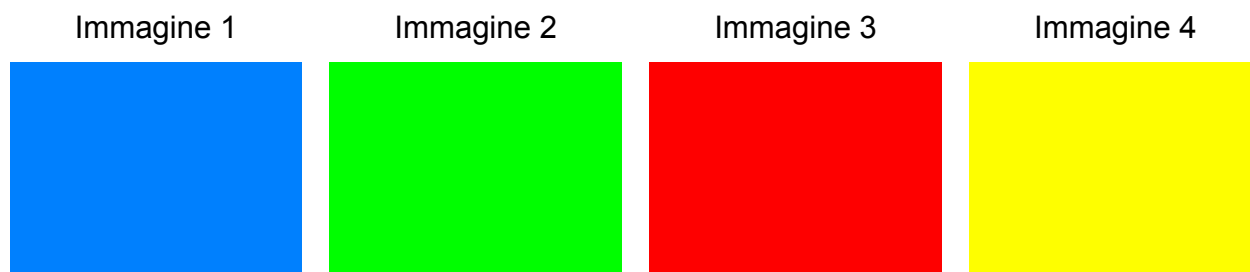
Fig. 1 Cardiofrequenzimetro della SUUNTO
composto da cintura toracica e radio-ricevitore USB

Il sistema SUUNTO rileva la frequenza cardiaca del soggetto ogni secondo e memorizza questo dato associandovi l'informazione dell'ora esatta (minuto, secondo, millesimo di secondo). E' perciò stato possibile realizzare un software specifico per la realizzazione dell'esperimento. Il software è stato realizzato per PC utilizzando Visual Basic 2005. Si è dedicata una particolare attenzione alla sincronizzazione tra il cardiofrequenzimetro e le immagini presentate al computer, raggiungendo una precisione nell'ordine del millesimo di secondo.

3. Descrizione dell'esperimento

Ogni trial dell'esperimento è composto da 3 fasi:

1. *Fase di presentazione delle immagini:* vengono presentate in sequenza, sul monitor del computer, 4 immagini a tutto schermo. La prima consiste in una schermata di colore blue, la seconda in una schermata di colore verde, la terza in una schermata di colore rosso e l'ultima in una schermata di colore giallo. Ogni immagine viene presentata per 4 secondi. Il soggetto deve semplicemente guardare le immagini e, durante la loro presentazione, la sua frequenza cardiaca viene rilevata ad intervalli fissi di 1 secondo. Per ogni immagine si hanno così 5 rilevazioni: una all'inizio, 3 intermedie e una alla fine. E' importante sottolineare che la presentazione dell'immagine viene sincronizzata al millesimo di secondo con la rilevazione della frequenza cardiaca. Questa sincronizzazione si effettua intervallando le sequenze, quando necessario, con una immagine bianca, per il tempo strettamente necessario alla realizzazione della sincronizzazione.



Tab. 1 - Immagini presentate in sequenza a tutto schermo. Ogni immagine viene presentata per 4 secondi esatti e la frequenza cardiaca rilevata 5 volte durante questo intervallo.

2. *Fase di scelta:* alla fine della presentazione delle 4 immagini viene presentata un'unica immagine formata da 4 barre di colore (blue, verde, rosso e giallo) al centro delle quali è presente un pulsante. Il soggetto deve premere il pulsante corrispondente al colore che ritiene sarà successivamente scelto dal computer. Si chiede cioè al soggetto di indovinare il colore che sarà scelto dal computer.



3. *Fase di selezione e presentazione del target*: non appena il soggetto sceglie un colore il computer effettua la selezione del target grazie ad una procedura random (di selezione causale) alla fine della quale visualizza il colore selezionato, a tutto schermo, sul monitor del computer.

L'esperimento è composto da 20 trial e si svolge in circa 7 minuti. Ad ogni soggetto è stato richiesto di ripetere per tre volte l'esperimento.

4. Il campione

L'esperimento è stato condotto su un campione di 24 soggetti con età compresa tra i 15 e i 75 anni, 14 erano femmine e 10 maschi. La sequenza sperimentale veniva presentata ad ogni soggetto 3 volte, per una durata complessiva dell'esperimento di poco più di 20 minuti. La frequenza cardiaca associata alle 4 immagini (4 colori) veniva rilevata 1.200 volte per ogni soggetto, fornendo in questo modo un campione di frequenze cardiache adatto al calcolo della significatività statistica all'interno anche dei singoli soggetti.

5. I risultati

Per *target* si intende il colore scelto dal computer alla fine della sequenza dei 4 colori e dopo la scelta operata dal soggetto sperimentale.

Prendendo in esame tutte le frequenze cardiache rilevate (28.800) si osserva che la frequenza cardiaca associata ai target (valore medio 80,94) e quella associata ai non target (valore medio 80,97) non si differenziano in modo significativo. Tuttavia, non appena si effettua l'analisi all'interno dei singoli colori, si osservano forti differenze della frequenza cardiaca per i colori blue (target 81,99 e non target 79,84) e verde (target 79,60 e non target 81,45) differenza che per il blue corrisponde ad un valore della t di Student pari a 10,74, mentre per il verde ad un valore di 8,81.

Un valore della t di Student pari a 3,291 è significativo allo 0,001, cioè indica che esiste meno di una probabilità su 1.000 di sbagliare quando si afferma che la differenza (in questo caso tra target e non target) non è dovuta al caso; un valore della t di Student di 8,81 porta la probabilità di sbagliare a diventare praticamente nulla e consente perciò di affermare, quasi con assoluta certezza, l'esistenza di una differenza tra target e non target non dovuta al caso e, di conseguenza, la reale esistenza di un effetto anticipatorio prestimolo della frequenza cardiaca.

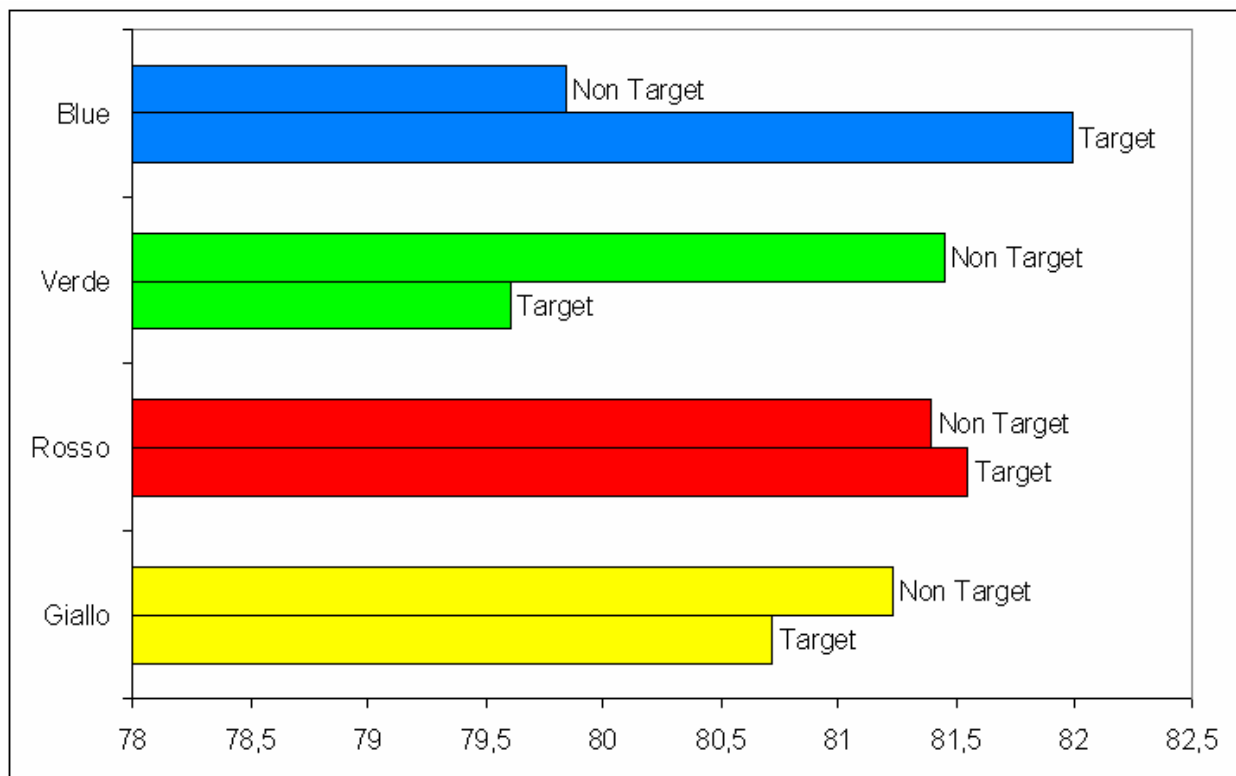


Fig. 2 – Frequenza cardiaca per colore e target

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 (la significatività statistica di $p < 0,001$ si raggiunge con valori pari a 10,8).

E' importante sottolineare che, nonostante la forte anticipazione mostrata dalla frequenza cardiaca, non si osserva alcuna abilità dei soggetti nell'indovinare il colore che sarà selezionato dal computer. Nel complesso, i soggetti hanno indovinato il target nel 26,8% dei casi, una volta ogni 4, come ci si attende nel caso di una scelta totalmente casuale. In altre parole, la parte razionale, cosciente, non sembra in grado di disporre delle informazioni anticipatorie che caratterizzano invece la frequenza cardiaca.

E' importante sottolineare anche che esistono forti differenze interindividuali. Mentre nel complesso tutti i soggetti confermano la tendenza verso l'aumento della frequenza cardiaca nei target di colore blue e la diminuzione della frequenza cardiaca nei target di colore verde, due soggetti hanno presentato risultati esattamente opposti, e fortemente significativi da un punto di vista statistico. Inoltre, sembra esistere un'impronta caratteristica di ciascun soggetto che si mantiene costante dall'inizio alla fine delle prove sperimentali.

6. Interpretazione e modello teorico

Dopo aver effettuato un'attenta ricerca nell'ambito dei modelli quantistici della coscienza, l'unico modello che sembra offrire una spiegazione agli effetti anticipatori della frequenza cardiaca sembra essere il modello delle onde anticipate, che consegue all'unione della relatività ristretta con la meccanica quantistica.

Che cosa significa unire la relatività ristretta con la meccanica quantistica?

L'equazione base della relatività ristretta è la famosa equazione energia, momento, massa:

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

in cui E è l'energia dell'oggetto, m la sua massa e p il suo momento (la velocità). Questa equazione si semplifica nella famosa **$E=mc^2$** quando la velocità è uguale a zero ($p=0$).

L'equazione base della meccanica quantistica è invece l'equazione d'onda di Schrödinger, simbolizzata come ψ .

Nel 1926 i fisici Klein e Gordon unirono l'equazioni energia, momento, massa (relatività ristretta) con l'equazione d'onda di Schrödinger (meccanica quantistica) giungendo alla seguente equazione:

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

Come si vede, la soluzione dell'equazione di Klein e Gordon dipende da una radice quadrata che porta sempre ad una duplice soluzione: una positiva dove le onde si muovono dal passato verso il futuro e una negativa dove le onde si muovono a ritroso nel tempo, dal futuro verso il passato.

Negli anni '30 la soluzione negativa venne rifiutata in quanto ritenuta impossibile, anche se le evidenze sperimentali ne davano continua conferma (come, ad esempio, il neg-elettrone di Dirac, il positrone di Anderson e l'antimateria). Questo rifiuto ha impedito di integrare la relatività ristretta con la meccanica quantistica e ha mantenuto fino ad oggi queste due discipline separate. Ogni tentativo di conciliare la meccanica quantistica con la relatività ristretta passa infatti attraverso la necessaria accettazione dell'esistenza di onde che si muovono a ritroso nel tempo. Ultimamente, Cramer (fisico della Washington State University) ha mostrato che solo quando si accetta come reale la possibilità di onde che si muovono a ritroso nel tempo i misteri della meccanica quantistica (dualità onda/particella e non-località) diventano delle necessarie manifestazioni della duplice natura delle onde e dello scorrere del tempo (Cramer, 1988).

Nel 1941 il matematico italiano Luigi Fantappiè, sviluppando la duplice soluzione delle onde dell'equazione di Klein e Gordon, giunse alla dimostrazione matematica che la soluzione

positiva, che descrive onde (o particelle) che si propagano in avanti nel tempo, è governata dalla legge dell'entropia (dissipazione, disordine e morte termica), mentre la soluzione negativa, che descrive onde (o particelle) che si propagano a ritroso nel tempo, è governata da una legge simmetrica che Fantappiè denominò sintropia e di cui elencò puntualmente le proprietà matematiche, tra le quali:

- concentrazione di energia;
- differenziazione;
- creazione di strutture;
- creazione di ordine.

Fantappiè rinvenne le proprietà di questa seconda legge nei sistemi viventi, giungendo così alla conclusione che i sistemi viventi sono, nella loro essenza, sistemi attratti dal futuro, e di conseguenza sistemi anticipatori. Questo approccio è stato sempre rifiutato come impossibile, portando la scienza ad autolimitarsi a modelli e spiegazioni di tipo meccanico (Fantappiè, 1991).

I risultati, fortemente significativi, dell'esperimento presentato in queste pagine e la costanza dei risultati si pongono a sostegno dell'ipotesi che le onde anticipate siano reali e che i sistemi viventi siano sistemi anticipatori, attratti dal futuro.

6. Conclusioni: importanza di questi risultati

Sembra che esistano una serie di limiti teorici che rendono impossibile dimostrare l'esistenza delle onde anticipate nei laboratori di fisica, ad esempio:

- Secondo Luigi Fantappiè, le onde anticipate non obbediscono alla causalità classica, di conseguenza non possono essere studiate per mezzo di esperimenti che obbediscono al metodo sperimentale classico (Fantappiè, 1942).

- In base all'elettrodinamica di Wheeler e Feynman, gli emettitori coincidono con campi ritardati, che si propagano dal passato verso il futuro, mentre gli assorbitori coincidono con campi anticipati che si propagano a ritroso nel tempo, dal futuro verso il passato. Questo modello simmetrico sul piano temporale porta a predire gli stessi risultati dell'elettrodinamica classica. Per questo motivo negli esperimenti di laboratorio è impossibile distinguere, dal punto di vista temporale, tra causalità classica e causalità simmetrica (Wheeler and Feynman, 1949).
- Nella sua interpretazione transazionale della meccanica quantistica, Cramer afferma che *“La natura sembra ingaggiata in un'interazione retrocausale. Ma l'utilizzo di questo meccanismo non sembra essere disponibile per l'indagine sperimentale, anche al livello microscopico. La transazione completa cancella infatti gli effetti anticipati, in modo che nessun segnale anticipato sembra essere possibile. Il futuro può influenzare il passato solo in modo indiretto, offrendo possibilità per le transazioni”* (Cramer, 1986).

Al contrario, secondo Fantappiè i sistemi viventi sono una diretta conseguenza delle onde anticipate e della retrocausalità (legge della sintropia), e di conseguenza dovrebbe essere possibile osservare e studiare la retrocausalità e l'anticipazione utilizzando i sistemi viventi.

I risultati sperimentali appena descritti sembrano confermare che l'anticipazione sia di fatto una caratteristica della vita e, di conseguenza, di tutto l'universo sia esso fisico come biologico.

7. Bibliografia

1. Cramer J.G., *The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics*, Reviews of Modern Physics, July 1986, 58:647-688;
2. Fantappiè L., *Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico*, Di Renzo Editore, Roma, 1991;

3. Jahn R. (2005) and Dunne B.J., *The Pear Proposition*, Journal of Scientific Exploration, Vol. 19, No. 2, pp. 195-245.
4. Spottiswoode P. (2003) and May E., *Skin Conductance Prestimulus Response: Analyses, Artifacts and a Pilot Study*, Journal of Scientific Exploration, Vol. 17, No. 4, pp. 617-641.
5. Tressoldi P. E. (2005), Martinelli M., Massaccesi S., and Sartori L., *Heart Rate Differences between Targets and Nontargets in Intuitive Tasks*, Human Physiology, Vol. 31, No. 6, 2005, pp. 646–650.