

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa"



DOTTORATO DI RICERCA IN

SCIENZE DELLA FORMAZIONE E DELLA COMUNICAZIONE
XXV ciclo

Benessere della persona, salute e comunicazione interculturale

**STRESS INCIDENTALE E DECISION MAKING:
L'IMPATTO DELLO STRESS TRANSITORIO E CRONICO
SULLA PRESA DI DECISIONE IN CONDIZIONE DI AMBIGUITA'**

Coordinatore: Prof.ssa Ottavia ALBANESE

Tutor: Prof.ssa Fabrizia MANTOVANI

Tesi di dottorato di: Federica Manuela Pallavicini

Matricola: 734161

Anno Accademico 2011/2012

INDICE

RIASSUNTO	7
ABSTRACT.....	12
INTRODUZIONE.....	17
<u>PARTE PRIMA: INTRODUZIONE TEORICA.....</u>	<u>22</u>
CAPITOLO 1 - LA PRESA DI DECISIONE	22
1 INQUADRAMENTO TEORICO.....	22
1.1 Modelli normativi	23
1.2 Modelli descrittivi.....	25
1.3 Approccio naturalistico.....	26
2 NEUROBIOLOGIA DELLA PRESA DI DECISIONE	29
2.1 Architettura neurale della presa di decisione.....	29
2.2 Modelli sperimentali d'indagine della presa di decisione	32
CAPITOLO 2 - L'INFLUENZA DELLE EMOZIONI SUL PROCESSO DECISIONALE	33
1 EMOZIONI INCIDENTALI E PRESA DI DECISIONE	34
1.1 Emozioni transitorie.....	34
1.2 Affetti disposizionali.....	36
2 EMOZIONI INTEGRATE E PRESA DI DECISIONE	37
2.1 Emozioni anticipate	37
2.2 Emozioni anticipatorie.....	38
3 PROCESSI EMOTIVI AUTOMATICI E PROCESSI DECISIONALI: L'IPOTESI DEL MARCATORE SOMATICO	39
3.1 Nascita e sviluppo.....	39
3.1.1 Il caso di Phineas Gage e di Elliot.....	40
3.1.2 L'Ipotesi del Marcatore Somatico	41
3.2 Evidenze sperimentali.....	42
3.2.1 L'Iowa Gambling Task.....	42
3.2.2 La Risposta di Conduttanza Cutanea	44
3.3 Principali critiche.....	44
3.3.1 Penetrabilità cognitiva dell'Iowa Gambling Task.....	45
3.3.2 Meccanismi alternativi potenzialmente sottesi alla prestazione decisionale	46
3.3.3 Versione modificata dell'Iowa Gambling Task.....	46
3.3.4 Problemi collegati alla Risposta di Conduttanza Cutanea.....	49
3.3.5 Utilizzo esclusivo della Risposta di Conduttanza Cutanea.....	51
CAPITOLO 3 - LA PRESA DI DECISIONE IN CONDIZIONE DI STRESS	52
1 COS'È LO STRESS?.....	52
1.1 Definizioni di stress	53
1.1.1 Seyle e il modello di stress basato sulla risposta	53
1.1.2 Modelli centrati sulla valutazione degli stimoli.....	54
1.2 Fisiologia della risposta a stressor	55
1.3 Stress e differenze di genere	56
2 STRESS E RICADUTE SUL FUNZIONAMENTO DELLA CORTECCIA PREFRONTALE	57
2.1 La corteccia prefrontale	57
2.2 Il ruolo della corteccia prefrontale nella risposta allo stress.....	60
2.3 Corteccia prefrontale, stress e funzionamento cognitivo.....	60
2.3.1 Stress e capacità di giudizio.....	61

2.3.2 Stress e attenzione.....	62
2.3.3 Stress e velocità di decisione	62
2.3.4 Stress e memoria.....	63
3 L'EFFETTO DELLO STRESS INCIDENTALE SULLA PRESA DI DECISIONE.....	63
3.1 Effetti dello stress transitorio.....	64
3.1.1 Funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotive.....	64
3.1.2 Modifica della capacità di spostamento del focus attentivo	66
3.1.3 Alterazione della sensibilità a premi e punizioni.....	67
3.2.1 Funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotiva.....	69
3.2.1 Modifica della capacità di spostamento del focus attentivo	69
3.1.3 Alterazione della sensibilità a premi e punizioni.....	70
3.3 Differenze di genere nell'impatto dello stress incidentale sui processi decisionali .	70
3.3.1 Stress Transitorio e differenze di genere nella presa di decisione.....	71
3.3.2 Stress Cronico e differenze di genere nella presa di decisione.....	72
PARTE SECONDA: STUDI SPERIMENTALI.....	74
CAPITOLO 4 - PRIMO STUDIO	79
1 INTRODUZIONE TEORICA	79
2 STRUMENTI E METODOLOGIA	83
2.1 Obiettivi e ipotesi.....	83
2.2 Partecipanti	85
2.3 Disegno Sperimentale.....	86
2.4 Induzione di stress transitorio.....	86
2.5 Compito decisionale: l'Iowa Gambling Task.....	88
2.5.1 Versione dell'IGT utilizzata e razionale.....	91
2.6 Assessment psicométrico.....	93
2.6.1 Questionari psicométrici di tratto	93
2.6.2 Questionari psicométrici di stato	94
2.7 Assessment psicofisiologico.....	94
2.7.1 Baseline ed esposizione agli stimoli.....	95
2.7.2 Risposte precedenti le scelte.....	96
2.7.3 Risposta alle punizioni.....	98
2.8 Procedura	99
3 ANALISI DEI DATI.....	101
3.1 Performance decisionale.....	101
3.2 Attività psicofisiologica.....	101
4 RISULTATI.....	102
4.1 Variabili clinico-epidemiologiche	102
4.2 Risultati relativi al manipulation check	103
4.2.1 Questionari psicométrici di stato	103
4.2.2 Indici psicofisiologici	107
4.3 Performance decisionale.....	112
4.4 Risposta precedente le scelte	114
4.4.1 Onde Beta	114
4.4.2 Onde Alpha.....	121
4.5 Risposta alle punizioni.....	128
4 DISCUSSIONE	131
CAPITOLO 5 - SECONDO STUDIO	137
1 INTRODUZIONE.....	137
2 STRUMENTI E METODOLOGIA	141

2.1 Obiettivi e ipotesi.....	141
2.2 Partecipanti	145
2.3 Disegno Sperimentale	145
2.4 Induzione di stress transitorio	146
2.5 Compito decisionale: l'Iowa Gambling Task	146
2.6 Assessment psicometrico	148
2.7 Assessment psicofisiologico	148
2.7.2 Risposte precedenti le scelte	149
2.8 Procedura	150
3 ANALISI DEI DATI	152
3.1 Performance decisionale	152
3.2 Attività psicofisiologica	152
4 RISULTATI.....	152
4.1 Variabili clinico-epidemiologiche	152
4.2 Risultati relativi al manipulation check	154
4.2.1 Questionari psicometrici di stato	154
4.2.2 Indici psicofisiologici	160
4.3 Performance decisionale	167
4.4 Risposta precedente le scelte	174
4.4.1 Onde Beta	174
4.4.2 Onde Alpha	186
4.5 Risposta alle punizioni	194
5 DISCUSSIONE	197
CAPITOLO 6 - CONCLUSIONI E FUTURE LINEE DI RICERCA	205
<u>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</u>	<u>213</u>

Alla mia famiglia e a Giacomo

RIASSUNTO

Introduzione Lo stress e la presa di decisione sono fenomeni intimamente connessi e l'effetto dello stress sulla qualità delle decisioni è un tema di grande interesse e dalle forti ricadute potenziali (Starcke and Brand 2012). Fino ad oggi, la maggior parte delle ricerche presenti in letteratura sul tema si sono limitate a studiare gli effetti dello *stress incidentale* sulla presa di decisione in *condizioni di rischio*, ossia in compiti decisionali con regole esplicite, governati principalmente dal funzionamento di processi esecutivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Nella vita quotidiana, tuttavia, spesso le persone si trovano a decidere in *condizioni ambigue*, senza avere a disposizione elementi completi sui quali basare le proprie scelte, come quando ad esempio, devono scegliere fra carriera e famiglia o se accettare o rifiutare un nuovo lavoro. Durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che, come dimostrato in numerosi studi, sono modificate nel loro funzionamento sia dallo *stress transitorio* (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009) che dallo *stress cronico* (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008). Lo stress, inoltre, ha ricadute differenti sul funzionamento della corteccia prefrontale negli uomini e nelle donne (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997) e ciò potrebbe avere effetti diversi sui meccanismi psicofisiologici alla base di compiti decisionali ambigui. Sono diversi i meccanismi psicofisiologici alla base della presa di decisione che si ipotizza possano essere danneggiati da *stressor* incidentali (Starcke and Brand 2012). In particolare tale condizione potrebbe modificare il funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte indice di *arousal* emotivo (Bechara and Damasio 2005), la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009) o, ancora, potrebbe modificare la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

Scopo Obiettivo principale degli studi è stato quello di cercare di rispondere ad alcune delle numerose domande di ricerca ancora aperte sul tema stress e presa di decisione e, in particolare, di verificare in modo approfondito le ricadute dello *stress incidentale*, sia *transitorio* che *cronico*, sulla presa di decisione in condizione di ambiguità, tenendo conto dei limiti che hanno caratterizzato le ricerche precedenti e cercando di mettere a punto una metodologia di studio ad hoc che potesse superare tali limitazioni. Gli studi, inoltre, sono stati ideati con lo scopo di verificare empiricamente le differenze di genere osservate in letteratura circa l'impatto dello stress transitorio su tali processi decisionali (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007) e di indagare in modo approfondito i diversi meccanismi psicofisiologici coinvolti nel processo decisionale che si ipotizza possano essere danneggiati dalla presenza di stress incidentale, quali il funzionamento delle risposte pre-scelta legate a meccanismi emotivi automatici (Bechara and Damasio 2005) e a processi attentivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), così come la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

Gli elementi d'innovatività del presente lavoro sono diversi e comprendono: (1) approfondimento dell'argomento stress incidentale e presa di decisione, tema rilevante e con importanti ricadute nella vita quotidiana delle persone ma ancora poco esplorato a livello scientifico; (2) messa a punto di una metodologia di studio innovativa per lo studio dei processi psicofisiologici durante la presa di decisione in condizione di ambiguità, al fine di superare i limiti metodologici che caratterizzano gli studi presenti in letteratura su tale tematica.

Il lavoro di tesi si è articolato in due studi: il primo, che ha coinvolto 39 soggetti, è stato condotto con l'obiettivo di offrire un'indagine sistematica dell'effetto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale in compiti ambigui, (Preston, Buchanan et al. 2007), mentre il secondo studio, che ha incluso un campione di 75 individui, è stato dedicato alla verifica delle ricadute dello stress cronico sulla prestazione decisionale in condizione di ambiguità, nonché sui possibili effetti congiunti fra stress cronico e stress transitorio sulla qualità delle decisioni.

Metodo Negli studi lo stress transitorio è stato indotto attraverso lo Stroop Color-Word Interference Test (Stroop 1935), un compito cognitivo utilizzato in letteratura per l'induzione di stress in ambito di laboratorio (MacLeod 1991; Renaud and Blondin

1997; Roelofs, Elzinga et al. 2005). Scale psicometriche self-report (Misura dello Stress Percepito, MSP; State-Trait Anxiety Inventory Form Y, STAI-Y; Visual Analogue Scale for Anxiety, VAS-A) sono state adottate per la misura del livello di stress cronico e di ansia di stato dei partecipanti. La prestazione decisionale in compiti ambigui è stata valutata attraverso l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994). Negli studi, in particolare, è stata utilizzata una versione di tale compito decisionale priva di limiti temporali. Al fine di misurare le modifiche psicofisiologiche che precedevano e seguivano le scelte nel compito decisionale, è stata registrata l'attività elettroencefalografica delle onde Beta, legate a processi di *arousal* emotivo (Nikulin and Brismar 2004) e Alpha frontali, misura di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), precedenti le singole scelte decisionali da compiere durante l'IGT. Inoltre, negli studi è stata registrata, attraverso elettromiografia facciale, l'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, indice di risposte emozioni negative (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), mostrate in risposta alle punizioni incontrate lungo l'IGT.

Risultati Negli studi, sia i partecipanti esposti a stress transitorio che quelli cronicamente stressati hanno mostrato prestazioni decisionali svantaggiose all'IGT, suggerendo che entrambe le tipologie di stress transitorio possono avere un impatto negativo in compiti decisionali ambigui.

Negli studi, inoltre l'effetto dello stress incidentale sulla prestazione complessiva all'IGT, sia transitorio sia cronico, non è stato diverso in base al genere degli individui. Lo stress cronico, tuttavia, ha avuto un impatto diverso sugli uomini e sulle donne del nostro campione nelle diverse fasi dell'IGT e tale risultato offre preliminari evidenze circa il fatto che lo stress cronico potrebbe avere, in base al genere degli individui, un impatto negativo sul funzionamento di processi diversi coinvolti nel processo decisionale in compiti ambigui. Nei nostri studi, in generale, non è stato osservato un effetto congiunto fra le due tipologie di stress incidentale sulla prestazione decisionale. Tuttavia, è interessante notare che, dividendo il campione in base al genere dei partecipanti, mentre donne cronicamente stressate hanno mostrato prestazioni addirittura migliori all'IGT dopo essere state esposte a stress transitorio, uomini stressati cronici, viceversa, hanno mostrato performance migliori quando non esposti allo *stressor*. Tali risultati, complessivamente, offrono preliminari evidenze circa il fatto che lo stress transitorio ha un impatto negativo sulla prestazione decisionale in un

compito ambiguo negli individui cronicamente stressati di genere maschile. Viceversa, nel caso di donne con stress cronico, l'esposizione a uno stress transitorio può addirittura migliorare la presa di decisione in condizione di ambiguità.

Riguardo il funzionamento dei meccanismi psicofisiologici, lo stress cronico, così come lo stress transitorio, nei nostri studi ha modificato il funzionamento delle risposte di *arousal* emotivo e dei livelli di attenzione sostenuta che precedevano le scelte all'IGT e la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose. In particolare, sia i partecipanti stressati cronicamente che quelli esposti a stress transitorio hanno mostrato immediatamente prima delle scelte valori di attivazione nelle onde Beta significativamente minori, rispettivamente, di quelle osservate negli individui non stressati cronici e di quelli non esposti allo *stressor*. Tali risultati offrono preliminari evidenze a sostegno del fatto che, come affermato dall'*Ipotesi del Marcatore Somatico* di Damasio (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara and Damasio 2005), mentre normalmente in compiti decisionali ambigui gli individui sono guidati favorevolmente dalle risposte emotive automatiche che precedono le scelte, stati somatici non collegati alle scelte, come quelli legati ad una condizione di stress incidentale, sia transitorio che cronico, influenzano in modo negativo il funzionamento di tali risposte automatiche. In secondo luogo, lo stress transitorio, così come lo stress cronico ha significativamente aumentato il livello di attivazione delle onde Alpha frontali, suggerendo che sia l'esposizione a *stressor* acuti che la presenza di stress cronico, possono danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile, con effetti negativi in un compito decisionale in cui, come nel caso dell'IGT, è necessario essere in grado di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005). Infine, negli studi gli individui esposti a stress transitorio hanno mostrato una minor attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio in seguito alle punizioni durante l'IGT, indice di una minor sensibilità agli esiti sfavorevoli delle scelte. Inoltre, individui cronicamente stressati hanno avuto risposte emotive negative indipendenti dall'entità della punizione, al contrario di quanto osservato in individui non stressati cronici, suggerendo che lo stress cronico possa causare una sensibilità alle perdite scollegata dall'entità della punizione. Tali risultati offrono preliminari evidenze a favore dell'ipotesi secondo la quale sia lo stress transitorio sia lo stress cronico possono portare modifiche importanti nel sistema mesolimbico dopaminergico (DA), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello.

Conclusioni I risultati emersi nei nostri studi indicano che lo stress incidentale, sia transitorio che cronico, ha un impatto negativo sulla presa di decisione in compiti ambigui. Per quanto riguarda le differenze di genere, i risultati osservati negli studi mostrano che lo stress transitorio ha un impatto negativo sulla prestazione decisionale negli individui cronicamente stressati di genere maschile. Viceversa, nel caso di donne con stress cronico, l'esposizione a uno stress transitorio può addirittura migliorare la presa di decisione in condizione di ambiguità. Infine, riguardo i meccanismi psicofisiologici sottostanti a tale processo decisionale, i nostri studi offrono preliminari evidenze circa il fatto che lo stress cronico, così come lo stress transitorio, modifica il funzionamento di diversi meccanismi psicofisiologici sottostanti al processo decisionale, in particolare delle risposte di *arousal* emotivo e dei livelli di attenzione sostenuta immediatamente precedenti le scelte e la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose.

Il presente lavoro appare offrire un avanzamento significativo circa la comprensione scientifica degli effetti dello stress cronico e transitorio e degli effetti congiunti di queste tipologie di stress incidentale sulla presa decisionale in compiti ambigui, una condizione che, spesso, interviene nella vita quotidiana degli individui, con ricadute importanti sia a livello personale sia in ambito professionale. Inoltre, è importante evidenziare che la metodologia ideata nel presente lavoro potrà essere utilizzata in futuro per lo studio dei meccanismi psicofisiologici sottesi alla presa di decisioni, costituendo un metodo innovativo nell'indagine di tale tematica.

Infine, i risultati raccolti offrono preliminari indicazioni per l'ideazione di programmi d'intervento finalizzati a ridurre le conseguenze negative dello stress sulla presa decisionale, con un impatto potenzialmente rilevante sia a livello di salute pubblica che dal punto di vista economico.

ABSTRACT

Introduction Stress and decision making are intricately connected phenomena. The effect of stress on the decision's quality is an appealing topic that it is believed to be relevant to public health and society in general (Starcke and Brand 2012). To date much research has focused on the effects of incidental stress on decision making *under risk* only, i. e., decisional tasks with explicit rules that are mainly managed by operative executive processes (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008).

However, in everyday life, decisions must be made *under ambiguity*, that is taking a choice without knowing all the necessary elements, for example, choosing between career and family or accepting a new job. Throughout these types of decisional tasks, different areas of the prefrontal cortex play an important role (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000). Several studies demonstrated that these anatomical regions of the brain can be modified in action by both the *acute stress* (Bandler, Keay et al., 2000; Cerqueira, Mailliet et al., 2007; Arnsten 2009) and the *chronic stress* (Radley, Rocher et al., 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007, Holmes and Wellman 2008). Moreover, stress has different consequences on prefrontal cortex functioning in men and women (Herman, Prewitt et al., 1996; Herman and Cullinan 1997). Stress, in addition, may differently affect the psycho-physiological mechanisms underlying ambiguous decision making tasks. It is assumed that the *incidental stressor* can disrupt several psycho-physiological mechanisms that underlying decision making processes (Starcke and Brand 2012). In particular, this condition may affect the emotional automatic signals that immediately precede the choosing act (Bechara and Damasio, 2005), it may influence the ability to switch attention flexibly in human being (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009), or it may modify individual sensitivity to outcomes of disadvantageous choices (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007, Petzold, Plessow et al., 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

Aim this research faced some research questions about stress and decision making that were still un-reply in the literature. In particular, our aim aim was to analyze in depth the consequences of *incidental stress*, both *chronic* and *acute*, on decision making under

ambiguity, taking into account the limitations that characterized previous researches and developing an *ad hoc* methodology to overcome these limits. The research studies have been tailored designed to empirically verify gender differences - that have been observed in the literature about the incidental stress impact on decision making processes (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007) - and to investigate in depth the different psycho-physiological mechanisms involved during the decision making, which is assumed to be disrupted by incidental stress, such as the functioning of the pre-selection response related to emotional arousal (Bechara and Damasio, 2005) and to attentional processes (Al 'Absi, Hugdahl et al., 2002; Het, Ramlow et al., 2005; Preston, Buchanan et al., 2007; Starcke, Wolf et al., 2008), as well as the individual sensitivity to outcomes of disadvantageous choices (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

The innovative aspects of this work are several, including: (1) an in depth-analysis of the effects of incidental stress on decision making, a relevant topic with important consequences in people daily-life, but that is so far few scientifically explored; (2) developing of an highly innovative method for the study of psycho-physiological mechanisms underlying decision making under ambiguity, in order to go beyond methodological limits of previous reseraches.

This thesis is structured into two studies: the *first* one, which included 39 subjects, was aimed at providing a systematic investigation of incidental stress effects on decision making performance under ambiguity (Preston, Buchanan et al. 2007). The *second* study, instead, which involved 75 individuals, was focused on verifying chronic stress effects in decision making performance in ambiguous conditions and on analyzing possible combined effects between chronic stress and acute stress affecting decision quality.

Method the Stroop Color-Word Interference Test (Stroop 1935) has been used as acute stressor in the studies. In literature, this is a well-known cognitive task that is used to induce stress in the laboratory (MacLeod 1991; Renaud and Blondin 1997; Roelofs, Elzinga et al., 2005). Self-report psychometric scales (Measurement of Perceived Stress, MSP; State-Trait Anxiety Inventory Form Y, STAI-Y; Visual Analogue Scale for Anxiety, VAS-A) have measured participants chronic stress levels and anxiety status. Decision making performance under ambiguity was assessed by the Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994). In particular, in the studies, a free-time limit

version of IGT has been adopted. In order to measure the psycho-physiological changes that preceded individual's choices during the completion of the decision making task, the Beta wave activity, a signal which is associated with emotional arousal processes (Nikulin and Brismar 2004), as well as the frontal Alpha, a sustained attention index (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), has been recorded through electroencephalogram. In addition, in the studies the activation of the corrugator supercilii muscle, which is a negative emotion replies index (Larsen, Norris et al., 2003; Blumenthal, Cuthbert et al., 2005), that occurs in the IGT task in response to punishment, was recorded through a facial electromyography.

Results Both acutely stressed and chronically stressed participants have shown poor decision performance in the IGT, suggesting that both types of incidental stress have a negative impact on decision-making under ambiguity.

Results, moreover, did not show different effects of incidental stress, both the chronic and the acute ones, on men and women. However, chronic stress had different consequences depending on gender during the different phases of the IGT, giving preliminary evidences about the fact that such type of stress could have different effects on processes involved during decision making under ambiguity in men and women. In our study, at-large, a combined effects between chronic stress and acute stress on decision quality was not observed. However, dividing our sample according to the gender, while chronically stressed women showed better IGT performances after being exposed to acute stress, chronically stressed men, instead, were characterized by worse performance after being exposed to stressors. These results give initial evidences about the negative impact of acute stress on decision making performance in chronically stressed men. Differently, in chronically stressed women, the exposition to an acute stressor can even improve decision quality.

Regarding psycho-physiological mechanisms underlying decision making under ambiguity, both the acute stress and the chronic altered the functioning of the pre-selection response process related both to the emotional mechanisms and to the attentional processes (Al 'Absi, Hugdahl et al., 2002; Het, Ramlow et al., 2005; Preston, Buchanan et al., 2007; Starcke, Wolf et al., 2008), as well as the individual sensitivity to outcomes of disadvantageous choices. In particular, both acutely stressed and chronically stressed participants showed lower Beta wave activation levels before choosing compare to non-chronically stressed individuals and to those that was not

exposed to the stressor. These results give preliminary evidences that, as sustained by Damasio's *Somatic Marker Hypothesis* (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara and Damasio 2005), while, usually, during decision making under ambiguity, individuals are positively guided by automatic emotional responses that precede choices, somatic states that are not related to decisions, such as incidental stress, affect the functioning of these signals. Moreover, both acute stress and chronic stress have significantly increased front Alpha wave activation level, showing that both types of incidental stress could impair individuals' ability to focus their attention in a flexible way, with negative effects in a decision task that, as the IGT, requires people to shift attention and to be able to learn new information (Brand, Fujiwara et al. 2005). Finally, acutely stressed participants showed lower activation of the corrugator supercilii muscle in response to punishments during the IGT. In addition, chronically stressed individuals had negative emotion responses not related to the punishment size, differently from individuals not affected by chronic stress, suggesting that chronic stress can cause a punishment insensitivity independently from the punishment extent. These data suggest that both acute and chronic stress modify the dopaminergic mesolimbic system (DA), which is at the core of the brain's reward and punishment system.

Conclusions These findings show that incidental stress, both the chronic and the acute ones, negatively affects decision making in ambiguous tasks. Gender differences observed in the studies are likely to suggest a negative stress impact on decision making performance of chronically stressed men. Instead, chronically stressed women are more likely to improve their decisions in ambiguous conditions after being exposed to acute stress. Finally, this research demonstrates that both chronic and acute stress can modify several psycho-physiological mechanisms underlying decision making processes. In particular, in our studies, stress affected arousal emotional responses and sustained attention levels just before choosing, and the individual sensitivity to punishment. Our work gives a significant advancement in the scientific knowledge on the effects of acute and chronic stress on decision making processes under ambiguity, an appealing topic that often occurs in people's daily-life, with significant effects both in personal and professional contexts. Moreover, the methodology developed in the present work could be used in future research on the psycho-physiological mechanism underlying decision making, providing a significant advancement in the empirical study of these phenomena.

Finally, collected results of our studies gives preliminary directions for the designing of decision making under stress training programs, with an impact that could be relevant to public health.

INTRODUZIONE

Numerose decisioni devono essere prese in condizioni di stress, così come molte scelte elicitano stress di per sé. Investitori finanziari, ad esempio, devono frequentemente scegliere in condizioni di forte pressione temporale (Porcelli and Delgado 2009), così come medici ed operatori sanitari prendono decisioni legate alla sopravvivenza dei pazienti in condizioni di intenso stress (Kozena and Frantik 2001).

Decidere può essere fonte di *stress integrale*, ovvero di una condizione di stress legata alle stesse scelte e alle conseguenze che tali decisioni potrebbero avere nel lungo periodo. Capita, ad esempio, quando le persone devono decidere se sacrificare la propria vita privata a favore della carriera professionale o, ancora, se accettare o rifiutare un'operazione che comporta numerosi rischi, ma che contemporaneamente potrebbe avere un impatto positivo sulla propria salute.

Capita frequentemente, inoltre, che le decisioni debbano essere prese in condizioni di *stress incidentale*, ossia sotto l'influenza di uno stress indipendente dalla situazione oggetto della scelta, che può essere *transitorio*, ossia acuto e temporaneo, o *cronico*. Può succedere, ad esempio, che le persone debbano decidere dopo un evento stressante (come un incidente stradale o la comunicazione di una grave notizia circa la salute dei propri familiari) o, ancora, che gli individui, nel momento in cui sono chiamati a decidere, siano in una condizione di stress cronico, come quella "lavoro-correlato".

Lo stress, inoltre, ha importanti conseguenze negative sulla salute che, oltre ad aumentare le probabilità di sviluppare disturbi fisici e psichici (Rozanski, Blumenthal et al. 1999; Hammen 2005; Antoni, Lutgendorf et al. 2006), amplificano indirettamente le possibilità di mantenere abitudini dannose per la salute, come fumare, bere alcolici o avere una dieta non equilibrata (McEwen 2008; Jackson, Knight et al. 2010; Juster, McEwen et al. 2010), ovvero comportamenti decisionali dalle alte ricompense immediate, ma con gravi conseguenze nel lungo periodo.

Lo stress e la presa di decisione (in inglese *decision making*), di conseguenza, sono fenomeni intimamente connessi e l'effetto dello stress sulla qualità delle decisioni è un tema di grande interesse e dalle forti ricadute potenziali (Starcke and Brand 2012).

La scoperta dei correlati fisiologici e neurobiologici alla base dell'influenza delle emozioni sulla capacità di prendere decisioni, così come delle differenze individuali che potrebbero influenzare tale aspetto del decision making, è l'ambizioso obiettivo di un numero crescente di autori, come dimostrato dalla letteratura sul tema (Kurzban and Houser 2001; McCabe, Houser et al. 2001).

Fino ad oggi, la maggior parte delle ricerche presenti in letteratura sul tema si sono limitate a studiare gli effetti dello *stress incidentale* sulla presa di decisione in *condizioni di rischio*, ossia in compiti decisionali con regole esplicite, governati principalmente dal funzionamento di processi esecutivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Nella vita quotidiana, tuttavia, le persone si trovano spesso a decidere invece in *condizioni ambigue*, senza avere a disposizione elementi completi sui quali basare le proprie scelte, come quando ad esempio, devono scegliere fra carriera e famiglia o se accettare o rifiutare un nuovo lavoro.

Durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che sono modificate nel loro funzionamento sia dallo stress transitorio (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009) sia dallo stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008).

Sono diversi i meccanismi che si ipotizza possano essere danneggiati da *stressor* incidentali (Starcke and Brand 2012).

In primo luogo, lo stress incidentale può avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte legate ad un *arousal* (attivazione) emotivo (Bechara and Damasio 2005). Numerosi lavori hanno evidenziato l'effetto benefico di tale tipologia di processi emotivi automatici sul processo di presa decisionale in compiti ambigui (Bechara, Damasio et al. 2000; Dunn, Dalgleish et al. 2006) e una fra le ipotesi più importanti circa questo tema è quella del *Marcatore Somatico*, avanzata da Damasio (Bechara, Damasio et al. 1994; Damasio 1996). Secondo tale ipotesi, le decisioni che devono essere prese in situazioni d'incertezza e ambiguità sono guidate dai cosiddetti *marcatori somatici*, definiti come “stati somatici

legati all'esito di scelte precedenti", che normalmente guidano gli individui durante le decisioni, agendo come segnali di allarme poco prima di operare una scelta e portando le persone a scegliere in modo vantaggioso.

Lo stress transitorio, inoltre, così come una condizione di stress cronico, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009) con conseguenze negative in compiti in cui è necessario che gli individui siano in grado di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005).

Infine, alcuni studi sostengono che lo stress incidentale, attraverso modifiche nel funzionamento del sistema dopaminergico mesolimbico (DA), può modificare la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012), anch'essa collegata al comportamento esibito in compiti decisionali ambigui (Bechara and Damasio 2002).

A dispetto di tali evidenze e della rilevanza del tema, attualmente gli studi riguardo all'impatto dello stress incidentale sulla presa di decisione in condizione di ambiguità sono numericamente limitati.

Inoltre, nonostante la rilevanza dell'Ipotesi del *Marcatore Somatico* e l'impatto che questa ha avuto nello studio dell'influenza dei processi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità, sono numerosi i limiti metodologici che la caratterizzano, legati allo strumento di indagine utilizzato, l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994) e all'indice psicofisiologico adottato come misura delle risposte fisiologiche automatiche, la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC).

All'interno di questa cornice, il presente lavoro è stato ideato per offrire, grazie alla realizzazione di studi empirici ed una dettagliata rassegna teorica, un esame sistematico dell'effetto dello stress transitorio sulla presa di decisione in condizione di ambiguità.

Obiettivo principale dei presenti studi è stato quello di cercare di rispondere ad alcune delle diverse e numerose domande di ricerca ancora aperte sul tema stress e presa di decisione e, in particolare, di verificare in modo approfondito le ricadute dello *stress incidentale*, sia *transitorio* che *cronico*, sulla presa di decisione in condizione di

ambiguità, cercando di mettere a punto una metodologia di studio *ad hoc* che potesse superare i limiti che hanno caratterizzato le ricerche precedenti su tale argomento.

Gli studi, inoltre, sono stati ideati con lo scopo di verificare empiricamente le differenze di genere osservate in letteratura circa l'impatto dello stress transitorio su tali processi decisionali (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007), e di indagare in modo approfondito i diversi meccanismi psicofisiologici coinvolti nel processo decisionale che si ipotizza possano essere danneggiati dalla presenza di stress incidentale, quali il funzionamento delle risposte pre-scelta legate a meccanismi emotivi automatici (Bechara and Damasio 2005) e a processi attentivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), così come la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

La tesi si divide in due parti: una parte teorica (Capitoli da 1,2 e 3), nella quale sarà fornito l'inquadramento teorico utilizzato per la costruzione del paradigma di ricerca; una parte empirica (Capitoli 4, 5 e 6) in cui verranno presentati gli studi sperimentali realizzati e discussi i principali risultati ottenuti.

Il Capitolo 1, sarà focalizzato sui principali aspetti teorici presenti in letteratura sulla presa di decisione. Dopo una rassegna sui principali quadri teorici, sarà approfondita la neurobiologia della presa di decisione, al fine di offrire un riferimento concettuale sulle tematiche oggetto della tesi.

Nel Capitolo 2 verrà affrontata l'influenza delle emozioni sul processo decisionale, in primo luogo focalizzandosi sull'impatto delle emozioni incidentali sulla presa di decisione e, successivamente, sulle ricadute delle emozioni integrate. Ampio spazio sarà poi dato all'*Ipotesi del Marcatore Somatico*, una delle più rilevanti ipotesi teoriche sull'influenza delle risposte emotive automatiche che precedono le scelte, operazionalizzate da Damasio in termini di "marcatori somatici", al fine di offrire un dettagliato quadro teorico e metodologico che costituirà la cornice agli studi sperimentali.

Con il Capitolo 3, dedicato all'approfondimento dell'influenza dello stress sulla capacità decisionale, si concluderà la prima parte d'inquadramento teorico della tesi. Dopo una breve rassegna storica dei principali modelli teorici sullo stress, saranno presentati i legami a livello cerebrale fra lo stress e la presa di decisione e le ricadute di questo sul funzionamento cognitivo coinvolto nel processo decisionale. Infine, sarà

fornita una rassegna circa i principali risultati degli studi presenti in letteratura sulle ricadute dello stress incidentale, transitorio e cronico, sulla capacità di scelta delle persone, tema principale degli studi sperimentali.

Oggetto del Capitolo 4 sarà il primo studio sperimentale condotto nella ricerca, focalizzato sull'impatto dello stress transitorio in un compito decisionale ambiguo, mentre il Capitolo 5 sarà dedicato al secondo studio sperimentale, ideato per la verifica empirica delle ricadute dell'interazione fra stress transitorio e stress cronico sui processi decisionali in condizione di ambiguità.

Il Capitolo 6 offrirà, infine, una discussione generale dei risultati ai quali sono giunti i diversi lavori di ricerca presentati e alcune indicazioni per future ricerche nell'ambito dello studio dell'impatto dello stress sulla presa di decisione.

In breve, gli elementi d'innovatività del presente lavoro sono diversi e comprendono:

- Approfondimento dell'argomento stress incidentale e presa di decisione, tema rilevante e con importanti ricadute nella vita quotidiana delle persone ma ancora poco esplorato a livello scientifico;
- Messa a punto di una metodologia di studio innovativa per lo studio dei processi psicofisiologici durante la presa di decisione in condizione di ambiguità, al fine di superare i limiti metodologici che caratterizzano gli studi presenti in letteratura su tale tematica.

In termini d'impatto e benefici attesi, il presente lavoro, innanzitutto, intende offrire un significativo avanzamento nello stato dell'arte circa le conoscenze scientifiche nell'ambito di ricerca sulla presa decisionale in condizione di stress. Inoltre, i risultati raccolti potrebbero offrire preliminari indicazioni per l'ideazione di programmi d'intervento finalizzati a ridurre le conseguenze negative dello stress sulla presa decisionale, che potrebbero avere un impatto rilevante sia a livello di salute pubblica che dal punto di vista economico.

PARTE PRIMA: INTRODUZIONE

TEORICA

CAPITOLO 1 - LA PRESA DI DECISIONE

1 Inquadramento teorico

La presa di decisione (o *decision making*) è un termine usato in letteratura per descrivere il processo attraverso il quale l'uomo prende delle decisioni. Tale attività richiede il coinvolgimento di diverse strutture cognitive, le quali permettono agli individui di valutare e interpretare gli eventi, al fine di scegliere fra diverse possibilità. Decidere comporta l'integrazione di numerose informazioni e l'individuazione delle strategie di pensiero più opportune per compiere una scelta corretta.

La presa di decisione non è un processo unitario e può essere suddivisa dal punto di vista funzionale e temporale in processi parzialmente distinti, ovvero: (1) la valutazione e la costituzione di preferenza fra diverse opzioni; (2) la selezione e (3) l'esecuzione di un'azione; (4) la valutazione delle conseguenze della scelta effettuata, che dipende dalla differenza fra le conseguenze attese rispetto a quelle esperite (Simon 1960; Brim 1962; Dewey 1978).

Tale processo di ragionamento, inoltre, non sempre avviene in modo pianificato attraverso l'adozione di strategie esplicite basate su confronti e ipotesi. A differenza di quanto ipotizzato dalle prime teorie che si sono occupate di questo tema, dette normative (Bernoulli 1738; Von Neumann and Morgenstern 1943; Simon 1955), l'uomo non è un sempre un decisore razionale, ossia non sempre segue specifiche leggi per compiere una scelta. Nella realtà quotidiana, infatti, le persone spesso decidono in modo automatico, senza avere piena consapevolezza della situazione e delle possibilità fra le quali possono scegliere e violando le norme che dovrebbero guidarli verso la soluzione migliore. Tale osservazione è nata grazie agli studi in ambito cognitivo che mirano a descrivere il processo decisionale tenendo conto dei limiti della razionalità umana e dei fattori che spesso lo condizionano (Tversky and Kahneman 1974; Harsanyi

1977; Tversky and Kahneman 1981; Segal 1988; Loomes, Starmer et al. 1991). Grazie a questi modelli teorici, detti anche descrittivi, si è arrivati a definire e focalizzare gli studi su specifiche dimensioni critiche che possono avere conseguenze importanti sulla presa decisionale, ovvero: (1) la presa di decisione è spesso associata a una condizione d'incertezza, dove non si conoscono con esattezza tutti i diversi possibili esiti delle alternative a disposizione; (2) ogni possibile scelta possiede un valore specifico, che deriva dalla possibilità di ricompensa o punizione associata al risultato della decisione presa; (3) le azioni passate e i risultati a esse connessi influenzano la valutazione delle diverse scelte possibili; (4) numerose decisioni non sono prese dalla persona in quanto singolo, ma fra più individui o all'interno di gruppi di persone; (5) la presa di decisione è un processo legato al contesto specifico ed è quindi difficile individuare regole e leggi generali.

1.1 Modelli normativi

Le prime considerazioni sulla presa di decisione sono state fatte nel diciassettesimo secolo nell'ambito degli studi rivolti alla comprensione dei meccanismi attraverso i quali poter scommettere saggiamente nei giochi di fortuna. Blaise Pascal, matematico e filosofo della fine del Seicento, riconobbe che, calcolando la probabilità dei diversi risultati in un gioco d'azzardo, uno scommettitore perfettamente informato poteva essere in grado di scegliere l'opzione con la migliore combinazione di valore (v) e probabilità (p), ossia sulla base del "valore atteso" (Pascal 1670).

In seguito a queste prime osservazioni, nel corso degli anni si sono sviluppati, soprattutto in ambito economico, i cosiddetti modelli normativi, che analizzano il comportamento del singolo decisore. Tale modello presuppone che chi decide agisca in modo perfettamente razionale, prendendo in considerazione tutte le scelte conosciute e possibili, tenendo conto di tutte le informazioni necessarie per valutare le conseguenze di ogni opzione e ordinando le varie alternative per scegliere quella che ha individuato come la migliore. Il valore atteso, tuttavia, pur essendo un ottimo paradigma nel ristretto ambito di studio in cui è nato, ovvero in situazioni di giochi d'azzardo, è spesso, al contrario, un predittore scadente delle scelte reali delle persone. Non è sempre possibile, infatti, applicare tale principio a ogni situazione, poiché non sempre si può convertire il

risultato di un'azione in un corrispettivo valore monetario, Ad esempio, uno studente che deve scegliere l'università che più gli interessa e che più lo renderà felice non può fare un semplice calcolo di ottimizzazione dell'utilità attesa, ma deve tener conto anche di altri fattori ancor più complessi.

Daniel Bernoulli nel 1738 (Bernoulli 1738) tenne per primo conto di questi limiti del paradigma del valore atteso e ipotizzò che le decisioni dipendessero non tanto dalla ricerca del risultato oggettivamente migliore, quanto dall'interesse o utilità (u) che gli esiti rappresentano per il decisore, ovvero il valore "morale" e non semplicemente monetario dei risultati. Per primo l'autore sottolineò l'importanza della componente soggettiva del decisore. Tali osservazioni hanno portato allo sviluppo di un modello di scelta basato sulla cosiddetta "utilità attesa" ($u \times p$) secondo il quale le persone scelgono l'alternativa che offre i guadagni più elevati o le perdite più basse rispetto alla ricchezza del decisore. Il valore attribuito agli esiti di una scelta, dunque, è influenzato dalla condizione iniziale di risorse economiche dell'individuo. Ad esempio, l'acquisto di un'auto da ventimila euro può essere differentemente valutato a seconda che il reddito di una persona sia particolarmente alto o al contrario basso.

Due secoli più tardi, Von Neumann e Morgenstern pubblicarono l'epocale "The Theory of Games and Economic Behavior" (Von Neumann and Morgenstern 1943), libro in cui gli autori riuscirono a trasformare le plausibili intuizioni di Bernoulli circa la decisione umana in procedure formali e a esprimere la teoria della scelta in condizioni di rischio in forma assiomatica. Gli autori hanno dimostrato che le scelte di un individuo possono essere descritte come equivalenti alla massimizzazione dell'utilità attesa solo nel caso le sue preferenze soddisfino certi assiomi alla base del pensiero razionale come, ad esempio, quello della coerenza e della consistenza. In questa condizione è realmente possibile costruire una funzione di utilità, specifica per quella persona.

Nonostante il fatto che i modelli dell'utilità attesa offrano una semplice e forte impalcatura teorica sulla decisione, in particolar modo in condizione d'incertezza, essi, tuttavia, falliscono spesso nel descrivere la presa di decisione nel mondo reale. Una fra le maggiori critiche rivolte ai modelli normativi, infatti, riguarda il fatto che, nella realtà decisionale, l'uomo non sempre dispone d'informazioni complete né possiede un sistema di preferenze stabili. Il decisore, inoltre, è limitato circa la capacità di elaborare e poter ricercare tutte le opportunità di scelta a causa di una razionalità limitata (Simon 1955). I modelli dell'utilità attesa, inoltre, sono fortemente limitati dal fatto di

considerare il decisore come entità a sé stante, senza considerare l'influenza che può avere la situazione nella quale l'uomo è chiamato a decidere.

1.2 Modelli descrittivi

Le critiche contro i principi proposti dalle teorie normative e la debolezza predittiva della teoria dell'utilità attesa misero in risalto la necessità di individuare i meccanismi psicologici del processo di decisione che spiegassero come effettivamente le persone decidono, in modo da poter predirne i comportamenti.

La prima teoria proposta come alternativa a quella dell'utilità attesa è stata la teoria detta *Prospect Theory* di Kahneman e Tversky sviluppata a partire dalla fine degli anni Settanta, definita teoria cognitiva o descrittiva (Tversky and Kahneman 1974; Kahneman and Tversky 1979). L'idea alla base del modello di Kahneman e Tversky è che gli individui interpretino e valutino le possibilità proposte in termini di scarto da un dato punto di riferimento. In altre parole, a prescindere dalle caratteristiche dello specifico contesto decisionale, sembra che i soggetti abbiano bisogno di individuare un punto di riferimento cognitivo che funga da termine di paragone in base al quale valutare le scelte a loro disposizione. Il decisore ha bisogno di una "prospettiva" con cui affrontare le dinamiche della scelta.

Secondo Kahneman e Tversky il processo decisionale si articola in due fasi successive. In primo luogo, il decisore procede a un'analisi e a una strutturazione del problema decisionale, mentre in un secondo momento mette a confronto diverse "prospettive", al fine di stimarne il valore e di individuare quella con il valore più alto. La teoria del prospetto differisce per almeno tre importanti aspetti dalla teoria dell'utilità attesa. In primo luogo, nella formulazione della teoria del prospetto il concetto di "valore" sostituisce la nozione di "utilità". Mentre l'utilità è generalmente definita solo in termini di massimo guadagno raggiungibile, il valore è definito in termini di guadagni o di perdite ovvero di scarti, con segno positivo o negativo, rispetto a una certa posizione assunta come punto di riferimento neutro. La seconda differenza riguarda il modo in cui sono considerate le probabilità associate agli esiti. La teoria dell'utilità attesa assume che il decisore valuti il 50% di probabilità di vincere una data somma come un'opportunità di vincere che ha esattamente la probabilità di verificarsi pari al 50%. Al contrario, la teoria del prospetto considera le preferenze come una

funzione dei “pesi decisionali”, cioè della valutazione soggettiva delle differenti possibilità di scelta, e assume che tali pesi non corrispondano sempre a effettive probabilità.

La teoria del prospetto postula, infatti, che le persone non trattino le probabilità come sono realmente, ma ne utilizzino delle distorsioni. In particolare, gli individui tendono a sovrastimare le piccole probabilità e a sottostimare le probabilità medie o elevate. Infine, la teoria del prospetto predice che le preferenze per cui opta il soggetto dipendono dal tipo di rappresentazione mentale del problema decisionale (effetto *framing*). Secondo Tversky e Kahneman, infatti, gli individui si costruiscono i problemi, cioè elaborano *frames*, in maniera differente a seconda del modo in cui è divisa la situazione problematica (Tversky and Kahneman 1981). Un’opzione di scelta corrisponde a un guadagno o a una perdita in funzione del punto di riferimento adottato. Se il punto di riferimento è stabilito in modo tale che un certo esito sia considerato come un guadagno, allora il decisore tenderà a prendere decisioni non rischiose; per contro se il punto di riferimento è stabilito in modo tale che un certo esito sia visto in termini di perdita, allora il decisore tenderà a prendere decisioni rischiose. La teoria del prospetto postula, inoltre, che le perdite abbiano maggior valore dei guadagni per il decisore. Questa proprietà è chiamata avversione alle perdite e gioca un ruolo fondamentale nello studio della presa di decisione.

La teoria cognitiva sebbene assai diversa da quella normativa non è completamente indipendente da essa. Senza di questa, infatti, non sarebbe possibile identificare i fenomeni osservati nell’ambito degli esperimenti cognitivi. È la teoria normativa che permette agli studiosi di quest’ambito di sviluppare protocolli sperimentali ed evidenziare violazioni rilevanti e ricorrenti dai suoi assiomi.

1.3 Approccio naturalistico

Negli ultimi decenni si è andato affermando un modello, detto naturalistico, che si scosta dalle teorie normative così come da quelle descrittive. Tale approccio si differenzia dai modelli classici dal momento che non considera come punto di riferimento la razionalità e la logica delle scelte, ma si focalizza, invece, sugli aspetti dinamici della presa di decisione. Il modello naturalistico è emerso soprattutto a causa delle numerose difficoltà nell’applicare metodologie e scoperte dei modelli classici a

scenari complessi e multi sfaccettati, come possono essere le situazioni in cui si è chiamati a scegliere in un tempo breve, in una condizione d'incertezza, con obiettivi non chiaramente definiti, in situazioni di gruppo o soggette a rapidi cambiamenti (Klein 1992; McMenamin 1992). Nello specifico, quest'approccio mira a conoscere il funzionamento del sistema cognitivo in relazione all'elaborazione, l'immagazzinamento e l'attribuzione di significato delle informazioni e, in secondo luogo, a valutare il peso delle risorse e dei vincoli che l'ambiente pone alla gamma di operazioni mentali del processo decisionale. L'approccio naturalistico, dunque, a differenza dei modelli classici, mira allo studio dei processi decisionali non in condizioni di laboratorio, ma nel mondo reale. Tale modello è primariamente descrittivo e cerca di spiegare la presa decisionale in termini di performance esperta (Klein 1999). In questo caso l'obiettivo non è quello di definire regole normative sulle decisioni, dal momento che esse spesso falliscono nello spiegare le azioni dell'uomo quando prende una decisione (Lipshitz, Klein et al. 2001).

Alla base del modello naturalistico vi è la teoria dell'immagine (Beach and Mitchell 1987), che ipotizza che i decisori scelgano un'alternativa fra le diverse opportunità a seconda della compatibilità con diversi criteri. Gli autori introducono la nozione d'immagini per spiegare il processo decisionale, intese come schemi comportamentali composti dai principi che guidano un individuo in una decisione, regolate dagli obiettivi specifici e dalle strategie comportamentali adottate nella presa di decisione. Secondo tale teoria l'individuo stima quanto un determinato comportamento sia utile ai suoi scopi prefissati e decide sulla base dell'accettazione o del rifiuto di nuove mete o modelli comportamentali. In particolare, gli individui scelgono in base ai propri valori, credenze e interessi (immagini di sé), ma anche in base agli obiettivi prefissati in uno specifico ambiente (immagine della traiettoria). Gli autori, inoltre, ipotizzano che le persone possiedano dei piani da mettere in atto le mete prefisse (immagine dell'azione) e anticipazioni di eventi e stati futuri (immagine dei progetti).

Tutti i modelli naturalistici, oltre ad avere in comune il fatto di avere alla base la teoria dell'immagine, condividono alcuni principi fondamentali. In primo luogo ipotizzano che le decisioni siano fatte in conformità a una valutazione olistica delle potenziali conseguenze dell'azione più che attraverso un confronto analitico delle diverse scelte (Lipshitz, Klein et al. 2001). Il secondo principio condiviso è che le decisioni sono basate sul riconoscimento di una situazione e dei vari modi in cui

affrontarla, più che su un'analisi dettagliata di ogni alternativa d'azione possibile (Klein and Calderwood 1991). Infine in tutti i modelli naturalistici s'ipotizza che chi prende una decisione adotti un criterio che sia soddisfacente e non necessariamente ottimale, visti anche i vincoli temporali che spesso caratterizzano le decisioni prese nel mondo reale.

Il modello naturalistico del decision making è studiato in riferimento a decisioni da prendere in condizione di alto stress, dove vi è la necessità di scegliere in tempi molto brevi. In questo contesto, Klein (Klein 1993) ha proposto un modello noto come *Recognition Primed Decision*, sviluppato a partire dall'osservazione del comportamento di personale esperto, nello specifico comandanti dei vigili del fuoco, in situazione di pressione temporale. L'autore ha osservato che tali individui, grazie alla loro esperienza, considerano le diverse situazioni in cui gli è richiesto di prendere velocemente decisioni come casi appartenenti a una particolare categoria con cui hanno familiarità e alle quali corrispondono specifiche reazioni. Gli esperti, dunque, identificano e immaginano immediatamente una specifica condotta di azione e, se questa si rivela inadeguata, ne considerano un'altra idonea a quella particolare condizione. I risultati degli studi compiuti da Klein, in breve, indicano che comandanti competenti fanno affidamento sulle strategie adatte a una particolare condizione in modo quasi automatico, mentre le persone meno esperte hanno la necessità di vagliare in modo più sistematico le diverse possibilità di comportamento che possono scegliere.

Il cuore del modello *Recognition Primed Decision* è, dunque, che le persone acquisiscono esperienza nella forma di un repertorio di pattern d'azione specifici per una certa situazione. Questi mettono in risalto in tempi brevi i più importanti segnali, offrono attese su quello che potrà succedere, identificano possibili obiettivi e suggeriscono reazioni tipiche da adottare in quel particolare tipo di situazione. In questo modo gli individui possono prendere decisioni con successo in tempi molto rapidi. Questo modello combina l'intuizione (il pattern corrispondente all'azione da intraprendere) a un'analisi cosciente, deliberata e analitica rappresentata dalla simulazione mentale dei risultati di una determinata azione nel contesto specifico.

2 Neurobiologia della presa di decisione

In analogia ad altri processi esecutivi, la presa di decisione richiede l'elaborazione di un'ampia gamma di dati provenienti da diversi canali sensoriali che devono essere integrati e processati in modo sequenziale al fine di portare alla migliore decisione. Gli studiosi hanno investigato i diversi aspetti coinvolti nel decision making partendo dall'esame delle basi neurobiologiche di semplici scelte in primati non umani sino ad arrivare ad analisi complesse della presa di decisione di individui e gruppi di persone. Attualmente in letteratura si è venuto a creare un vuoto fra gli studi neuropsicologici della presa di decisione e le altre discipline che si occupano di questo campo. Da una parte, lo studio delle basi neurologiche del decision making è rimasto confinato all'analisi dei più semplici processi di decisione, senza ancora essere stato applicato allo studio di fenomeni più complessi. D'altra parte, le teorie riguardanti alti livelli del processo decisionale sono per il momento puramente descrittivi e con pochissimi riferimenti a basi neurologiche.

Lo studio della neurobiologia della presa di decisione rimane difficoltosa e ancora poco concludente nei risultati per diversi motivi. Innanzitutto il decision making coinvolge più regioni cerebrali in un alto numero di processi e sotto-processi, difficili da studiare separatamente. Le conoscenze attuali che si hanno in campo neurobiologico, inoltre, derivano da ricerche condotte su individui con specifiche lesioni cerebrali e, sebbene grazie allo studio di questi pazienti con danni al cervello si sia riuscito a comprendere meglio le funzioni di specifiche aree, ancora si sa ben poco sui potenziali effetti delle interconnessioni e innervazioni fra le differenti zone cerebrali.

2.1 Architettura neurale della presa di decisione

Da secoli, lo studio di pazienti con ferite di guerra o lobotomie a scopi terapeutici della porzione frontale del cervello, ha evidenziato il ruolo fondamentale dei lobi frontali in numerose funzioni esecutive, quali la pianificazione, l'organizzazione, l'esecuzione di complessi comportamenti finalizzati a un obiettivo e la flessibilità di risposta in relazione a differenti contingenze ambientali.

Il lobo frontale è dunque una struttura di cruciale importanza per comprendere il complesso rapporto cervello-comportamento. Esso costituisce una sorta di “centrale esecutiva” che presiede all’integrazione e modulazione delle informazioni in entrata (interne ed esterne) e delle risposte comportamentali attuate dall’organismo.

Un’ipotesi molto seguita, anche se non universalmente accettata, associa ai lobi frontali, e in particolar modo alle aree prefrontali, le funzioni intellettive superiori. A favore di quest’ipotesi vi è il maggiore sviluppo nell’uomo di questa regione rispetto alle altre zone cerebrali e la ricchezza di connessioni afferenti ed efferenti che legano il lobo frontale a tutti i sistemi funzionali del cervello. Tuttavia, nonostante queste caratteristiche anatomo-funzionali, lesioni dei lobi frontali non sempre producono deficit intellettivi evidenti (Hebb 1945; Stuss and Benson 1987), mentre, spesso, sono associate a disturbi nei processi decisionali e intenzionali e a deficit nella capacità di focalizzazione dell’attenzione. Pazienti con danni alle cortecce prefrontali, infatti, mostrano un’attenzione deficitaria, un’aumentata distraibilità e una difficoltà nel comprendere l’insieme di un complicato stato di eventi.

Secondo il modello proposto da Alexander nel 1986 (Alexander, DeLong et al. 1986) esistono cinque circuiti fronto-sottocorticali che rappresentano un sistema centrale di organizzazione fondamentale nella relazione cervello-comportamento, per cui una loro disfunzione può determinare vari disturbi cognitivi e comportamentali (Cummings 1985). Anatomicamente, secondo tale modello, il lobo frontale può essere suddiviso in cinque circuiti fronto-striatali: il circuito oculomotorio e quello motorio controllano le funzioni motorie, mentre il circuito prefrontale dorsolaterale, orbitofrontale laterale e il cingolato anteriore regolano le funzioni cognitive-esecutive, la motivazione e il comportamento sociale. Ognuno di questi circuiti coinvolge il lobo frontale, lo striato (nucleo caudato, putamen, striato ventrale), il globo pallido, la sostanza nigra e il talamo. In questo modo la corteccia prefrontale dorsolaterale proietta alla regione dorsolaterale del caudato, la regione orbitofrontale laterale proietta all’area ventrale del caudato, mentre la corteccia cingolata anteriore è connessa con la regione dello striato mediale e del nucleo accubens. Ogni circuito è chiuso su se stesso a formare un *loop*, per cui appositi neuroni sono anatomicamente indipendenti dai neuroni paralleli degli altri circuiti, anche se esistono elementi aperti e interconnessi per ogni circuito. Reciproche connessioni tra le regioni corticali d’origine di ciascun circuito e regioni al di fuori degli stessi modulano l’attività dei circuiti.

Queste afferenze ed efferenze uniscono regioni diverse che mostrano funzioni affini con ciascuno specifico circuito. La segregazione anatomica di ogni circuito sostiene il concetto di specificità tra circuito e comportamento.

Le strutture maggiormente studiate nell'ambito della presa decisionale sono due fra quelle precedentemente citate ovvero: (1) il circuito prefrontale dorso laterale e (2) quello orbito- frontale.

Il circuito prefrontale dorsolaterale media le funzioni esecutive (Cummings 1993), che comprendono l'abilità di organizzazione di risposte comportamentali finalizzate alla risoluzione di problemi complessi e la capacità di modificare e mantenere atteggiamenti comportamentali adeguati alle circostanze ambientali, generando programmi motori e usando abilità verbali che guidino il comportamento. Un danno alla corteccia frontale dorsolaterale produce un deficit nelle funzioni esecutive differenziate, secondo la lesione, per severità e varietà nelle abilità compromesse. Inoltre, un danno in quest'area può produrre una riduzione della capacità di fluenza verbale e nel disegno, un impoverimento nelle strategie organizzative nei test d'apprendimento e nei test costruttivi complessi (Gotman and Milner 1977), così come uno scadimento nei test di produzione di sequenze motorie alterate (Cummings 1993).

Il circuito orbitofrontale media la processazione di stimoli appetitivi e controlla lo stato interno dell'organismo; la parte laterale, in particolare, regola l'integrazione fra l'analisi delle caratteristiche fisiche degli oggetti presenti nell'ambiente e lo stato emozionale, attraverso la connessione con il sistema limbico. La corteccia orbitofrontale laterale è inoltre implicata in numerosi processi cognitivi, quali la pianificazione, la generazione di ipotesi, la flessibilità cognitiva, la presa decisionale e l'uso di feedback, indispensabili per un comportamento adeguato dal punto di vista affettivo e contestuale. Pazienti con lesioni ventromediali della corteccia orbitofrontale hanno mostrato evidenti deficit nel decision making, ovvero negli aspetti delle funzioni esecutive dell'individuo legati alla capacità decisionale e all'abilità di modulare ricompense e punizioni al fine di compiere scelte vantaggiose. Pazienti con danni in queste regioni, pur avendo un funzionamento normale dal punto di vista cognitivo, commettono numerosi errori nella pianificazione della loro vita, attuando decisioni contrarie al loro interesse, senza modulare il comportamento in funzione degli sbagli commessi in precedenza.

2.2 Modelli sperimentali d'indagine della presa di decisione

L'indagine neuropsicologica dei pazienti neurologici con specifiche lesioni alle aree ventromediali della corteccia orbitofrontale costituisce il modello sperimentale per lo studio del decision making e fornisce i presupposti per l'ipotesi localizzatoria del deficit di tale funzione. Numerose ricerche hanno sviluppato paradigmi per studiare i meccanismi neuro-funzionali sottesi al comportamento dei soggetti con lesioni alle aree ventromediali della corteccia prefrontale.

Rolls e colleghi (Rolls 1999) studiando i meccanismi di apprendimento condizionato e la capacità di modificare o sopprimere risposte precedentemente soggette a ricompense, hanno concluso che la corteccia orbitofrontale è cruciale nella valutazione dell'associazione di stimoli ambientali ai propri meccanismi di ricompensa. Secondo Rolls il rinforzo dell'apprendimento è alla base della processazione delle emozioni in generale, e la corteccia orbitofrontale decodifica il valore di rinforzo dello stimolo e concorre nell'associazione rapida fra lo stimolo e i rinforzi.

Per spiegare i deficit dei pazienti con lesioni alle aree ventromediali della corteccia prefrontale Sahakian e colleghi (Plaisted and Sahakian 1997; Rahman, Sahakian et al. 1999) hanno proposto l'ipotesi di inibizione, secondo la quale l'incapacità di questi soggetti nel sopprimere la risposta evocata dagli stimoli ambientali contingenti impedisce loro di pianificare adeguatamente le loro azioni. Rahman e colleghi (Rahman, Sahakian et al. 1999) hanno esaminato pazienti con la variante di demenza frontotemporale, ed hanno trovato che il comportamento socialmente aberrante di questi era correlato all'inabilità dei loro meccanismi inibitori ventromediali a sopprimere i comportamenti inadeguati rispetto all'ambiente circostante. Gli autori suggeriscono che il comportamento di questi pazienti è controllato in modo predominante dalla valutazione emotiva immediata dello stimolo, e inoltre, tale disinibizione distrugge la selezione di scelte più appropriate e piani d'azione legati a obiettivi a lungo termine.

L'autore che si è maggiormente dedicato allo studio di tali individui è stato Damasio, il quale sviluppa l'*Ipotesi del Marcatore Somatico* (Damasio 1991), che verrà approfondita nel Paragrafo 3 del Capitolo 2.

CAPITOLO 2 - L'INFLUENZA DELLE EMOZIONI SUL PROCESSO DECISIONALE

Negli ultimi anni la ricerca sulla presa di decisione ha fornito numerose evidenze circa l'importanza di stati affettivi su tale processo. Le emozioni, infatti, accompagnano e hanno effetti importanti sulla presa decisionale nelle sue diverse fasi, dalla valutazione di un problema (Beattie and Barlas 2001), fino al momento in cui le persone giudicano i risultati ottenuti in seguito alle proprie scelte (Mellers, Schwartz et al. 1997; Zeelenberg, Van Dijk et al. 1998)

Stati emotivi differenti possono assistere il decisore in diversi modi, guidando l'acquisizione d'informazioni, facilitandone la valutazione e, infine, orientando la scelta. Seguendo il modello normativo della presa di decisione, descritto nel Paragrafo 1 del Capitolo 1, l'uomo per decidere nel migliore dei modi dovrebbe valutare attentamente i vantaggi e gli svantaggi di ogni scelta e scegliere la migliore soluzione in conformità a un calcolo razionale. Oltre a non essere possibile data la razionalità limitata dell'uomo (Simon 1955) questo processo sarebbe addirittura svantaggioso, dal momento che richiederebbe una quantità di tempo eccessiva. Le emozioni possono facilitare questo processo, limitando il numero d'informazioni da esaminare e rendendo saliente solo una parte di queste (Hanoch 2001).

Vi sono emozioni che hanno un ruolo costruttivo nel processo decisionale, dal momento che permettono di filtrare la moltitudine di alternative che, altrimenti, non sarebbero computabili in tempo utile, guidando l'individuo verso scelte dettate da esperienze precedenti. Ad esempio, secondo l'*Ipotesi del* di Damasio, l'uomo è facilitato nella scelta fra più possibilità grazie ai "marcatori somatici", che sono appunto "sentimenti generati da emozioni secondarie che sono state a loro volta connesse, attraverso l'apprendimento, a prevedibili esiti futuri di certi scenari" (Damasio 1996).

Quando si studia l'effetto delle emozioni sulla presa di decisione è importante distinguere due tipi di fenomeni emotivi, ossia gli *le emozioni incidentali* e le *risposte emotive integrali* (Bodenhausen 1993). Le prime sono quelle la cui fonte non è collegata con l'oggetto della decisione e includono emozioni come lo stato di umore e le disposizioni affettive durature del decisore. Le risposte emotive integrali, invece, sono

quelle vissute in relazione all'oggetto della scelta da prendere, quali, ad esempio, le emozioni e i sentimenti elicitate da caratteristiche reali o anche solo immaginate dell'obiettivo della decisione (Cohen and Ranganath 2007).

1 Emozioni incidentali e presa di decisione

Le emozioni sono una parte integrale dello stato interno delle persone, con profonde influenze sulle scelte che sono chiamate a prendere. Lo stato d'umore esperito dagli individui, anche quando non è direttamente collegato alla decisione, ovvero è incidentale rispetto alle scelte, esercita, infatti, importanti influenze sul processo di presa decisionale. Può capitare, infatti, che le persone scelgano in una buona o cattiva condizione d'umore transitoria, o, ancora, che siano influenzate nelle loro scelte da stati emotivi duratori o disposizionali, come stati cronici d'ansia o depressivi.

1.1 Emozioni transitorie

Emozioni incidentali transitorie, o di stato, hanno effetti importanti sulla presa di decisione. Ricerche sulla rabbia, ad esempio, hanno mostrato che anche quando la causa della rabbia non è collegata alla decisione da prendere, questo stato emotivo aumenta comunque la tendenza a sottovalutare i dettagli prima di attribuire le colpe, a percepire comportamenti ambigui come ostili e a non valutare il ruolo di fattori incontrollabili nell'attribuire causalità (Keltner, Ellsworth et al. 1993; Goldber, Lerner et al. 1999; Lerner and Tiedens 2006).

Numerose ricerche hanno dimostrato che stati emotivi latenti possono modificare obiettivi, atteggiamenti e percezione del rischio e, in particolare, hanno indagato come emozioni di valenza diversa, positiva o negativa, influenzino il processo decisionale (Arkes, Herren et al. 1988; Wright and Bower 1992; Conway and Giannopoulos 1993).

Rispetto a stati affetti negativi e neutrali, quelli positivi sono stati associati a una maggiore confidenza e a un più elevato ottimismo circa le decisioni da prendere (Forgas and Bower 1988). Stati d'umore positivi, inoltre, sono connessi a processazioni

maggiormente globali (Gasper 2004) e a un pensiero creativo e divergente (Isen, Shalcker et al. 1978; Gasper 2004).

Per quanto riguarda stati emotivi negativi, come la tristezza, si è dimostrato che, rispetto a umori positivi, questi sono solitamente associati a un livello più basso di confidenza, a un comportamento maggiormente avverso al rischio e a uno stile di processazione più vigile e analitico (Clark and Isen 1982; Isen and Daubman 1984). Le ricerche compiute fino ad oggi suggeriscono che stati d'umore negativi influenzano il processo decisionale principalmente in due modi. Innanzitutto, affetti negativi modellano la decisione delle persone colorando il contenuto dei loro pensieri. Sotto l'influenza di stati d'umore negativi, infatti, la percezione, i pensieri e i giudizi degli individui sono spesso distorti in negativo, a causa dell'effetto conosciuto con il nome di "congruenza dell'umore" (Carson and Adams 1980; Johnson and Tversky 1983; Cunningham 1988; Wright and Bower 1992) a causa del quale affetti negativi possono richiamare alla memoria materiale della stessa valenza (Bower 1981). In secondo luogo stati d'umore negativi come l'ansia e la tristezza interferiscono con l'abilità degli individui di processare correttamente le informazioni (Eysenck 1982; Ellis and Ashbrook 1988) portando a una presa di decisione basata su dati parziali e incompleti.

L'influenza specifica delle emozioni incidentali transitorie sembra dipendere non solo dalla valenza dell'emozione (positiva o negativa), ma anche dalla sua specifica natura. Ad esempio, coerentemente alle scoperte riguardo affetti disposizionali, Lerner e Keltner (Lerner and Keltner 2000; Lerner and Keltner 2001) hanno osservato che stati incidentali transitori di rabbia e paura manipolati sperimentalmente hanno effetti opposti sulla percezione del rischio. Le persone cui è stata indotta rabbia, in particolare, percepiscono in modo minore i rischi connessi a una scelta rispetto alle persone in condizione di paura. Specifici effetti delle emozioni transitorie sulla presa di decisione sono stati osservati anche riguardo alla tristezza. Raghunthan e Pham (Raghunathana and Phamb 1999) hanno paragonato l'effetto di stati incidentali di ansia e tristezza sulle decisioni di gioco d'azzardo (in inglese *gambling*) e riguardo alla scelta di un lavoro. In entrambi i casi, la tristezza incidentale aumentava la tendenza a ricercare opzioni dall'elevato rischio e dall'alta ricompensa, mentre l'ansia, al contrario, aumentava la tendenza a scelte con basso rischio e bassa ricompensa.

1.2 Affetti disposizionali

Affetti disposizionali possono essere una fonte importante di emozioni incidentali. Lo stato d'umore esperito da una persona, infatti, sebbene non sia collegato alla decisione che è chiamata a prendere, esercita importanti influenze sul processo di presa di decisione.

Mentre gli affetti situazionali riguardano una reazione transitoria ad uno specifico evento, gli affetti disposizionali rappresentano la tendenza degli individui a reagire emotivamente in un particolare modo ad una varietà di eventi nel corso del tempo e riguardo a diverse situazioni (Lazarus and Folkman 1984; Frijda and Mesquita 1994).

Studi recenti hanno mostrato collegamenti sistematici fra specifiche emozioni disposizionali e determinate tipologie di scelta e di giudizio. Lerner e Keltner, in alcuni dei loro studi, hanno ipotizzato e trovato che persone timorose tendono a valutare i rischi in modo maggiore e a scegliere in modo meno rischioso rispetto a chi prova paura, mentre individui ai quali è indotta rabbia hanno la tendenza a compiere giudizi ottimistici e a prendere decisioni più rischiose (Lerner and Keltner 2000; Lerner and Keltner 2001). Specifiche emozioni disposizionali sembrano dunque attivare caratteristiche tendenze alla valutazione che guidano il giudizio e la scelta degli individui.

Per quanto riguarda specifici affetti disposizionali, numerose evidenze emerse da studi sperimentali sostengono l'ipotesi che persone molto ansiose a livello di tratto assegnano le loro risorse cognitive più velocemente agli stimoli che inducono timore rispetto a quelli neutrali. In particolare, è stato dimostrato che individui con elevata ansia di tratto e pazienti che soffrono di disturbi d'ansia focalizzano la loro attenzione verso stimoli spaventosi (Williams, Watts et al. 1988; Eysenck 1997; Eysenck, Derakshan et al. 2007), tendono ad interpretare stimoli neutri come pericolosi (Williams, Watts et al. 1988; Coles and Heimberg 2002) e ricordano maggiormente informazione collegate alle paure (Beck, Emery et al. 1985; Mitte 2008). Oltre a questi effetti, teorie cognitive sull'ansia hanno rilevato una distorsione a livello del giudizio legata a una forte sensibilità alle perdite che porta gli individui a evitare le scelte potrebbero avere importanti conseguenze negative. Numerosi studi, infatti, hanno mostrato che persone molto ansiose stimano il rischio connesso ad un evento in modo maggiore rispetto a individui non ansiosi (Butler and Mathews 1987).

Stati affettivi disposizionali, inoltre, possono influenzare la presa di decisione interagendo con stati emotivi transitori. L'ipotesi che affetti disposizionali moderino l'influenza di stati emotivi di stato sulla presa di decisione fornendo uno schema attraverso il quale sono interpretati gli eventi è stata sostenuta da Gasper e Clore (Gasper and Clore 1998), i quali hanno osservato in un loro studio che quando stati affettivi disposizionali si combinano ad emozioni transitorie, queste ultime esercitano una maggiore influenza sul giudizio.

2 Emozioni integrate e presa di decisione

Come accennato nell'introduzione di questo Capitolo, le risposte emotive integrate sono stati emotivi connessi alla scelta che un decisore è chiamato a prendere. Esse si possono a loro volta suddividere in due classi di emozioni: (1) le *emozioni anticipate*, che non sono vissute nel presente, ma sono legate alle possibili conseguenze, positive o negative, della decisione che si andrà a prendere; (2) le *emozioni anticipatorie*, ovvero reazioni viscerali immediate (ad esempio di rabbia, ansia, e paura) connesse all'incertezza della decisione che gli individui sono chiamati a prendere.

2.1 Emozioni anticipate

Quando le persone devono prendere delle decisioni, spesso sono guidate nella scelta dalle sensazioni, di piacere o dispiacere, collegate ai risultati che potrebbero ottenere. Queste emozioni anticipate sono una parte delle conseguenze attese di una determinata decisione e influenzano in modo importante il processo di decision making. Nel caso una particolare scelta porti a conseguenze negative, le persone spesso s'incolpano per non aver preso decisioni diverse. Tale fatto è vero soprattutto quando gli individui sono consapevoli del fatto che diverse scelte avrebbero potuto portare migliori risultati e, di conseguenza, vivono una condizione di rimpianto, ovvero uno stato cognitivo di dispiacere e perdita (Landman 1993). Il rimpianto non solo ha conseguenze che seguono l'aver preso delle scelte sbagliate, portando le persone a evitare di ripeterle (Gilovich and Medvec 1995), ma può anche influenzare le decisioni ancor prima che queste siano prese, anticipando le sensazioni spiacevoli legate alle

cattive conseguenze della scelta (Savage 1951; Janis and Mann 1977; Bell 1982; Loomes and Sugden 1982; Sage and White 1983). Bell, Loomes e Sugden hanno incorporato in modo esplicito gli aspetti anticipatori del rimpianto nel loro modello di decision making, attraverso la “teoria del rimpianto” (Loomes and Sugden 1982). Tale teoria si differenzia dalle classiche teorie del prospetto della presa di decisione, che assumono che l’utilità attesa di una scelta sia connessa unicamente al piacere o al dispiacere associato al risultato di una scelta, soppesato per la probabilità che esso abbia luogo. Nella teoria del rimpianto l’utilità di un’azione dipende non solo da quest’aspetto, ma anche dai sentimenti evocati dai risultati delle scelte escluse. Le emozioni che seguono a una decisione, secondo tale teoria, sono anticipate dagli individui e tenute in considerazione nel momento della scelta. Le persone tendono a evitare stati emotivi negativi come il rimpianto, il disappunto o l’auto colpevolizzazione che potrebbero seguire a una possibile scelta, cercando, invece, di prendere delle decisioni legate a sentimenti positivi, come orgoglio, gioia ed euforia. Il rimpianto anticipato, di conseguenza, porta le persone a evitare situazioni di rischio e alla scegliere le alternative più sicure (Josephs, Larrick et al. 1992; Simonson 1992; Richard, van der Pligt et al. 1996). Tale assunto, tuttavia, è stato criticato in alcuni lavori (Zeelenberg, Beattie et al. 1996) nei quali è stato affermato che l’anticipazione del rimpianto può portare le persone anche a scegliere la scelta più rischiosa (Bell 1985).

2.2 Emozioni anticipatorie

Nonostante il fatto che la ricerca nell’ambito della presa di decisione si sia focalizzata maggiormente sulle emozioni anticipate, descritte nel precedente paragrafo, numerosi studi al di fuori di quest’ambito, come le neuroscienze e la psicologia sociale, si sono concentrati soprattutto sul ruolo delle emozioni anticipatorie nella presa di decisione. In opposizione alla visione storica che vedeva le emozioni come forze distruttive per il decision making, numerosi recenti lavori pongono l’accento sul ruolo giocato dalle emozioni in qualità d’input informativi nel processo di presa decisionale ed evidenziano le conseguenze negative che seguono al blocco di tale contributo.

In accordo a tali ipotesi, alcune ricerche di Zajonc e più tardi di LeDoux hanno evidenziato come reazioni affettive a uno stimolo sono spesso più rapide e importanti

della valutazione cognitiva (Zajonc 1980; Zajonc 1984; LeDoux 1996). Secondo tali autori, la risposta emotiva a stimoli, veloce e automatica, serve a orientare la processazione d'informazioni e il giudizio circa una particolare azione, che ha luogo in un secondo momento. Le emozioni sono dunque considerate come un meccanismo di orientamento, capace di aiutare a scegliere più velocemente e alla base del pensiero cosciente e analitico che segue nel processo decisionale.

Altri studi ancora, in particolare, sostengono che le risposte emotive immediate servono a interrompere e reindirizzare la processazione cognitiva verso elementi ad alta priorità, come imminenti sorgenti di pericolo (Armony, Servan-Schreiber et al. 1995; Armony, Servan-Schreiber et al. 1997). Armony e colleghi hanno ipotizzato che uno stimolo pericoloso che rimane al di fuori dell'attenzione può non essere correttamente processato dai sistemi corticali. Al contrario, gli stimoli emotivi, che non hanno bisogno di essere filtrati dalla corteccia, arrivano immediatamente all'amigdala, scatenando una serie di risposte automatiche orientate alla sopravvivenza.

Considerazioni simili sono state fatte anche da Luu, Tucker e Derryberry rispetto a stati ansiosi, che, a parere degli autori, si riflettono in più alti livelli di funzionamento della memoria di lavoro con conseguenze positive sulla pianificazione e la messa in atto di sequenze di comportamento adattive (Luu, Tucker et al. 1998).

3 Processi emotivi automatici e processi decisionali: l'Ipotesi del Marcatore Somatico

3.1 Nascita e sviluppo

L'autore che si è maggiormente dedicato allo studio dell'influenza delle emozioni anticipatorie (o viscerali) sulla presa di decisione, aspetto già discusso nel paragrafo precedente, è stato Damasio, autore dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico*. Tale teoria è nata dall'osservazione di particolari comportamenti decisionali notati dall'autore in alcuni suoi pazienti con lesioni cerebrali ventromediali, in primo luogo in Phineas Gage, forse il più conosciuto e discusso caso nella storia della neuropsicologia.

3.1.1 Il caso di Phineas Gage e di Elliot

Nel New England, nel 1848, Phineas Gage, in seguito ad incidente sul luogo di lavoro, è ferito da una barra metallica, che gli penetra nella guancia sinistra, attraversa la parte frontale del cervello, ed esce dalla sommità della testa.

Dopo la lesione a danno del lobo prefrontale il comportamento di Gage divenne bizzarro, insolente, guidato da piani per il futuro abbandonati appena delineati, in opposizione alle abitudini moderate e alla forza di carattere che lo contraddistinguevano prima dell'incidente. In lui, inoltre, si osservava uno strano comportamento, detto del collezionista, nel senso che tale paziente non riusciva mai a staccarsi dalla barra di ferro con la quale si era ferito, che per lui era divenuta una sorta di "ossessione".

Il netto cambiamento del comportamento di Gage dopo l'incidente suggeriva che l'area cerebrale danneggiata, la regione orbitaria frontale fosse coinvolta nella capacità di pianificare il futuro in accordo alle anticipazioni delle conseguenze del comportamento, all'interno di un ambiente sociale complesso. Gage, infatti, pur avendo integre le principali funzioni mentali, presentava un carattere degenerato, mostrandosi del tutto incapace di comportarsi nel rispetto delle regole sociali a lui prima ben note, e nella pianificazione del futuro (Damasio, Grabowski et al. 1994).

Damasio si è occupato personalmente di un altro caso molto famoso, ovvero di quello del cosiddetto "moderno Phineas Gage", Elliot. Questo paziente era un avvocato, operato per un tumore al cervello nell'area mediale sopra le cavità nasali e sopra il piano del tetto orbitale, che comprimeva i lobi frontali. In seguito all'operazione in Elliot si osservò un netto cambiamento di personalità: divenne irrazionale rispetto un ampio quadro di comportamenti riguardo priorità fondamentali (perse il suo lavoro e la moglie), mentre, al contrario in compiti secondari le sue azioni erano più minuziose del necessario. È interessante notare che in lui, come già in Phineas Gage, si manifestò una mania per il collezionismo, oltre che un deficit nella capacità di giungere a una decisione, sia a breve termine sia a lungo termine, e a una compromessa elaborazione dei processi decisionali, non più influenzati dalle esperienze passate. Elliott fu sottoposto a numerosi test neuropsicologici e risultò avere un QI nella norma, così come normale apparve la capacità percettiva, la memoria a lungo e breve termine, l'apprendimento di nuovi contenuti, il linguaggio, la capacità aritmetica, l'attenzione e la memoria operativa. Il quadro era quello di un individuo dotato d'intelletto normale ma

incapace di decidere in modo appropriato, soprattutto riguardo questioni personali o sociali. Elliot, inoltre, era emotivamente controllato, con forte distacco dal mondo esterno e senza mai sfumature emotive, (Damasio, Tranel et al. 1990; Damasio 1994; Damasio 1995).

3.1.2 L'Ipotesi del Marcatore Somatico

Lo studio di questi casi, insieme alle osservazioni condotte su altri pazienti, ha portato Damasio a considerare il ruolo delle emozioni e dei sentimenti nella presa di decisione. Tutti gli individui da lui studiati apparivano, infatti, rigidi e ostinati nel modo di accostarsi alla vita, incapaci di organizzare un'attività futura e di mantenere un lavoro, privi di una teoria della mente propria e altrui. Damasio ipotizzò che la lesione ventromediale bilaterale alle corteccie prefrontali, come quella osservata in Elliot, portasse a una menomazione del ragionamento e della presa di decisione, associata a una diminuita capacità di riconoscere e utilizzare emozioni e sentimenti.

A partire da questi studi, Damasio ha formulato l'*Ipotesi del Marcatore Somatico*, che si propone come spiegazione delle difficoltà dei pazienti cerebrolesi e come modello generale che sottende il decision making (Damasio 1991; Damasio 1996; Bechara, Tranel et al. 2002; Bechara and Damasio 2005).

L'ipotesi di Damasio attribuisce l'incapacità di questi individui nel prendere decisioni vantaggiose a un deficit nei meccanismi emotivi automatici che segnalano rapidamente le conseguenze potenziali delle scelte e che assistono nella selezione delle scelte maggiormente vantaggiose. Privati di questi segnali emotivi, i pazienti, secondo Damasio, si basano su un'analisi cognitiva di costi-benefici di numerose e, spesso, contrastanti scelte. Tale deficit rovina la velocità e l'adeguatezza della scelta, portando gli individui a scegliere con tempi più lunghi e in modo svantaggioso.

Secondo Damasio l'emozione è una collezione di cambiamenti che hanno luogo nel corpo e nel cervello e che vengono innescati da un sistema cerebrale dedicato che risponde a determinati contenuti percepiti dall'individuo, correnti o richiamati alla memoria, relativi ad un particolare oggetto o situazione (Damasio 1994; Damasio 1999; Damasio 2003). La risposta a livello dell'organismo implica modifiche fisiologiche rappresentate da uno stato corporeo (somatico). Tali modificazioni variano da cambiamenti viscerali, che possono non essere percepite da un osservatore esterno (es.

rilascio di sostanze endocrine, leggera contrattura muscolare), a cambiamenti nel sistema muscoloscheletrico, rilevabili dall'esterno (es. postura, espressioni facciali, specifici comportamenti come quello di lotta o fuga o di *freezing*). L'insieme di queste risposte nel corpo e nel cervello costituiscono un'emozione, mentre la percezione di questi cambiamenti da parte dell'individuo è percepita come un sentimento (Damasio 1999; Damasio 2003).

Secondo Damasio, l'emozione è mediata a livello cerebrale dalle regioni prefrontali, attraverso complesse connessioni corticali e sotto-corticali che includono la corteccia ventromediale (VM), il nucleo medio dorsale del talamo, l'amigdala, e l'ipotalamo. Pazienti con danni alla corteccia prefrontale si mostrano incapaci di marcare o collegare comportamenti con segnali emotivi somatici, fatto che porta tali individui a deficit nella regolazione dei loro comportamenti.

3.2 Evidenze sperimentali

3.2.1 L'Iowa Gambling Task

La maggior parte delle evidenze sperimentali a supporto dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* provengono dall'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994), un paradigma sperimentale disegnato per simulare in laboratorio situazioni di presa di decisione dominate dall'ambiguità e dall'incertezza, in cui svolgono un ruolo importante i concetti di ricompensa e punizione.

Il test propone una lunga serie di scelte di carte (fino a 100 carte consecutive) da quattro mazzi simili tra loro in apparenza (denominati "A", "B", "C" e "D"). All'individuo esaminato è chiesto di girare liberamente una carta per volta da uno dei quattro mazzi e di ottimizzare un quantitativo di denaro, in soldi da gioco, che è prestato all'inizio del test. Vincite e perdite che seguono la selezione dai mazzi non sono casuali, ma sono disegnate sulla base della dicotomia vantaggioso/svantaggioso.

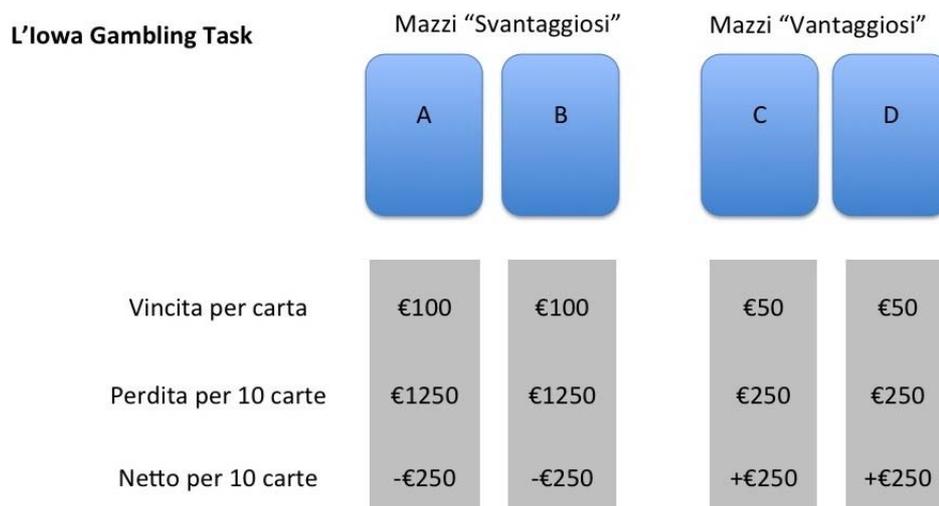


Figura 3.2.1. Diagramma schematico dell'Iowa Gambling Task.

Quando l'IGT è somministrato a pazienti con lesioni della corteccia prefrontale si osserva il fallimento delle strategie vantaggiose, come mostrato da un numero maggiore di scelte dalle carte svantaggiose rispetto a quelle vantaggiose. Ciò appare sostanzialmente diverso da quanto osservato nei soggetti sani e nei pazienti con lesioni in altre aree cerebrali, quando usati come controlli (Bechara, Damasio et al. 1994; Anderson, Bechara et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Tranel et al. 2000; Bechara 2004).

Vi sono numerose evidenze sperimentali sul fatto che pazienti con alcuni tipi di disturbi mostrano deficit nella presa di decisione simili a quelli dei pazienti ventromediali. Utilizzando l'IGT, numerose ricerche hanno dimostrato che vi sono disturbi nel decision making in pazienti che abusano di cocaina, oppiacei e alcol (Rogers, Everitt et al. 1999; Grant, Contoreggi et al. 2000; Fukui, Murai et al. 2005; Lawrence, Jollant et al. 2009), i quali hanno mostrato anomalie nel funzionamento della corteccia prefrontale ventromediale durante studi di neuroimaging funzionale (Fukui, Murai et al. 2005; Lawrence, Jollant et al. 2009).

3.2.2 La Risposta di Conduttanza Cutanea

La maggiore prova sperimentale in supporto all'*Ipotesi del Marcatore Somatico* è la riattivazione di segnali somatici collegata a esperienze precedenti di scelta. Tale evidenza deriva da studi nei quali è stata registrata la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC) durante il completamento dell'IGT (Bechara, Tranel et al. 1996; Bechara and Damasio 2002; Bechara, Tranel et al. 2002; Jameson, Hinson et al. 2004; Denburg, Recknor et al. 2006).

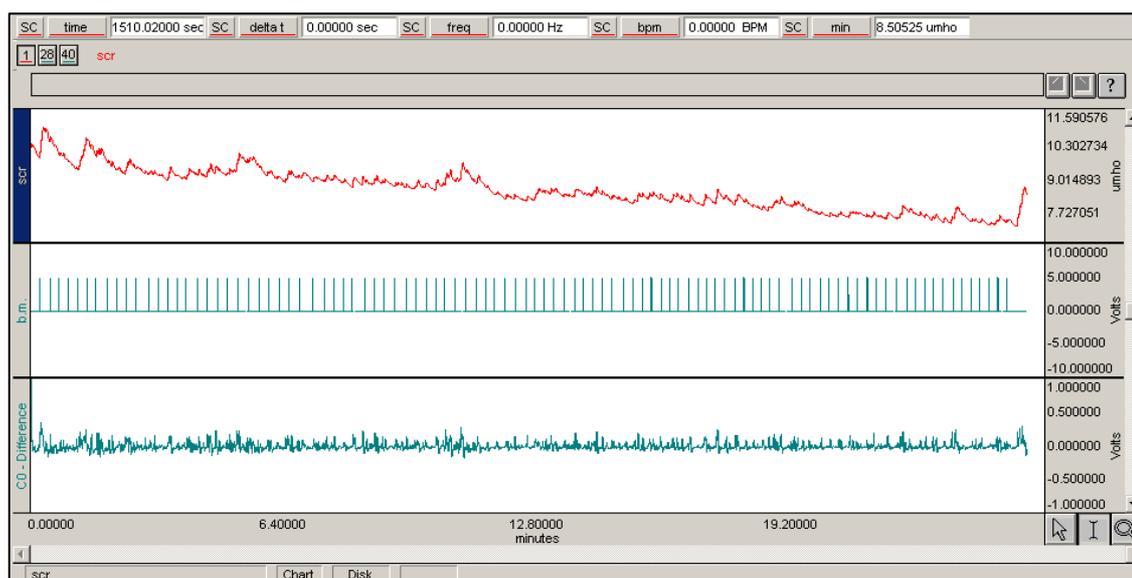


Figura 3.2.2 Risposta di Conduttanza Cutanea.

Damasio e colleghi hanno osservato che individui normali generano RCC quando ricevono ricompense o punizioni. Fatto ancora più importante, quando diventano esperti nel task, le persone iniziano a generare RCC nel momento in cui stanno valutando quale carta scegliere. Queste RCC “anticipatorie”, inoltre, sono più intense prima della selezione di una carta dai mazzi più rischiosi (A e B) rispetto a quelli meno rischiosi (C e D). I pazienti con danni alla corteccia VM generano RCC in risposta a ricompense e punizioni, sebbene le risposte siano leggermente meno intense rispetto a quelle d’individui normali, mentre pazienti con deficit all’amigdala falliscono completamente nella generazione di tali segnali. Inoltre, pazienti VM così come quelli con deficit all’amigdala non mostrano alcuna RCC prima della selezione di una carta.

3.3 Principali critiche

3.3.1 Penetrabilità cognitiva dell'Iowa Gambling Task

L'impenetrabilità cognitiva dell'IGT è centrale nell'affermazione che tale test si possa completare con successo solo grazie all'apprendimento basato sulle emozioni, espresso attraverso l'attivazione del *marcatore somatico* nelle prime fasi (Tranel, Bechara et al. 1999; Damasio, Adolphs et al. 2003). In altre parole, si ritiene che l'apprendimento basato su segnali emotivi somatici preceda la conoscenza a livello razionale dei meccanismi sottesi all'IGT. Se il programma di ricompensa/punizione potesse essere compreso dai partecipanti prima dello sviluppo dei marcatori somatici, potrebbe significare che le aspettative cognitive legate al risultato della scelta, e non il *marcatore somatico*, guidano in modo favorevole il decision making (Turnbull, Berry et al. 2003).

Come descritto in precedenza, i dati emersi dagli studi del gruppo di Damasio sembrano indicare che i partecipanti non sono totalmente consapevoli delle vincite e perdite legate ai diversi mazzi di carte (Bechara, Damasio et al. 1997). Tuttavia, alcuni studi più recenti, suggeriscono che la programmazione di ricompensa /punizione utilizzata nell'IGT sia maggiormente penetrabili a livello cognitivo di quanto si fosse ipotizzato. Maia e McClelland, in un loro famoso articolo, hanno sostenuto, infatti, che le domande aperte utilizzate negli studi del laboratorio dell'Iowa (Bechara, Damasio et al. 1997) per misurare la consapevolezza degli individui riguardo le caratteristiche del task utilizzate non sono abbastanza sensibili (Maia and McClelland 2004). Utilizzando un questionario più specifico, in uno studio con venti soggetti sani che dovevano rispondere dopo ogni venti carte selezionate, gli autori hanno trovato che le prestazioni positive all'IGT erano quasi sempre accompagnate da report verbali di conoscenza quantitativa e qualitativa degli esiti dei diversi mazzi di carte e che questi erano sufficienti per guidare in modo positivo il comportamento. Maia e McClelland, sostenuti da altri autori (Dunn, Dalgleish et al. 2006; Guillaume, Jollant et al. 2009) (Bowman, Evans et al. 2005), conclusero che l'IGT può essere completato attraverso l'accesso alla conoscenza esplicita, cosciente, e che non è corretto sostenere che per il successo nel task sia necessaria la generazione di segnali somatici non coscienti.

In risposta a tali critiche, in un articolo successivo, Bechara sostenne che fosse centrale nell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* non tanto la natura implicita dei segnali somatici (Bechara and Damasio 2005), quanto il fatto che questi siano legati ad emozioni, sebbene tale visione si discosti rispetto a quella della teoria originale dove era enfatizzato l'aspetto non cosciente del *marcatore somatico*.

3.3.2 Meccanismi alternativi potenzialmente sottesi alla prestazione decisionale

Studi recenti sostengono che la prestazione negativa all'Iowa Gambling Task può essere dovuta non ad un malfunzionamento dei processi emotivi automatici, ma ad un'alterata sensibilità ai premi e alle punizioni (Suzuki, Hirota et al. 2003; Crone and van der Molen 2004; Dalgleish 2004). In numerose ricerche, infatti, è stato osservato come l'insensibilità alle punizioni insieme a una forte dipendenza dalle vincite porta le persone a mostrare una prestazione scadente al task (van Honk, Hermans et al. 2002; van Honk, Schutter et al. 2003; Shutter, de Haan et al. 2004).

Un'altra possibilità che potrebbe spiegare le prestazioni deficitarie all'IGT è legata, invece, a deficit in processi cognitivi di alto livello (Maia and McClelland 2004; Maia and McClelland 2005; Dunn, Dalgleish et al. 2006). Hinson e colleghi, a sostegno di tale ipotesi, hanno mostrato un ruolo della memoria di lavoro sulla performance all'IGT, concludendo che i processi ad essa legati contribuiscano allo sviluppo dei marcatori somatici (Hinson, Jameson et al. 2002). Studi di lesioni e neuroimaging, inoltre, suggeriscono che le aree dorsali del lobo frontale che controllano i processi legati alla memoria di lavoro sono importanti per poter avere una buona performance (Manes, Sahakian et al. 2002; Adinoff, Devous et al. 2003).

3.3.3 Versione modificata dell'Iowa Gambling Task

Le ricerche condotte sulle modifiche dei parametri psicofisiologici legati al funzionamento del *marcatore somatico* durante l'IGT hanno utilizzato una versione modificata del test ideato da Damasio (Damasio 1996). Se nella versione classica non vi sono limiti di tempo nel test fra una selezione e la successiva, quella usata per registrare

i cambiamenti fisiologici presenta, al contrario, intervalli temporanei prefissati. L'intervallo di tempo fra la scelta di due carte consecutive è suddiviso in due finestre temporali: quella di 5 secondi che segue la selezione di una carta è detta *Reward/Punishment (R/P)*, dal momento che le modifiche fisiologiche che si registrano sono legate alla reazione degli individui al risultato (di vincita o perdita) delle scelte. Il tempo che, invece, precede la selezione della carta successiva e che può essere di minimo 1 secondo, è chiamata finestra temporale *anticipatoria* e registra il momento in cui il soggetto sta esaminando quale carta scegliere. Nella prima versione dell'IGT con tempi prefissati, gli autori provarono ad introdurre un minimo di 15 secondi di intervallo inter-trial (ITI) (Bechara, Tranel et al. 1996). Successivamente, sulla base dei risultati di ricerche precedenti, gli autori decisero di fissare l'intervallo a 6 secondi (Bechara, Tranel et al. 2002), con i media un ITI di 10 secondi.

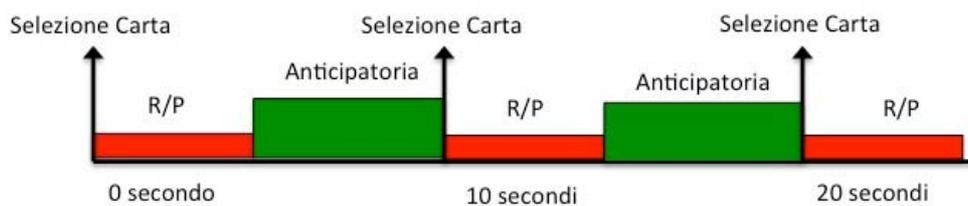


Figura 3.3.1. L'intervallo fra due selezioni consecutive è diviso in due finestre temporali per misurare le risposte di conduttanza cutanea (RCC). La finestra temporale (lunga 5 secondi) immediatamente seguente alla scelta è detta di Reward/Punishment (R/P), mentre quella che precede la selezione della carta seguente è detta Anticipatoria.

Tale modifica del test è stata effettuata per poter misurare cambiamenti nell'attivazione somatica registrata attraverso la Risposta di Conduttanza Cutanea, indice fisiologico utilizzato negli studi come parametro per la registrazione dei marcatori somatici. Tale esigenza ha richiesto una precisa definizione del tempo trascorso fra gli eventi del task, in modo fosse semplice allineare i tempi esatti (al millesimo di secondo) delle reazioni emotive fisiologiche, al tipo di scelta (vantaggiosa/svantaggiosa) compiuta dal soggetto esaminato. Inoltre, è importante ricordare che, per raccogliere dati di Risposta di Conduttanza Cutanea accurati, le scelte

nel task devono essere sufficientemente distanziate tra loro, dal momento che tale indice psicofisiologico è caratterizzato da un tempo di latenza piuttosto lento (Figner and Murphy 2011).

La scelta di introdurre nell'IGT intervalli prefissati, nonostante si basi su tali esigenze, può, tuttavia, essere oggetto d'importanti critiche, che potrebbero avere ricadute significative sulla validità dei dati raccolti. La somministrazione del test computerizzato con tempi prefissati, infatti, dura in media molto di più di quella classica (30-35 minuti versus 20-25 minuti), e può portare i partecipanti a sviluppare un senso di frustrazione per il fatto di voler fare una determinata scelta, ma di dover aspettare che sia trascorso il tempo minimo fissato prima di poterla compiere. Tale senso di frustrazione, un'emozione intensa che non era stata progettata per essere all'interno del test, potrebbe compromettere un compito decisionale sensibile all'apprendimento basato su segnali emotivi automatici come l'IGT (Damasio 1996; Bechara 2003).

Nonostante tale possibilità, solo uno studio ha indagato sperimentalmente le differenze nelle performance degli individui a seconda dell'utilizzo dell'IGT con ITI prefissati di 6 secondi o di quello senza limiti temporali, senza evidenziare differenze significative (Bowman, Evans et al. 2005). Uno studio successivo (Cella, Dymond et al. 2007), al contrario, ha dimostrato come intervalli inter-trial di 2 e 4 secondi modificassero in modo significativo la performance decisionale dei partecipanti, diversa rispetto a quella di individui ai quali era somministrato l'IGT senza limiti temporali. Gli autori, in particolare, hanno osservato un effetto detrimentalmente dei vincoli temporali nel decision making sull'apprendimento del compito e sulla performance al task.

Un'ulteriore critica sull'utilizzo dell'IGT con tempi prefissati è connessa, invece, al tipo di segnale psicofisiologico utilizzato negli studi come indice di funzionamento del *marcatore somatico*, ossia la Risposta di Conduttanza Cutanea.

La Risposta di Conduttanza Cutanea che è analizzata all'interno dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* riguarda la risposta anticipata pre-stimolo, ovvero le modifiche che si possono osservare prima della scelta di una carta durante l'IGT. Nella versione modificata del task, come visto in precedenza, si considera come periodo anticipatorio quello che segue alla finestra temporale Reward/Punishment, con un minimo prefissato di almeno 1 secondo. Uno studio del 2003 condotto da Spottiswoode e May, tuttavia, ha mostrato il fatto che si può osservare un aumento statisticamente significativo della conduttanza cutanea 2-3 secondi prima della presentazione di stimoli a contenuto

emotigeno (Spottiswoode and May 2003), fatto già osservato in altri studi (Bierman and Radin 1997). Ciò suggerisce che il considerare come risposta anticipatoria una finestra temporale che può essere limitata a 1 secondo non garantisce il fatto di registrare effettivamente una risposta anticipatoria pre-stimolo.

Quando si studia la Risposta di Conduttanza Cutanea anticipatoria, inoltre, è importante tenere conto dei possibili effetti confondenti che si potrebbero osservare in questa fase, causati dall'alta variabilità interindividuale sia nel tempo di risposta allo stimolo, il cosiddetto "*onset latency*", che compare in media dopo 1–3 secondi (Dawson, Schell et al. 2011), sia nel rise time, il momento in cui l'RCC raggiunge il suo picco e che varia da 1 a 5 secondi, che, infine nel "*recovery half-time*", ovvero il tempo necessario per tornare a valori normali.

Nel caso specifico dell'analisi delle RCC durante l'IGT, Questo significa che non è detto che per tutti gli individui gli effetti osservati nella finestra temporale successiva alla scelta, quella R/P, si risolva effettivamente entro 5 secondi, come ipotizzato da Bechara e colleghi. Può succedere, invece, che tale periodo duri più a lungo e che la RCC registrata nella fase anticipatoria sia ancora, in realtà, legata al risultato della scelta precedente.

3.3.4 Problemi collegati alla Risposta di Conduttanza Cutanea

Se è vero che la maggior parte degli studi che hanno utilizzato la registrazione della conduttanza cutanea durante l'IGT concordano sul fatto che RCC anticipatorie siano più intense prima della scelta da mazzi svantaggiosi, rispetto a quelli vantaggiosi (Bechara, Dolan et al. 2001; Bechara and Damasio 2002; Campbell, Stout et al. 2004; Jameson, Hinson et al. 2004), la modalità di interpretazione di questo dato è, tuttavia, molto complesso ed oggetto di acceso dibattito.

Innanzitutto, una differenza significativa nelle RCC anticipatorie è stata spesso riportata solo per sottogruppi di partecipanti di controllo con buona performance all'IGT (Crone, Somsen et al. 2004).

Inoltre, vi sono altri modi per interpretare l'aumento della Risposta di Conduttanza Cutanea prima di mazzi svantaggiosi. Secondo la teoria di Damasio, segnali RCC anticipatori riflettono una maggiore consapevolezza delle conseguenze negative a lungo termine dei mazzi svantaggiosi. Tomb e colleghi hanno mostrato in un

loro studio, tuttavia, che l'aumento delle RCC era collegata all'alta variabilità dei rinforzi e punizioni offerti dopo la scelta delle carte, più che alla loro vantaggiosità nel tempo (Tomb, Hauser et al. 2002). Tale interpretazione è consistente con un certo numero di studi che hanno descritto come i partecipanti differiscano nel numero delle selezioni dai mazzi con bassa frequenza/alta magnitudine di punizione e alta frequenza/bassa magnitudine di punizione (Wilder, Weinberger et al. 1998; Shurman, Horan et al. 2005). Di conseguenza, secondo tale interpretazione, le più intense RCC anticipatorie osservate prima dei mazzi di carte svantaggiosi rappresenterebbero l'importanza delle vincite e delle perdite più che le conseguenze a lungo termine. In risposta a tali critiche, Damasio si è difeso sostenendo che il *marcatore somatico* può servire sia a registrare le conseguenze positive a lungo termine che quelle negative legate a una particolare scelta (Bechara and Damasio 2005).

L'*Ipotesi del Marcatore Somatico*, inoltre, è ulteriormente complicata dai report riguardo il 20–37% circa di individui sani che sono caratterizzati da normali RCC anticipatorie prima dei mazzi svantaggiosi, ma che mostrano una performance negativa all'IGT. (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Dolan et al. 2001; Bechara and Damasio 2002). Tali osservazioni sono contrarie all'assunto che la prestazione al task dipenda dall'attività dei marcatori somatici. Tuttavia, una possibile spiegazione di questi dati potrebbe dipendere sulla distinzione fra il contributo dei marcatori somatici alle decisioni immediate (scelta corrente di un mazzo buono/cattivo) e alle conseguenze a lungo termine (prestazione positiva/negativa). L'*Ipotesi del Marcatore Somatico* implica che gli stati somatici influenzino sia l'una che l'altra. Tuttavia, l'idea che i marcatori somatici siano indipendenti dalle conseguenze a lungo termine è suggerita dalle performance negative nell'IGT di soggetti sani con normali risposte autonome (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Dolan et al. 2001; Bechara and Damasio 2002) e dagli studi che indicano che l'attività somatica riflette solo la magnitudine delle decisioni immediate (Tomb, Hauser et al. 2002).

3.3.5 Utilizzo esclusivo della Risposta di Conduttanza Cutanea

In ultimo luogo, un ulteriore problema connesso alle scoperte sull'IGT dal punto di vista psicofisiologico è dato dal fatto che gli studi condotti in quest'ambito tipicamente riportano solo le risposte di conduttanza cutanea. Questo segnale, tuttavia, oltre ad essere caratterizzato da importanti limitazioni discusse in precedenza, generalmente non è sensibile nel discriminare fra valenza positiva e negativa (Bradley, Codispoti et al. 2001).

Data la difficile interpretazione della Risposta di Conduttanza Cutanea, maggiori evidenze potrebbero essere attraverso diversi indici psicofisiologici, quale, ad esempio, l'attivazione delle onde Beta cerebrali frontali, segnale puntuale di *arousal* emotivo (Nikulin and Brismar 2004).

CAPITOLO 3 - LA PRESA DI DECISIONE IN CONDIZIONE DI STRESS

Come evidenziato nel precedente capitolo, le emozioni hanno forti ricadute sulla presa di decisione. In particolare, una condizione vissuta dal soggetto come stressante è in grado di influenzare in modo significativo il processo di decision making (Baradell and Klein 1993; Gillis 1993; Cumming and Harris 2001; Kassam, Koslov et al. 2009; Porcelli and Delgado 2009; Lighthall, Sakaki et al. 2012). Stress e presa di decisione, inoltre, sono governati da aree cerebrali che presentano numerose e complesse iterazioni fra loro, che necessitano di essere comprese per meglio chiarire i rapporti che sussistono fra questi due fenomeni.

1 Cos'è lo stress?

Lo stress è oggi un argomento molto popolare, principalmente per il fatto di essere una condizione diffusa fra le persone, con conseguenze importanti e negative sulla salute. Numerosi ricercatori hanno studiato questo fenomeno al fine di comprenderlo meglio e poter individuare terapie in grado di eliminare le cause alla base dello stress. Tuttavia, in quest'ambito di ricerca, vi è un grande paradosso che nasce dall'uso di differenti definizioni. Infatti, se in termini popolari lo stress è principalmente considerato come uno stato legato a una pressione temporale eccessiva, nella terminologia scientifica, al contrario, esso non si riduce a quest'aspetto, ma comprende una vastità e complessità di altri fenomeni. Le esperienze considerate stressanti variano molto da individuo a individuo. Lo stress, infatti, è uno stato molto influenzato da variabili individuali e che dipende dalle specifiche determinanti psicologiche che innescano una risposta di stress.

1.1 Definizioni di stress

1.1.1 Selye e il modello di stress basato sulla risposta

Prima di essere utilizzato in psicologia, lo stress era un termine impiegato in ingegneria per definire le forze che possono applicare tensione a una struttura fino a modificarne la forma (Cannon 1935). Si deve a Hans Selye la popolarità del concetto di stress, che l'autore definì in modo generico come “una risposta non specifica del corpo di fronte a ogni richiesta che gli viene fatta” (Selye 1956). Attraverso il termine “non specifico”, l'autore si riferiva a un set standard di elementi di risposta che avevano luogo a prescindere dalla natura dell'agente casuale.

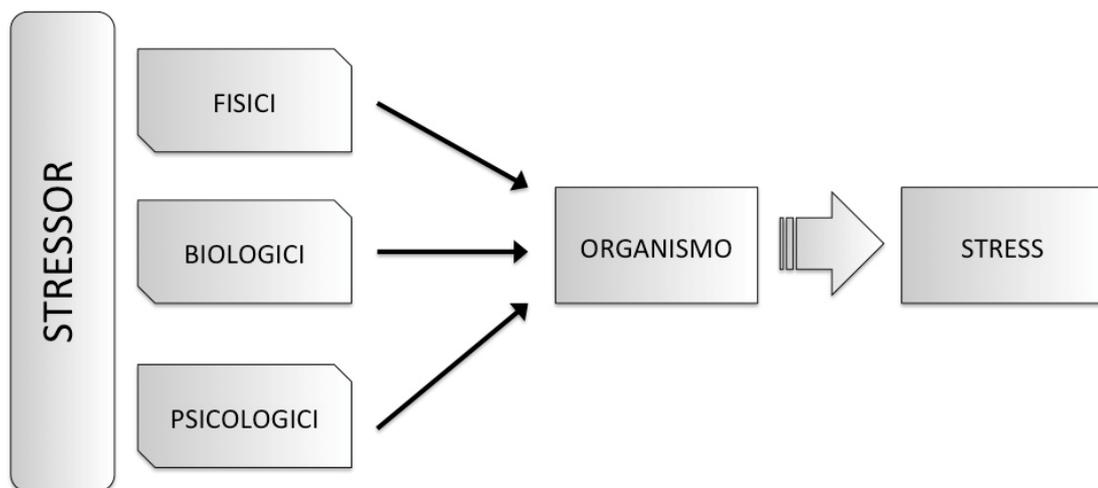


Figura 1.1.1.1. Modello di risposta allo stress (Selye 1956).

Per quanto concerne le caratteristiche dello stress, Selye identificò due diverse tipologie di stress: il *distress*, o stress negativo, e l'*eustress*, o stress positivo. L'*eustress* si ha quando uno o più stimoli spingono l'organismo ad adattarsi ed è una forma di energia usata per raggiungere più facilmente un obiettivo. Il *distress*, al contrario, si ha quando le condizioni di stress permangono, instaurando un progressivo logorio nelle difese psicofisiche.

Come conseguenza a qualsiasi agente stressante vi è, secondo Seyle, una reazione difensiva dell'organismo, chiamata “Sindrome Generale di Adattamento” (in inglese *General Adaptation Syndrome*). Tale sindrome si sviluppa attraverso tre fasi successive: (1) la fase di allarme, in cui si manifestano essenzialmente modificazioni di carattere biochimico-ormonale; (2) la fase di resistenza, nella quale l'organismo si organizza funzionalmente in senso difensivo; (3) la fase di esaurimento, nella quale avviene il crollo delle difese, causando l'incapacità ad adattarsi ulteriormente agli stressor. È importante evidenziare che, anche nel momento in cui lo stimolo stressante cessa di esserci, il recupero non è immediato, ma presenta un certo ritardo.

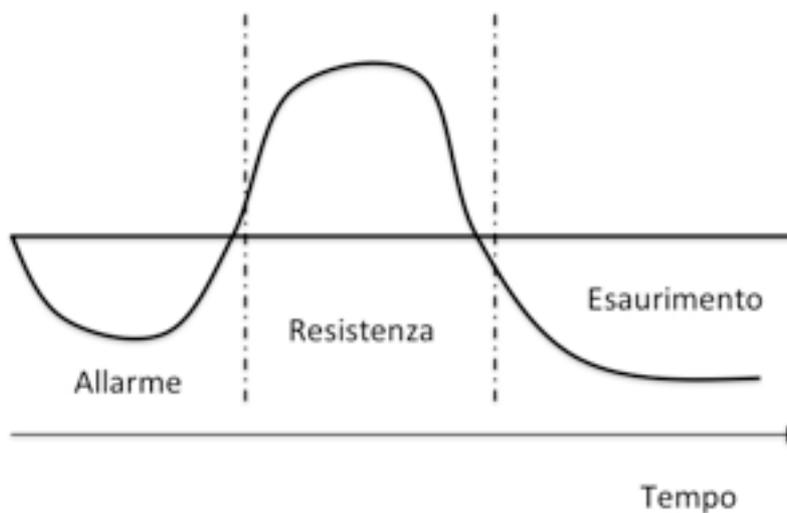


Figura 1.1.1.2. Le tre fasi della Sindrome Generale di Adattamento.

1.1.2 Modelli centrati sulla valutazione degli stimoli

Le maggiori critiche al modello introdotto da Seyle hanno riguardato soprattutto il concetto che i determinanti della risposta allo stress non fossero specifici. Come osservato da numerosi studiosi negli anni successivi, non era, infatti, possibile ridurre lo stress a una risposta a stimoli perturbanti dell'equilibrio dell'organismo, dal momento che numerosi eventi scatenanti stati di stress sono fortemente legati all'interpretazione di questi da parte degli individui.

John Mansour spese numerosi anni a misurare i livelli degli ormoni di stress in persone esposte a diversi stressor, per descrivere le caratteristiche psicologiche che rendevano uno stimolo stressante per chiunque. L'autore individuò tre determinanti

psicologiche che inducevano una risposta di stress in tutti gli individui, ovvero il fatto di interpretare la situazione come nuova e/o imprevedibile e/o incontrollabile (Mansour, Wilkinson et al. 1998).

La percezione degli eventi da parte dell'individuo, più che l'oggettività dei fatti, è diventata negli anni al centro dell'indagine dei ricercatori. Negli anni Settanta, Mason avanzò l'ipotesi secondo la quale alla base della risposta biologica vi è, oltre alle strutture anatomico-funzionali responsabili dell'attivazione emotiva a livello fisiologico, anche l'apparato psichico. L'importanza delle emozioni nelle reazioni di stress ha originato il concetto di stress psicologico, diverso da quello fisiologico in quanto la risposta dipende dalla valutazione cognitiva del significato dello stimolo, legata alla valutazione individuale delle specifiche situazioni. Come ben espresso da una recente definizione "lo stress psicologico ha luogo quando l'individuo percepisce che le richieste ambientali mettono alla prova o superano la sua capacità di adattarsi" (Cohen, Janicki-Deverts et al. 2007).

Tale definizione riprende il cosiddetto Modello Transazionale di Lazarus e Folkman (1984), secondo il quale lo stress può essere definito come "quella risposta psicologica a una situazione o a uno stimolo che l'individuo percepisce mettere alla prova o superare le proprie capacità o risorse" (Lazarus & Folkman, 1984). Tale processo è mediato principalmente dalla valutazione dello stimolo da parte dell'individuo (*primary appraisal*) e dalle risorse personali, sociali e culturali che ha a disposizione per farvi fronte (*secondary appraisal*).

1.2 Fisiologia della risposta a stressor

Quando un individuo è esposto a stress vi è un'immediata attivazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA), in base alla quale neuroni dell'ipotalamo rilasciano un ormone chiamato corticotropina (CRH). Il rilascio di questa sostanza scatena la susseguente secrezione e rilascio di un altro ormone, detto adrenocorticotropo (ACTH), da parte della ghiandola pituitaria. L'ACTH è trasportato dal sangue fino ad arrivare alle ghiandole adrenali, che secernono i cosiddetti "ormoni dello stress". Questi si dividono in due classi: i cocorticoidi, chiamati nell'uomo cortisolo, e le catecolamine, ossia l'adrenalina e la noradrenalina. Quando questi due ormoni vengono rilasciati nell'organismo in risposta allo stress innescano la risposta cosiddetta di "fuga o

combattimento” (in inglese “*fight or flight response*”) (Lupien, Ouellet-Morin et al. 2006). I glucocorticoidi hanno differenti effetti sull’organismo e, in particolare, aumentano la disponibilità di energia in diverse parti del corpo e permettono una risposta ottimale dell’organismo alle richieste ambientali.

Se l’attivazione dell’asse HPA può essere considerata come il meccanismo adattivo fondamentale in risposta a un cambiamento, la sua prolungata attivazione, al contrario, porta a rischi per la salute dell’organismo. Alti livelli di glucocorticoidi nel sangue, infatti, si contrappongono all’insulina e aumentano la pressione sanguigna, aumentando il rischio di sviluppare diabete, ipertensione e disturbi cardiovascolari. Inoltre, l’attivazione dell’asse HPA sopprime le funzioni del sistema immunitario, portando l’organismo ad essere più facilmente soggetto ad infezioni (McEwen 1998; McEwen 2000).

Grazie al fatto di essere liposolubili, i glucocorticoidi superano facilmente la barriera emato-encefalica e arrivano al cervello, dove si legano a specifici recettori.

In particolare, le tre aree cerebrali che più delle altre contengono recettori per questo tipo di ormoni sono l’ippocampo, l’amigdala e i lobi frontali, zone del cervello che sono di fondamentale importanza per l’apprendimento, la memoria e il controllo delle funzioni esecutive. L’azione dei glucocorticoidi su queste strutture, coinvolte nel riconoscimento di stimoli pericolosi e nel ricordo di situazioni emotivamente rilevanti, ha come effetto la formazione delle “*flashbulb memories*”, in altre parole ricordi di eventi associati a forti emozioni, sia positive sia negative.

1.3 Stress e differenze di genere

Negli anni, un numero relativamente consistente di studi condotti su animali ha mostrato differenze di genere nella risposta allo stress. In molti studi, in particolare, è stato osservato che, in seguito alla stimolazione dell’asse HPA, i livelli di glucocorticoidi sono più alti nelle femmine rispetto che nei maschi (Haleem, Kennett et al. 1988; Heinsbroek, Van Haaren et al. 1991; Yoshimura, Sakamoto et al. 2003).

Per quanto riguarda gli essere umani, le evidenze empiriche sono piuttosto contraddittorie (Kudielka and Kirschbaum 2005). Studi condotti sulla risposta a stressor nell’uomo hanno, infatti, mostrato che: (1) non ci sono differenze di genere significative; (2) vi sono risposte maggiori a livello di produzione di cortisolo in giovani

uomini comparati a giovani donne in seguito all'esposizione a stressor psicologici reali, ad esempio dover affrontare esami accademici, e in quelli di laboratorio, come compiti cognitivi o la simulazione di discorsi in pubblico (Collins and Frankenhaeuser 1978; Kirschbaum, Pirke et al. 1995; Kirschbaum, Schommer et al. 1996; Earle, Linden et al. 1999; Stroud, Salovey et al. 2002).

In individui con alti livelli di stress cronico, rispetto a quelli con bassi livelli, è stato osservato un minor valore di cortisolo del sangue durante il recupero da uno stress acuto (Matthews, Gump et al. 2001), senza differenze di genere sia nell'intensità della produzione di cortisolo che nella ripresa dopo lo stressor.

Le differenze di genere osservate a livello della risposta dell'asse HPA in seguito ad uno stress potrebbero essere dovute al dimorfismo sessuale nel funzionamento cerebrale e ai diversi valori nel sangue di steroidi e corticosteroidi che caratterizzano uomini e donne.

L'elaborazione e la risposta allo stress coinvolge, infatti, il sistema limbico cerebrale, che include la corteccia prefrontale, l'amigdala e l'ippocampo (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997) che, come osservato in numerose ricerche, è caratterizzato da importanti differenze di genere (Herman and Cullinan 1997; Shors, Chua et al. 2001; Wizemann and Pardue 2001). Studi condotti con tecniche neuroradiologiche, come la risonanza magnetica e la tomografia ad emissione di positroni, inoltre, hanno mostrato difformità fra uomini e donne nella lateralizzazione dell'attivazione dell'amigdala in risposta a stimoli emotigeni (Cahill, Haier et al. 2001; Killgore and Yurgelun-Todd 2001).

2 Stress e ricadute sul funzionamento della corteccia prefrontale

2.1 La corteccia prefrontale

Uno stress intenso può compromettere facoltà cognitive che sono alla base del processo di presa di decisione, quali la flessibilità cognitiva, il ragionamento, la pianificazione, la concentrazione e la capacità di focalizzare l'attenzione (Hamilton 1982; Mandler 1982; Lazarus and Folkman 1984). Vi è molta ambiguità, tuttavia, riguardo a quali fattori e processi specifici siano alla base di questo effetto. La

letteratura in quest'area è, infatti, ancora molto complessa e gli studi compiuti fino ad oggi supportano ipotesi tra loro diametralmente opposte.

Prima di entrare nel dettaglio nella descrizione dei principali risultati ottenuti, è necessario chiarire le connessioni che sussistono fra presa di decisione e stress a livello neuroanatomico. Entrambi questi fenomeni, infatti, sono accomunati dal fatto di chiamare in causa una zona specifica del cervello, la corteccia prefrontale (PFC), responsabile di numerosi e complessi aspetti del funzionamento cognitivo ed emotivo dell'essere umano.

La PFC include diverse aree del lobo frontale, molto sviluppate nell'uomo rispetto ad altre specie, che sono composte di numerose sotto-parti anatomicamente distinte, generalmente suddivise in regione dorsolaterale, ventrolaterale e orbitale (Fuster 2001).

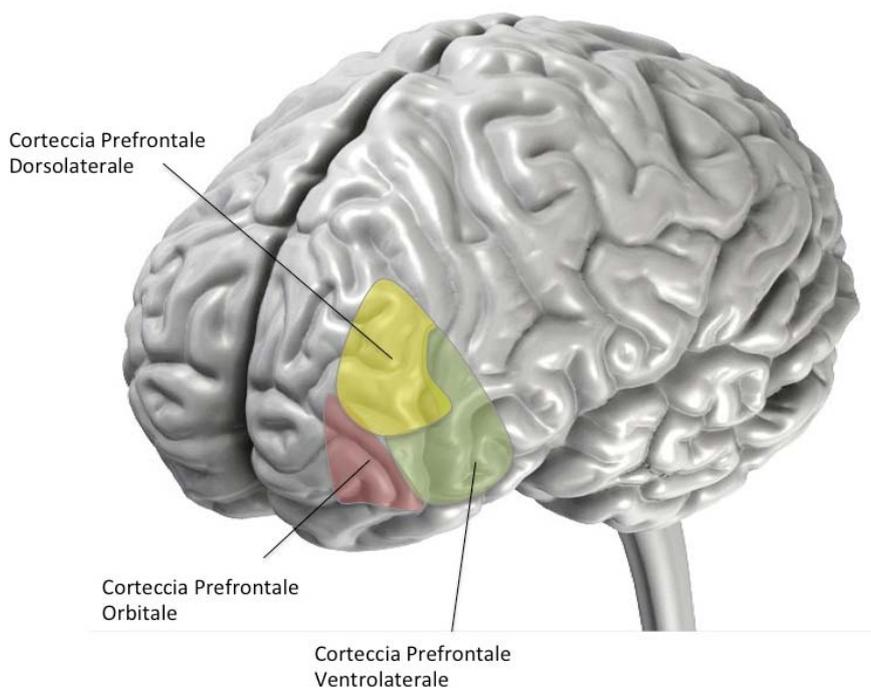


Figura 2.1.1. Anatomia della corteccia prefrontale (PFC): (1) dorsolaterale, (2) orbitale, (3) ventrolaterale.

Nonostante il fatto che, per lungo tempo, questa zona del cervello è stata considerata come una regione omogenea, alcuni studi hanno evidenziato che, in realtà, a PFC rappresenta un gruppo di aree anatomicamente e funzionalmente differenti (Uylings, Groenewegen et al. 2003; Chudasama and Robbins 2006).

La corteccia prefrontale può essere suddivisa in due aree principali: (1) la dorsolaterale mediale (mPFC) e (2) quella orbitofrontale (OFC). La mPFC a sua volta comprende l'area frontale 2 (Fr2), le aree dorsali e ventrali del cingolo anteriore (ACd e ACv), l'area prelimibica (PL), infralimbica (IL) e medio orbitale (MO), mentre la OFC è suddivisa nell'area dorale insulare (AId), insulare ventrale anteriore (AIv), orbitale laterale (LO) e orbitale ventrale (VO) (Zilles and Wree 1995; Dalley, Cardinal et al. 2004).

Alla PFC sono state attribuite differenti funzioni emotive e cognitive (Goldman-Racic 1995). In particolare, numerosi lavori di Damasio e colleghi hanno evidenziato attraverso studi su pazienti con lesioni in quest'area come la PFC sia coinvolta nel funzionamento della memoria procedurale, nella presa di decisione, nella pianificazione e nella flessibilità comportamentale, così come nelle iterazioni sociali e nella regolazione emotiva (Bechara, Damasio et al. 2000).

Questa regione del cervello presenta numerose connessioni con i gangli della base e il talamo, in particolare con il nucleo talamico medio dorsale, attraverso il quale vengono trasmesse informazioni limbiche sottocorticali, incluse quelle provenienti dal talamo, alle aree ventrali della mPFC. Questa zona, in particolare, riceve diverse afferenze da regioni limbiche, incluse l'amigdala e l'ippocampo ventrale/subiculum e fornisce output diretti all'ipotalamo e a numerose aree del cervello coinvolte nella regolazione delle emozioni e della risposta fisiologica allo stress (Bandler, Keay et al. 2000). È stato dimostrato che le zone ventrali e dorsali della PFC, grazie ai numerosi collegamenti con le altre zone cerebrali, esercitano un importante controllo sul sistema nervoso autonomo. In particolare, stimolazioni elettriche a zone dorsali (prelimbiche/cingolo anteriore) attivano il sistema parasimpatico, mentre stimolazioni su zone ventrali tipicamente elicitano risposte simpatiche (Powell, Watson et al. 1994). Appare di notevole interesse il fatto che pazienti con danni alle regioni ventromediali prefrontali spesso falliscono nell'esibire risposte automatiche a stimoli emotigeni e si dimostrano fortemente deficitarii in compiti emotivi, sociali, di presa di decisione e di valutazione del rischio (Damasio, Tranel et al. 1990).

2.2 Il ruolo della corteccia prefrontale nella risposta allo stress

Frankel e Jenkis (Frankel and Jenkins 1975) e Feldman e Conforti (Feldman and Conforti 1985) hanno per primi dimostrato che la stimolazione della PFC ha come conseguenza l'aumento dei livelli corticosteroidi nel sangue.

In anni successivi è stato dimostrato che il contributo di questa particolare zona cerebrale nella regolazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA) è più complesso di quanto si era ipotizzato nei primi lavori (Sullivan and Gratton 2002; Wang, Rao et al. 2005; Pruessner, Dedovic et al. 2008). Alcune osservazioni (Diorio, Viau et al. 1993; Spencer, Ebner et al. 2004) hanno suggerito che la PFC stimoli l'asse HPA in una modalità stimolo-specifica. In particolare, si pensa che nella regolazione delle risposte fisiologiche e comportamentali allo stress siano coinvolte solo le porzioni ventrali e dorsali della PFC mediale. Le regioni dorsolaterali sono coinvolte nella diminuzione della reattività comportamentale, attraverso l'incremento dell'attività del sistema parasimpatico e la riduzione dell'attivazione dell'asse HPA (Sullivan 2004; Radley, Arias et al. 2006), mentre le aree ventromediali, ed in particolare l'area infralimbica (IL), stimolano la risposta emotiva, attivando il sistema simpatico e il funzionamento dell'HPA (Sullivan and Gratton 1999; Radley, Arias et al. 2006).

2.3 Corteccia prefrontale, stress e funzionamento cognitivo

La presa di decisione, come descritto nel Capitolo 1, è un processo cognitivo molto complesso, che richiede il coinvolgimento soprattutto dei lobi prefrontali, che implicati in numerose funzioni esecutive, quali: la pianificazione, l'organizzazione, il mantenimento del focus attentivo, l'esecuzione di comportamenti complessi finalizzati a un obiettivo e la flessibilità di risposta in relazione a differenti contingenze ambientali.

Un'efficiente presa di decisione richiede, dunque, il corretto funzionamento di più processi cognitivi. Dagli studi condotti con l'obiettivo di indagare i rapporti sussistenti fra stress e funzionamento cognitivo è emersa l'iniziale evidenza che situazioni stressanti possono avere effetti negativi sui processi cognitivi, con importanti ricadute negative sul comportamento degli individui (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Fino ad oggi, tuttavia, le ricerche compiute in quest'ambito non hanno ancora portato a risultati

esaustivi e coerenti. Uno fra i motivi della discordanza di questi è dettato dalla disomogeneità degli stimoli utilizzati come stressor e dalla varietà dei test utilizzati per misurare l'efficienza cognitiva.

Gli studi presenti in letteratura, fino ad oggi, si sono concentrati soprattutto sugli effetti di stressor a breve termine, data la maggiore facilità di manipolazione e gestione di questi rispetto a condizioni di stress di lunga durata. Il modello sperimentale più utilizzato nelle ricerche prevede che sia imposto uno stressor appena prima, durante o dopo un compito, misurando la prestazione cognitiva degli individui.

2.3.1 Stress e capacità di giudizio

Uno dei temi che più dei altri è stato indagato in letteratura è l'idea intuitiva che la performance cognitiva sia migliore quando un individuo si trova in uno stato di attivazione (in inglese *arousal*) emotiva ottimale, sotto o sopra il quale la prestazione peggiora.

Questa idea è conosciuta come legge di Yerkes-Dodson, basata storicamente sul lavoro di Hebb sulla relazione a U rovesciata fra *arousal* e performance (Yerkes and Dodson 1908; Hebb 1955; Teigen 1994). Esempi di curve a U invertita appaiono regolarmente in numerose ricerche sull'effetto dello stress sul funzionamento cognitivo. Per quanto riguarda la capacità di giudizio, intesa come "abilità dell'individuo di usare il ragionamento cosciente", numerosi studi sostengono che essa sia sempre compromessa in situazioni particolarmente stressanti (Poulton 1976; Schaeffer 1989; Jamieson, Mendes et al. 2010). Tale ipotesi, tuttavia, è in contrapposizione ai dati di altre ricerche. In particolar modo, studi condotti attraverso l'induzione di stress con suoni fastidiosi (Schaeffer 1989), pressioni sociali (Balmer, Nevill et al. 2007) e valutazione sociale (Lovallo and Thomas 2000) hanno mostrato che la capacità di usare il ragionamento cosciente non è compromessa in situazioni stressanti. Altri studi ancora, come ad esempio quello condotto da Dornier e Pfeifer (Dornier and Pfeifer 1993), si scostano da entrambe le posizioni e sostengono che lo stress non ha effetto su una corretta capacità di giudizio, quanto sulla strategia utilizzata per far fronte al problema. In particolare, secondo gli autori, mentre individui stressati si focalizzano sugli aspetti più generici di un problema, persone in condizioni normali entrano nel dettaglio per decidere la soluzione migliore.

2.3.2 Stress e attenzione

In linea di massima, il concetto di attenzione e vigilanza si riferisce a uno stato di allerta focalizzato sulla selezione di alcuni stimoli specifici. È generalmente accettata l'idea che gli individui abbiano una capacità limitata riguardo al numero e alla complessità degli stimoli che possono elaborare in modo efficace e che alti livelli attentivi non possono essere mantenuti per lungo tempo (Dukas and Clark 1995).

Numerosi studi sostengono l'ipotesi secondo la quale lo stress causa un restringimento del focus attentivo (Ellenbogen, Schwartzman et al. 2002; Liston, McEwen et al. 2009). Una conseguenza di tale fenomeno è il miglioramento della prestazione quando il focus dell'attenzione è diretto verso il compito da svolgere, mentre quando stimoli contestuali importanti per il compito sono ignorati, gli individui tendono a compiere numerosi errori (Easterbrook 1959). In breve, il restringimento del focus attentivo durante stati di elevato *arousal* quali quelli di stress può sia migliorare che peggiorare la prestazione cognitiva, a seconda di ciò che richiede il compito (Christianson 1992).

2.3.3 Stress e velocità di decisione

Il restringimento e lo spostamento dell'attenzione hanno come conseguenza quella di poter portare a scelte prese sulla base d'informazioni inadeguate perché eccessivamente isolate dall'ambiente. Un modo simile in cui situazioni stressanti o con elevati livelli di *arousal* possono interferire con la prestazione a un compito decisionale è attraverso l'aumento della velocità di decisione, che causa la mancata considerazione di tutte le informazioni necessarie a svolgere positivamente un determinato compito (Svenson and Maule 1993; Farhadbeigia, Bagherianb et al. 2012; Lighthall, Sakaki et al. 2012; Starcke and Brand 2012).

In un famoso studio di Keinan (Keinan 1995) i partecipanti erano sottoposti a un test computerizzato di analogie a scelta multipla. Sullo schermo era presentata un'analogia del tipo "il burro sta alla margarina come lo zucchero sta a.." e i partecipanti dovevano selezionare la parola più appropriata da abbinare fra sei diverse possibilità presentate una sola volta. Gli individui ai quali era data una leggera scossa elettrica a ogni risposta sbagliata durante il compito tendevano a rispondere alle domande prima di aver vagliato attentamente tutte le risposte. Le loro decisioni erano

più veloci e maggiormente anticipate e, come risultato, il loro numero di errori era significativamente maggiore rispetto a quello dei controlli.

2.3.4 Stress e memoria

Come visto nel Paragrafo 1.2 di questo Capitolo, uno fra gli effetti più importanti dal punto di vista fisiologico della risposta a stressor è la produzione di ormoni. Queste sostanze hanno effetti specifici a seconda della classe cui appartengono e dell'organo sul quale scatenano determinati effetti.

Per quanto riguarda la memoria, sono stati condotti numerosi studi volti a comprendere l'effetto dei glucocorticoidi, prodotti in seguito a stress, su una specifica regione cerebrale coinvolta nei processi mnestici, l'ippocampo. La maggior parte delle ricerche hanno dimostrato che i glucocorticoidi hanno effetti acuti negativi su questa struttura del cervello, ricca di recettori per tali ormoni, causando deficit soprattutto per quanto riguarda la memoria dichiarativa, maggiormente regolata dall'ippocampo rispetto ad altri tipi di memoria (Lupien and Lepage 2001; Het, Ramlow et al. 2005).

Il fatto che la memoria dichiarativa sia compromessa in situazioni di forte stress suggerisce che un decision making scadente può essere legato anche a deficit nel richiamare alla memoria specifiche nozioni utili per prendere delle decisioni efficaci sulla base di esperienze passate (Wolf 2009; Schwabe, Wolf et al. 2010).

3 L'effetto dello stress incidentale sulla presa di decisione

Nei paragrafi precedenti è stato mostrato il fatto che lo stress ha effetti sulle persone a livello chimico, fisiologico, emotivo e cognitivo, cambiamenti che possono influenzare in modo rilevante il modo in cui gli individui prendono decisioni. Esperienze stressanti elicitano risposte da parte del sistema nervoso e stimolano il rilascio degli ormoni dello stress, come il cortisolo (Sapolsky 2004), che mobilitano le risorse del corpo per rispondere ai cambiamenti.

Durante il processo decisionale possono intervenire *emozioni incidentali*, ovvero stati emotivi non connessi alle scelte, con un impatto rilevante sulla qualità delle decisioni delle persone. In particolar modo, spesso gli individui si trovano a dover

prendere decisioni in condizione di *stress incidentale*, ovvero uno stress non legato all'oggetto verso cui si è chiamati a decidere.

Lo stress incidentale si può suddividere in due categorie: (1) lo *stress transitorio*, ossia acuto e temporaneo (es. pressione temporale); (2) lo *stress cronico*, o stress disposizionale.

Entrambe le tipologie di stress incidentale, come sarà segnalato nei paragrafi che seguono, possono avere un impatto rilevante sulla presa decisionale, con ricadute fortemente negative sulle scelte degli individui (Miu, Heilman et al. 2008; van den Bos, Harteveld et al. 2009; Starcke and Brand 2012).

Oltre a ciò, fra stress e presa decisionale vi è un legame anche a livello neurologico, dal momento le aree cerebrali associate al processo decisionale, ed in particolar modo quelle della corteccia prefrontale (PFC) sono le stesse che vengono modificate nel loro funzionamento da stati di intenso stress (Sousa, Lukoyanov et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007).

3.1 Effetti dello stress transitorio

Molte delle aree cerebrali alla base dei processi decisionali sono modificate nel loro funzionamento da stati di stress transitorio. È stato dimostrato, infatti, che in risposta a stressor acuti l'organismo rilascia alcune sostanze, come i glucocorticoidi (Sapolsky 1992; Roozendaal, McReynolds et al. 2004; Butts, Weinberg et al. 2011) e la dopamina (Adler, Elman et al. 2000; Saal, Dong et al. 2003), che agiscono su diverse aree della corteccia prefrontale (PFC) (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009).

L'effetto dello stress transitorio sulla presa di decisione, nonostante tale evidenza, è ancora all'inizio dell'esplorazione dal punto di vista scientifico, ma già le ricerche compiute su tale argomento rivelano alcuni pattern consistenti (Starcke and Brand 2012).

3.1.1 Funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotive

Numerosi lavori hanno evidenziato l'effetto benefico di processi emotivi automatici sul processo di presa decisionale, soprattutto per quanto riguarda compiti

decisionali ambigui (Bechara, Damasio et al. 2000; Dunn, Dalgleish et al. 2006). Una fra le ipotesi più importanti circa questo tema è quella del *Marcatore Somatico* (Bechara, Damasio et al. 1994; Damasio 1996), descritta nel Paragrafo 3 del Capitolo 2, secondo la quale, le decisioni che devono essere prese in situazioni d'incertezza e ambiguità sono guidate dai cosiddetti “marcatori somatici”, in altre parole stati somatici legati all'esito di scelte precedenti, che normalmente guidano gli individui durante le decisioni, agendo come segnali di allarme poco prima di operare una scelta e portando le persone a scegliere in modo vantaggioso.

Tali risposte immediatamente precedenti le scelte, indice di un *arousal* emotivo sono controllate a livello cerebrale dalle aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), le stesse regioni che, come riportato da numerose ricerche, sono colpite nel loro corretto funzionamento da stati di intenso stress (Sousa, Lukoyanov et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007).

L'induzione di stati somatici non collegati alla scelta, come quelli legati ad una condizione di stress transitorio, possono avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotiva (Bechara and Damasio 2005).

Preston e colleghi (Preston, Buchanan et al. 2007), infatti, hanno osservato in un loro studio che partecipanti a cui era stato indotto stress prima del completamento dell'Iowa Gambling Task (Bechara, Damasio et al. 1994), un compito decisionale ambiguo descritto in precedenza nel Paragrafo 3.2.1 del Capitolo 2, erano più lenti ad apprendere il task rispetto ai partecipanti di controllo.

Sebbene non siano state trovate differenze rilevanti nella performance globale tra gli individui stressati transitoriamente e quelli appartenenti al gruppo di controllo, si è osservato che la tipica linea di apprendimento del compito era più lenta per i partecipanti stressati. Gli individui del gruppo sperimentale, distratti dallo stress indotto dall'anticipazione di dover fare un discorso pubblico alla fine dell'IGT, erano, infatti, inizialmente più lenti ad apprendere le caratteristiche dei quattro mazzi.

Tali risultati sono stati confermati anche da un successivo studio di Stracke, nel quale l'autore aveva come obiettivo quello di indagare l'effetto di uno stressor transitorio sia sul funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un *arousal* emotivo che sui processi razionali sottesi alla decisione (Starcke, Wolf et al. 2008). Per farlo l'autore ha utilizzato un compito che, a differenza dell'IGT, era caratterizzato da *condizioni di rischio*, con regole esplicite e stabili nel tempo di vincita e perdita, il

Game of Dice Task (GDT; (Brand, Labudda et al. 2006). Il compito richiede ai partecipanti di scommettere su diverse combinazioni, esplicitamente associate a diverse possibilità di vincita e perdita. Le scelte con alte vincite sono svantaggiose poiché legate a forti probabilità di perdita e basse di vincita (34%). Per eseguire bene questo compito è importante in primo luogo la corretta applicazione di strategie, (Brand, Heinze et al. 2008) oltre che processi legati all'attivazione somatica automatica. Nello studio è stato osservato che i partecipanti che erano stati stressati transitoriamente, attraverso l'anticipazione di un discorso pubblico, compivano più decisioni rischiose rispetto al gruppo di controllo e che elevate risposte di cortisolo correlavano con numerose scelte svantaggiose compiute nel test.

Lo stress transitorio aveva dunque un effetto sia sui processi esecutivi sia su quelli emotivi automatici, causando un malfunzionamento nelle risposte pre-scelte legate ad un'attivazione emotiva che non riusciva ad essere compensato da processi esecutivi efficienti.

3.1.2 Modifica della capacità di spostamento del focus attentivo

Alti livelli di stress, causati da stressor acuti, possono portare a prendere decisioni prima che tutte le scelte siano valutate e comparate tra loro, con una conclusione prematura del processo decisionale. Tale fatto è stato inizialmente registrato attraverso l'osservazione di situazioni naturalistiche di forte pericolo (Quarantely 1954) e, successivamente, confermato in alcuni studi di laboratorio (Kelley, Condrey et al. 1965; Janis and Mann 1977).

In uno studio più recente, Keinan ha investigato l'effetto di un annuncio shock elettrico sulla performance in task analogico (Keinan 1987), osservando il fatto che lo stress portava a un peggioramento nella prestazione decisionale, con una chiusura anticipata e una scansione non sistematica delle diverse alternative

Questo fenomeno potrebbe essere collegato alle modifiche indotte da stati di intenso stress sul funzionamento dei processi esecutivi alla base dello sviluppo di tali strategie (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), fra i quali i processi attentivi. Uno degli effetti della risposta allo stress transitorio, infatti, è un'elevata attività dei processi attentivi (Tsigos and Chrousos 2002), che può causare il peggioramento della performance decisionale in compiti in cui è richiesto di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni.

3.1.3 Alterazione della sensibilità a premi e punizioni

Lo stress transitorio può incrementare l'apprendimento dei risultati positivi delle scelte, diminuendo tuttavia quello circa gli effetti negativi (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012). È stato dimostrato, inoltre, che stressor acuti stimolano le vie dopaminergiche del cervello connesse alla ricompensa (Ungless, Argilli et al. 2010), che possono intensificare il fascino di potenziali vittorie associate a determinate scelte.

Un processo comune di decisione che avviene nella vita quotidiana delle persone è la scelta del cibo, che può essere ben studiata in laboratorio, per esempio chiedendo agli individui di scegliere fra cibi sani e insani. Le ricerche che hanno indagato l'effetto dello stress transitorio su questo tipo di decisione mostrano come tale stato emotivo porti generalmente a scegliere cibi non salutari (Oliver, Wardle et al. 2000; Zellner, Loaiza et al. 2006). Gli autori hanno spiegato il fenomeno concludendo che tale tipologia di cibo può alleviare lo stress attraverso il rilascio di oppioidi endogeni (Mercer and Holder 1997). Il rilascio di queste sostanze può essere considerato come un'alta ricompensa immediata, sebbene con conseguenze negative a lungo termine.

Tale effetto potrebbe spiegare il modo in cui lo stress aumenta la probabilità di avere e di mantenere nel tempo alcune dipendenze, come, ad esempio, quella da alcool (Saal, Dong et al. 2003; Sinha 2009).

3.2 Effetti dello stress cronico

Gli studi elencati nel precedente paragrafo si focalizzano esclusivamente sugli effetti di un particolare tipo di stress, quello acuto o incidentale transitorio, sulla presa decisionale. Tuttavia, negli ultimi anni stanno emergendo iniziali evidenze del fatto che anche lo stress cronico può predire differenze fra gli individui in compiti decisionali, in particolar modo per quanto riguarda quelli rischiosi (Miu, Heilman et al. 2008; de Visser, van der Knaap et al. 2010; Salo and Allwood 2011). Inoltre, è stato osservato che i valori basali del cortisolo possono predire l'esibizione di decisioni impulsive (Takahashi, Shinada et al. 2010).

In particolare, è importante sottolineare che numerose aree cerebrali alla base della corretta capacità decisionale, come la corteccia prefrontale (PFC) e la corteccia cingolata anteriore (ACC) (Sousa, Lukoyanov et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007) sono modificate nel loro funzionamento da stati di stress cronico. Tale condizione disposizionale, infatti, è stata associata in numerosi studi condotti sia su animali (Murphy, Arnsten et al. 1996; Arnsten and Goldman-Rakic 1998) che uomini (Liston, McEwen et al. 2009) a cambiamenti strutturali nella PFC, con danni nel suo funzionamento (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008).

La PFC, in particolare, rispetto ad altre regioni cerebrali è particolarmente sensibile ai cambiamenti strutturali indotti dallo stress cronico. Mentre, infatti, cambiamenti a livello dell'ippocampo si osservano dopo molte settimane di esposizione allo stress (McEwen 1998), i dendriti della PFC iniziano a modificarsi già dopo una settimana (Brown, Henning et al. 2005; Izquierdo, Wellman et al. 2006). Studi condotti su pazienti affetti da Disturbo Post-Traumatico da Stress (PTSD) (Shin, Whalen et al. 2001; Rauch, Shin et al. 2003), inoltre, hanno dimostrato malfunzionamenti in questa specifica area del cervello, in particolar modo nella sua porzione mediale (mPFC) (Radley, Arias et al. 2006; Radley, Rocher et al. 2006).

3.2.1 Funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotiva

La presenza di stress cronico può avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un *arousal* emotivo, definite da Damasio in termini di *marcatori somatici* (Bechara and Damasio 2005), che normalmente guidano in modo favorevole la presa decisionale in compiti ambigui (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Damasio et al. 2003).

In una recente ricerca sul tema (Miu, Heilman et al. 2008) ricerca è stato osservato che alti livelli nell'ansia di tratto, indice indiretto di stress cronico, erano associati a una presa di decisione deficitaria all'Iowa Gambling Task (IGT), che, come sottolineato nel paragrafo precedente è un compito decisionale ambiguo.

Tale fatto, tuttavia, era apparentemente scollegato dall'attivazione fisiologica (somatica) precedente la scelta dei mazzi vantaggiosi, indice di *arousal* emotivo, più intensa nei partecipanti dello studio esposti ad uno rispetto a quella rilevata nei soggetti di controllo.

Sono ancora numericamente limitate le ricerche che hanno investigato l'effetto dello stress cronico sulla presa decisionale in compiti ambigui e solo uno di questi ha analizzato le relazioni fra livelli di cortisolo basale e performance all'IGT (van Honk, Schutter et al. 2003).

I risultati di questa ricerca hanno mostrato come bassi livelli di cortisolo causino una maggiore sensibilità alle alte vincite e una minore alle perdite, portando a decisioni svantaggiose e edite di denaro. Questi risultati contraddicono quelli ottenuti riguardo riposte acute di cortisolo e decisioni svantaggiose all'IGT (van den Bos, Hartevelde et al. 2009).

3.2.1 Modifica della capacità di spostamento del focus attentivo

In accordo Baradell (Baradell and Klein 1993), gli stressor naturali sono più severi rispetto a quelli indotti in laboratorio.

Lo stress cronico, attraverso il rimodellamento di alcune aree della PFC, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Liston, McEwen et al. 2009). Tale fatto, potrebbe avere effetti negativi in un compiti decisionale in cui, come nel caso dell'Iowa Gambling Task, è necessario essere in grado

di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005).

3.1.3 Alterazione della sensibilità a premi e punizioni

Lo stress cronico, attraverso una continua attivazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA) e dal seguente rilascio di ormoni corticosteroidi, provoca una sensibilizzazione del sistema mesolimbico dopaminergico (DA) (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Sinha 2008), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello. Studi su animali, inoltre, hanno dimostrato che stati di stress prolungati modificano la sensibilità a stimoli emotivi (Di Chiara, Loddo et al. 1999).

Lo stress cronico, di conseguenza, può modificare la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012), alterando il comportamento decisionale degli individui, in particolar modo durante compiti decisionali ambigui (Bechara and Damasio 2002).

3.3 Differenze di genere nell'impatto dello stress incidentale sui processi decisionali

Come descritto nel Paragrafo 1.3 del Capitolo 3, lo stress ha ricadute differenti a livello fisiologico e sui processi cerebrali a seconda del genere degli individui. In particolare, tale condizione ha ricadute diverse sul funzionamento della corteccia prefrontale (PFC) negli uomini e nelle donne (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997). Come già mostrato nel Paragrafo 2.1 del Capitolo 3, quest'area del cervello è particolarmente coinvolta durante la presa di decisione e, di conseguenza, non sorprende il fatto che lo stress abbia ricadute diverse sui processi decisionali in base al genere degli individui. Nei paragrafi che seguono saranno riassunti i principali studi che hanno indagato le differenze di genere nell'effetto dello stress incidentale, transitorio e cronico, in modo da offrire una breve rassegna circa i più importanti risultati emersi in letteratura su tale argomento.

3.3.1 Stress Transitorio e differenze di genere nella presa di decisione

Studi recenti hanno indagato in modo diretto l'impatto dell'interazione fra stress transitorio e genere sulla presa di decisione (Preston, Buchanan et al. 2007; Lighthall, Mather et al. 2009; Van den Bos, Harteveld et al. 2009; Lighthall, Sakaki et al. 2012). È stato dimostrato, in particolare, che in seguito all'esposizione ad uno stressor, mentre le donne tendono a mostrare un maggior evitamento di decisioni rischiose, gli uomini, al contrario esibiscono un comportamento incline al rischio (Taylor, Klein et al. 2000).

Nel caso di decisioni caratterizzate da alti livelli di ambiguità, inoltre, è stato osservato negli uomini un coinvolgimento maggiore rispetto che nelle donne delle aree prefrontali (Bolla, Eldreth et al. 2004; Tranel, Damasio et al. 2005), sensibili agli effetti dell'attivazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA) (Stalnaker, Espana et al. 2009).

In uno studio condotto utilizzando il Game of Dice Task (GDT; (Brand, Labudda et al. 2006), un compito decisionale in condizioni di rischio, è osservato che, mentre uomini esposti ad uno stressor acuto decidevano in modo più svantaggioso rispetto ai soggetti di controllo, donne stressate transitoriamente decidevano meglio rispetto a quelle del gruppo di controllo (Preston, Buchanan et al. 2007).

Risultati simili sono stati riportati in un recente studio che ha utilizzato l'Iowa Gambling Task (IGT; (Bechara, Damasio et al. 1994), un compito decisionale che, come visto nel Paragrafo 3.2.1 del Capitolo 2, è caratterizzato da alti livelli di ambiguità (van den Bos, Harteveld et al. 2009). Gli autori hanno osservato che alti livelli di cortisolo prodotti in risposta ad uno stressor di tipo psicologico, il Trier Social Stress Test (TSTT; (Kirschbaum, Pirke et al. 1995) erano correlati linearmente con il numero di scelte svantaggiose negli uomini, mentre nelle donne tale curva era invertita: maggiori erano i livelli di cortisolo migliore era la performance decisionale, sebbene a livelli estremamente elevati la prestazione peggiorava significativamente.

In un'altra ricerca recente, in cui ai soggetti era chiesto di completare il *Balloon Analogue Risk Task* (BART; (Lejuez, Read et al. 2002), un compito decisionale con regole esplicite, è stato osservato in un maggiore evitamento del rischio nelle donne e, viceversa, un aumento della propensione al rischio negli uomini, in seguito ad uno stressor fisico, che consisteva nell'immersione della mano in acqua fredda (in inglese "*cold pressor task*") (Lighthall, Mather et al. 2009). I risultati sono stati confermati da uno studio successivo, nel quale l'induzione di stress, ottenuta anche in questo caso

attraverso il *cold pressor task*, è stata combinata a tecniche di neuroimaging utilizzate per osservare l'attivazione cerebrale durante il completamento del BART. Nello studio, infatti, è stato osservato che, in seguito allo stressor, vi erano forti differenze fra uomini e donne: mentre gli uomini tendevano a ricercare maggiori ricompense e completare il task più velocemente rispetto ai soggetti del gruppo di controllo, nelle donne si è osservato l'esatto opposto. In base al genere, inoltre, vi erano differenze significative nell'attivazione neurale. In particolare, in seguito allo stress negli uomini si è registrata una diminuzione nell'attivazione nello strato dorsale cerebrale e nell'insula, mentre nelle donne l'attivazione in queste aree aumentava (Lighthall, Sakaki et al. 2012).

3.3.2 Stress Cronico e differenze di genere nella presa di decisione

Come osservato precedente nel Paragrafo 3.2 di questo Capitolo, in letteratura sono in questo momento numericamente limitati gli studi che sono andati a indagare le ricadute dello stress cronico sulla presa di decisione. Le ricerche che hanno investigato possibili differenze di genere nell'impatto di tale tipologia di stress incidentale sui processi decisionali sono ancor meno numerose.

Tuttavia, iniziali evidenze possono essere inferite dagli studi che hanno investigato tale argomento considerando uno fra gli indici indiretti di stress cronico, ovvero l'ansia di tratto.

Ricerche recenti, in particolare, che hanno utilizzato l'Iowa Gambling Task (IGT REF) come compito decisionale, non hanno mostrato un effetto diverso su uomini e donne di tale condizione sulla performance decisionale complessiva (Miu, Heilman et al. 2008). Tuttavia, scomponendo il test nelle sue diverse fasi, è stato osservato che un elevato livello di ansia disposizionale ha un effetto particolarmente negativo nei maschi nelle prime selezioni del compito, mentre nelle donne tale effetto si osserva in una fase più avanzata (de Visser, van der Knaap et al. 2010). Gli autori dello studio hanno suggerito che tale differenza potrebbe essere legata al fatto che l'ansia di tratto, mentre negli uomini modifica la reattività emotiva, particolarmente importante all'inizio del test REF, nelle donne tale condizione influenza capacità cognitive superiori, che entrano in gioco in particolar modo verso la fine dell'IGT. Tal effetto, secondo gli autori, potrebbe essere collegato a ricadute diverse dell'ansia disposizionale sul funzionamento cerebrale, in particolar modo della corteccia prefrontale, in base al genere degli

individui. Tale regione del cervello, infatti, è diversamente coinvolta durante il completamento dell'IGT negli uomini e nelle donne (Bolla, Eldreth et al. 2004; Bishop 2008; Hoefft, Watson et al. 2008) e livelli elevati di ansia potrebbero modificarne il funzionamento in modo specifico a seconda del genere di appartenenza delle persone.

PARTE SECONDA: STUDI SPERIMENTALI

Lo stress e la presa di decisione sono fenomeni intimamente connessi. Spesso, infatti, decidere è fonte di stress, così come, frequentemente, le persone si trovano costrette a prendere importanti decisioni in seguito a eventi stressanti, con ricadute che in entrambi i casi possono influenzare negativamente la qualità delle scelte (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008; Starcke and Brand 2012).

Se nel primo caso si parla di *stress integrale*, ovvero di uno stress collegato alle possibili conseguenze delle stesse decisioni, il secondo caso è definito, invece, *stress incidentale*, uno stress indipendente dalla decisione da prendere e che include lo *stress transitorio* (acuto e temporaneo) e lo *stress cronico* (o stress disposizionale).

Può succedere, in particolare, che gli individui debbano decidere dopo uno *stress transitorio*, ossia un evento stressante acuto e temporaneo, come, ad esempio, un incidente stradale o la comunicazione di una grave notizia circa la salute dei propri famigliari. Inoltre, spesso le persone si trovano a dover prendere importanti decisioni in una condizione di *stress cronico*, come quella di "stress lavoro-correlato".

Fino ad oggi, la maggior parte delle ricerche presenti in letteratura sul tema si sono limitate a studiare gli effetti dello stress incidentale sulla presa di decisione in *condizioni di rischio*, ossia in compiti decisionali con regole esplicite, governati principalmente dal funzionamento di processi esecutivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Nella vita quotidiana, tuttavia, spesso le persone si trovano a decidere in *condizioni ambigue*, senza avere a disposizione elementi completi sui quali basare le proprie scelte come quando ad esempio, devono scegliere fra carriera e famiglia o se accettare o rifiutare un nuovo lavoro.

Se è vero che in letteratura vi sono numerose evidenze circa l'effetto negativo dello stress transitorio sui processi decisionali in condizione di rischio, ancora pochissimo si conosce sull'effetto di tale tipologia di stress sui processi che governano la presa di decisione in condizione di ambiguità.

Come evidenziato nel Paragrafo 3 del Capitolo 2, durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che, come dimostrato in numerosi studi, sono modificate nel loro funzionamento sia dallo stress transitorio (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009) che dallo stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008 (vedi Paragrafo 3.1 e 3.2 del Capitolo 3).

Lo stress, inoltre, come sottolineato nel Paragrafo 1.3 del Capitolo 3, ha ricadute differenti sul funzionamento della PFC negli uomini e nelle donne (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997) e non sorprende, perciò, che studi precedenti abbiano osservato effetti diversi dello stress incidentale sui processi decisionali in base al genere degli individui (vedi anche Paragrafo 3.3 del Capitolo 3).

Sono diversi i meccanismi psicofisiologici alla base della presa di decisione che in letteratura si ipotizza possano essere danneggiati da stressor incidentali (Starcke and Brand 2012), descritti nel dettaglio nel Paragrafo 3.1 del Capitolo 3.

In primo luogo, lo stress incidentale può avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un *arousal* emotivo (Bechara and Damasio 2005), definite da Damasio in termini di "marcatori somatici" (Bechara, Damasio et al. 1994; Damasio 1996).

Inoltre, lo stress transitorio, così come una condizione di stress cronico, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009) con conseguenze negative in compiti in cui è necessario che gli individui siano in grado di dirigere il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005).

Infine, alcuni studi sostengono che lo stress incidentale, attraverso modifiche nel funzionamento del sistema mesolimbico dopaminergico (DA), può modificare la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012),

anch'essa collegata al comportamento esibito in compiti decisionali ambigui (Bechara and Damasio 2002).

A dispetto di tali evidenze e la rilevanza del tema, in questo momento gli studi riguardo all'impatto dello stress incidentale sulla presa di decisione in condizione di ambiguità sono numericamente limitati.

Inoltre, come sottolineato nel Paragrafo 3.3 del Capitolo 2, nonostante l'importanza dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* e l'impatto che questa ha avuto nello studio dell'influenza dei processi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità, sono numerosi i limiti metodologici che caratterizzano gli studi condotti all'interno di tale cornice teorica, legati principalmente allo strumento di indagine utilizzato, ovvero l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994) e all'indice psicofisiologico adottato, la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC).

Partendo da tali premesse, negli studi di Dottorato abbiamo cercato di verificare in modo dettagliato le ricadute dello stress incidentale, transitorio e cronico, sulla presa di decisione in condizione di ambiguità, tenendo conto dei limiti che hanno caratterizzato le ricerche precedenti e cercando di mettere a punto una metodologia di studio *ad hoc* che potesse superare tali limitazioni.

A questo scopo, nei nostri studi è stata adottata la versione originale dell'IGT, che, a differenza della versione utilizzata nelle ricerche precedenti circa le modifiche psicofisiologiche durante il completamento del compito, è priva di limiti temporali prefissati. Tale decisione è stata presa sulla base dei risultati di studi precedenti (Spottiswoode and May 2003; Cella, Dymond et al. 2007) che, oltre ad essere contraddittori, sono troppo limitati per poter affermare con certezza che l'introduzione di vincoli temporali nell'IGT non modifichi la prestazione decisionale degli individui e/o il funzionamento dei processi psicofisiologici che ne sono alla base.

Come spiegato nel dettaglio nel Paragrafo 3.3 del Capitolo 2, la scelta di introdurre tempi prefissati fra una selezione e la successiva all'IGT è legata, oltre che alla semplicità di sincronizzazione dei dati psicofisiologici al singolo comportamento decisionale, al parametro fisiologico normalmente utilizzato in questo tipo di studi, ovvero la RCC. Tale segnale, infatti, ha un tempo di latenza piuttosto lungo e differenze nel suo andamento sono evidenti solo in periodi di alcuni secondi.

Nei nostri studi, al fine di non essere vincolati dai limiti collegati a questo segnale, abbiamo selezionato indici psicofisiologici puntuali e dalla breve latenza, al fine di indagare le modifiche psicofisiologiche che precedevano e seguivano le singole scelte decisionali da compiere durante l'IGT. In particolare, per quanto riguarda le risposte pre-scelta, attraverso l'utilizzo di un elettroencefalogramma (EEG) sono stati registrati i valori di attivazione delle onde Beta, legate a processi di attivazione emotiva (Nikulin and Brismar 2004) e delle onde Alpha, misura di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999). Attraverso la misura dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, che, come osservato in precedenti studi, aumenta in seguito ad emozioni negative (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), è stata, invece, misurata la risposta degli individui alle punizioni incontrate lungo l'IGT.

Attraverso l'adozione di questa metodologia d'indagine innovativa, gli studi sperimentali sono stati ideati per cercare di rispondere alle diverse e numerose domande di ricerca ancora aperte sul tema stress e presa di decisione. In particolare, l'obiettivo principale degli studi è stato quello di verificare in modo approfondito le ricadute dello *stress incidentale*, *transitorio* e *cronico*, sulla presa di decisione in condizione di ambiguità.

Il primo studio, in particolare, è stato condotto con l'obiettivo di offrire un'indagine sistematica dell'effetto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale in compiti ambigui, tema indagato in letteratura solo in uno studio precedente (Preston, Buchanan et al. 2007).

Il secondo studio, è stato, invece, dedicato alla verifica delle ricadute dello stress cronico, sulla prestazione decisionale in condizione di ambiguità e sui possibili effetti congiunti fra stress cronico e stress transitorio sulla qualità delle decisioni. Sebbene nella vita quotidiana spesso individui stressati a livello disposizionale debbano decidere dopo stressor acuti, in letteratura ancora non esiste alcuna ricerca sperimentale che ha approfondito tale argomento e il nostro studio potrà offrire evidenze preliminari circa tale importante fenomeno.

Entrambi gli esperimenti, inoltre, sono stati ideati con lo scopo di indagare empiricamente le differenze di genere osservate in letteratura circa l'impatto dello stress incidentale sulla presa di decisione (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al.

2007) e per osservare il funzionamento dei diversi meccanismi psicofisiologici coinvolti nel processo decisionale che si ipotizza possano essere danneggiati dalla presenza di stress incidentale, quali il funzionamento delle risposte pre-scelta legate a meccanismi emotivi automatici (Bechara and Damasio 2005) e a processi attentivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), così come la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

In termini d'impatto e benefici attesi, il presente lavoro, innanzitutto, offrirà un rilevante avanzamento nello stato dell'arte circa le conoscenze scientifiche nell'ambito di ricerca sulla presa decisionale in condizione di stress.

Tale avanzamento sarà ottenuto attraverso la comprensione generata dagli studi sperimentali e, contemporaneamente, grazie alla messa a punto di una metodologia di studio innovativa, che potrà essere utilizzata anche in future ricerche.

CAPITOLO 4 - PRIMO STUDIO

1 Introduzione teorica

Spesso le persone sono costrette a prendere importanti decisioni, sia in ambito lavorativo che personale, dopo uno *stress transitorio*, ossia uno stressor acuto indipendente dalla situazione di scelta, con ricadute che possono essere fortemente negative sulla qualità delle scelte degli individui (Janis and Mann 1977; Porcelli and Delgado 2009).

Può succedere, infatti, che gli individui debbano decidere in seguito a un evento stressante acuto e temporaneo, come, ad esempio, un incidente stradale o la comunicazione di una grave notizia circa la salute dei propri familiari.

In caso di decisioni con regole esplicite, ovvero in compiti decisionali con regole esplicite, governati principalmente dal funzionamento dei processi esecutivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), è stato dimostrato che lo stress transitorio può avere un impatto negativo sulla presa di decisione (Keinan 1987; Rogers, Owen et al. 1999). Tale ricaduta negativa, in particolare, è collegata all'interferenza dello stress sul funzionamento di processi esecutivi necessari a una corretta presa decisionale durante compiti rischiosi, quale la memoria di lavoro e la memoria dichiarativa (Lupien and Lepage 2001; Schoofs, Wolf et al. 2009), la categorizzazione e la capacità di aggiustamento delle risposte automatiche (McCormick, Lewis et al. 2007).

Alti livelli di stress transitorio, inoltre, possono portare ad una chiusura prematura della scelta, spingendo gli individui a scegliere prima di aver valutato tutte le diverse opzioni e le conseguenze collegate ad esse (Kelley, Condrey et al. 1965; Keinan 1987; Janis and Mann 1997).

Se è vero che in letteratura vi sono numerose evidenze circa l'effetto negativo dello stress transitorio sui processi decisionali in condizione di rischio, ancora pochissimo si conosce sull'effetto di tale tipologia di stress sui processi che governano la presa di decisione in condizione di ambiguità.

Come evidenziato nel Paragrafo 2.1 del Capitolo 3, durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che, come dimostrato in numerosi studi, sono modificate nel loro funzionamento dallo stress transitorio (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009). È stato dimostrato, infatti, che in risposta a stressor acuti l'organismo rilascia alcune sostanze, come i glucocorticoidi (Sapolsky 1992; Roozendaal, McReynolds et al. 2004; Butts, Weinberg et al. 2011) e la dopamina (Adler, Elman et al. 2000; Saal, Dong et al. 2003), che agiscono su diverse aree della corteccia prefrontale (PFC) (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009).

Inoltre, lo stress transitorio ha ricadute differenti sul funzionamento della PFC negli uomini e nelle donne (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997) (vedi anche Paragrafo 1.3 del Capitolo 3) e non sorprende, perciò, che studi precedenti abbiano osservato effetti diversi dello stress transitorio sui processi decisionali in base al genere degli individui (Preston, Buchanan et al. 2007; Lighthall, Mather et al. 2009; Van den Bos, Harteveld et al. 2009; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

Sono diversi i meccanismi psicofisiologici alla base della presa di decisione in compiti ambigui che in letteratura si ipotizza possano essere danneggiati da stressor incidentali (Starcke and Brand 2012).

In primo luogo, è stato osservato in studi precedenti (Preston, Buchanan et al. 2007) che l'induzione di stati somatici non collegati alla scelta, come quelli legati ad una condizione di stress transitorio, hanno un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un *arousal* emotivo (Bechara and Damasio 2005), che normalmente guidano in modo favorevole la presa decisionale (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Damasio et al. 2003).

Altre ricerche sostengono, invece, che lo stress transitorio può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile, con conseguenze negative in compiti in cui è necessario che gli individui siano in grado di dirigere il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005). Uno degli effetti della risposta a stimoli stressanti, infatti, è un'elevata attività dei processi

attentivi (Tsigos and Chrousos 2002), che può causare il peggioramento della performance decisionale..

Infine, alcuni studi sostengono che lo stress transitorio, attraverso la stimolazione delle vie dopaminergiche del cervello connesse alla ricompensa (Ungless, Argilli et al. 2010), incrementa l'apprendimento degli outcome positivi delle scelte, diminuendo tuttavia quello circa gli effetti negativi (Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012).

Uno dei più utilizzati strumenti di laboratorio per la misura della presa di decisione in compiti decisionali ambigui è l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994), un gioco di carte con regole di vincita e perdita implicite. Tale test decisionale, sviluppato all'interno della cornice teorica offerta dall'*Ipotesi del Marcatore Somatico* di Damasio (Damasio 1994), è costruito per la misurazione delle strategie decisionali necessarie per una presa di decisione vantaggiosa a lungo termine, chiedendo agli individui di scegliere fra quattro mazzi di carte che si differenziano nella frequenza e grandezza di vincite e perdite di denaro e che sono dunque vantaggiosi o svantaggiosi nel lungo periodo. Nella prima fase dell'IGT, detta *Learning Phase*, gli individui devono cercare di apprendere le contingenze implicite del compito e sono influenzati nel loro comportamento in modo particolare da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007). Nella fase successiva, chiamata *Performance Phase*, le decisioni sono prese sulla base di quanto appreso e, perciò, la prestazione decisionale è influenzata per la maggior parte da processi cognitivi di tipo superiore (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Van den Bos, Harteveld et al. 2009).

Sono diverse le aree della corteccia prefrontale (PFC), specialmente nella sua porzione ventromediale (VMPFC) che sono state identificate alla base dei processi coinvolti durante tale compito decisionale. In particolare, è stato ipotizzato che la corteccia orbitofrontale (OFC), l'amigdala (AMY) e lo striato ventale (vSTR) regolino il comportamento esibito nella prima parte del compito, mentre la corteccia del cingolo anteriore (ACC) e la corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) potrebbero essere coinvolte nella fase più avanzata del test (Bechara, Damasio et al. 1999; Brand, Labudda et al. 2006; Van den Bos, Houx et al. 2006; Doya 2008).

Come evidenziato nell'introduzione generale agli studi sperimentali, è importante ricordare che, nonostante l'importanza dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* e l'impatto che questa ha avuto nello studio dell'influenza dei processi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità, sono numerosi i limiti metodologici che caratterizzano gli studi condotti in tale ambito, legati principalmente all'adozione di una versione dell'IGT con finestre temporali prefissate fra le selezioni delle carte e all'utilizzo di un indice psicofisiologico, la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC), caratterizzata da numerosi problemi d'interpretazione (vedi anche Paragrafo 3.3 del Capitolo 2).

Partendo da tali premesse, il primo studio di Dottorato è stato ideato per verificare in modo dettagliato le ricadute dello stress transitorio sulla presa di decisione in condizione di ambiguità, indagando, sulla base di quanto riportato in letteratura, anche possibili differenze di genere. Inoltre, nello studio sarà indagato il funzionamento dei meccanismi psicofisiologici sottostanti tale processo decisionale attraverso l'adozione della metodologia di studio creata *ad hoc* per il superamento dei sovra-elencati limiti presenti in tale ambito di studio, che ha compreso l'utilizzo di una versione dell'IGT priva di limiti temporali e la selezioni di indici psicofisiologici puntali, quale l'attivazione delle onde cerebrali Alpha e Beta a livello del lobo frontale e la misura dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio.

2 Strumenti e metodologia

2.1 Obiettivi e ipotesi

Il presente studio ha avuto due obiettivi generali: (1) indagare l'impatto dello stress transitorio sulla performance decisionale in compiti ambigui; (2) verificare i meccanismi sottostanti l'effetto dello stress transitorio sulla presa di decisione in condizione di ambiguità.

Ogni obiettivo generale si è articolato in più sotto-obiettivi. Di seguito, per ogni obiettivo generale saranno presenti i relativi sotto-obiettivi e le ipotesi correlate.

- Sotto-Obiettivo 1.1; indagare l'impatto dell'esposizione a stressor incidentale transitorio sulla performance decisionale in compiti ambigui.

Con riferimento al Sotto-Obiettivo 1.1 s'ipotizza che:

- Hp1.1: sulla base dei risultati ottenuti nel precedente studio presente in letteratura sul tema (Preston, Buchanan et al. 2007), si ipotizza che l'esposizione a uno stressor transitorio incidentale induca un peggioramento della performance decisionale all'IGT. In particolare, si ipotizza che gli effetti negativi dello stress abbiano un impatto negativo nella prima parte del test (*Learning Phase*), durante la quale gli individui stanno imparando le contingenze del compito e sono quindi maggiormente influenzati da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007).

- Sotto-Obiettivo 1.2: verificare l'interazione fra genere e stress transitorio nella performance decisionale in compiti ambigui.

Circa il Sotto-Obiettivo 1.2 si ipotizza che:

- Hp1.2: l'effetto dello stress transitorio sulla performance decisionale è diverso in base al genere degli individui. In particolare, in accordo ai risultati di ricerche precedenti (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007), ci si attende che, mentre uomini esposti a stress transitorio mostrino prestazioni decisionali peggiori rispetto a quelle ottenute da uomini non stressati, donne esposte a tale tipo di stress decidano meglio rispetto alle donne non stressate.

-

Riguardo al secondo obiettivo i sotto-obiettivi sono i seguenti:

- Sotto-Obiettivo 2.1: verificare che lo stress transitorio induca un malfunzionamento nelle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate a un *arousal* emotivo.

Con riferimento al Sotto-Obiettivo 2.1 s'ipotizza che:

- Hp2.1: dal momento è stato osservato in studi precedenti che l'induzione di stati somatici non collegati alla scelta, come quelli legati ad una condizione di stress transitorio, hanno un effetto distruttivo sulle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un'attivazione emotiva (Bechara and Damasio 2005) ci si attende un malfunzionamento in tale tipologia di risposte in seguito allo stress transitorio. In particolare si ipotizza di osservare nei partecipanti esposti a stress transitorio un'attivazione nelle onde Beta frontali, indice di *arousal* emotivo (Nikulin and Brismar 2004), indipendente dalla tipologia dei mazzi dell'IGT (vantaggiosi/svantaggiosi). Tale effetto, in particolare, dovrebbe riscontrarsi già nella *Learning Phase* del test, durante la quale gli individui non sono ancora coscienti della valenza dei mazzi e, dunque, sono influenzati principalmente da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007).

- Sotto-Obiettivo 2.2: indagare se lo stress transitorio abbia un effetto negativo sulla capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile.

In riferimento al Sotto-Obiettivo 2.2 s'ipotizza che:

- Hp2.2: poiché è stato dimostrato in letteratura che lo stress transitorio causa un'elevata attività dei processi attentivi (Tsigos and Chrousos 2002), ci si attende di osservare nei partecipanti esposti a stress transitorio un'elevata attivazione delle onde Alpha frontali, indice di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), nelle fasi immediatamente precedenti la scelta dai mazzi di carte. S'ipotizza, in particolare, che tale effetto si osservi nella prima fase del test, quella maggiormente a ridosso dell'esposizione allo stress transitorio.
- Sotto-Obiettivo 2.3: indagare se lo stress transitorio causi una diversa sensibilità alle punizioni;

Circa il Sotto-Obiettivo 2.3 si ipotizza che:

- Hp2.3: dato che è stato dimostrato che lo stress transitorio porta ad una riduzione delle risposte emotive negative legate agli esiti di scelte svantaggiose (van den Bos and den Heijer 2009; Putman, Antypa et al. 2010) si ipotizza che individui esposti a stress transitorio mostrino una minor sensibilità agli esiti di scelte svantaggiose rispetto a quelli non esposti a tale condizione. In particolare, ci si attende che i soggetti esposti a stress transitorio siano caratterizzati da valori minori di attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, indice puntuale di risposta emotiva negativa (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), in seguito alle punizioni incontrate durante l'IGT.

2.2 Partecipanti

47 individui sono stati reclutati presso l'Università degli studi Milano-Bicocca, l'Università Cattolica e il personale dell'Istituto Auxologico Italiano di Milano attraverso avvisi distribuiti negli istituti coinvolti. La partecipazione allo studio non dava diritto a crediti universitari né a ricompensa economica.

Al fine di essere coinvolti nello studio, i partecipanti dovevano soddisfare i seguenti criteri d'inclusione: (1) mano destra dominante; (2) assenza di stress cronico (3) assenza di disturbi cardiaci o altri disturbi medici importanti; (4) età compresa tra 18 e 34 anni; (5) assenza di assunzione di farmacoterapia o di altri medicinali che potrebbero interferire sulle misure oggetto d'indagine (antiipertensivi, medicine psicoattive, etc.); (6) Assenza di ritardo mentale, disturbi neurologici, psicosi, abuso di alcool o droghe; (7) Assenza di emicrania o anomalità vestibolari.

La fascia di età compresa tra i 18 e i 34 anni è stata selezionata come criterio d'inclusione dal momento che in letteratura si è osservato che alcune capacità cognitive come la memoria di lavoro e la velocità di decisione peggiorano significativamente nel corso degli anni, portando a differenze significative nei processi decisionali (Light 2000). Un recente studio, inoltre, ha fornito evidenze circa il fatto che persone di età maggiore rispetto a questa fascia, tendono ad utilizzare strategie differenti nell'esecuzione dell'Iowa Gambling Task (Wood and Kisley 2006). Persone mancine sono state escluse dallo studio per evitare problemi nell'interpretazione dell'attivazione cerebrale, in quanto diversa a seconda della mano dominante degli individui (Cacioppo, Tassinary et al. 2007).

Del totale dei partecipanti reclutati, 8 soggetti sono stati esclusi per presenza di stress cronico, emerso in seguito all'analisi dei questionari psicometrici, o perché mancini.

Il campione sperimentale finale totale era composto di 39 partecipanti, 24 di genere femminile (61.5%) e 15 di genere maschile (38.5%). L'età media del campione era di 23.2 anni ($DS= 3.6$) mentre la media degli anni scolastici era di 14 ($DS= 1.18$).

2.3 Disegno Sperimentale

Al fine di osservare differenze nella performance decisionale fra partecipanti esposti e non esposti allo stress transitorio, il disegno sperimentale adottato è stato fra soggetti, con due variabili indipendenti a due livelli, una sperimentale (stress transitorio: si/no) e una quasi sperimentale (genere: maschile/femminile).

Oltre alla performance decisionale all'IGT, sono stati misurati i valori alle scale psicometriche di stato e di tratto (MSP; STAI-Y1; STAI-Y2; VAS-A) e sono stati registrati i dati psicofisiologici dei partecipanti attraverso l'elettrocardiogramma (ECG), l'elettroencefalogramma (EEG) e l'elettromiografia facciale (fEMG).

2.4 Induzione di stress transitorio

Per indurre stress transitorio abbiamo utilizzato lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935), sulla base dell'ampio utilizzo in letteratura di questo compito cognitivo per l'induzione di stress in ambito di laboratorio (MacLeod 1991; Renaud and Blondin 1997; Roelofs, Elzinga et al. 2005). Nello studio è stata utilizzata una versione computerizzata dello *Stroop Color-Word Interference Test*, utilizzata e validata in precedenti studi (Magagnin, Mauri et al. 2010; Mauri, Magagnin et al. 2010).



Figura 2.4.1 Schermata dello *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935) utilizzato nello studio

Ai partecipanti era spiegato che avrebbero dovuto completare un test di velocità, per valutare l'integrità delle loro funzioni cognitive e che gli sarebbe stato assegnato un punteggio alla fine del compito. Ai soggetti era richiesto di pronunciare ad alta voce e nel minor tempo possibile il colore con il quale sarebbero apparse in successione alcune scritte di colori. Ad esempio, se sul pc appariva la parola "rosso" scritta in colore verde, i partecipanti dovevano dire "verde". Prima del test vero e proprio, i soggetti avevano a disposizione una prova, dopodiché erano presentate diapositive contenenti otto scritte ciascuna, ognuna mostrata per quattro secondi, intervallate da stimoli di fissazione (una croce bianca al centro dello schermo) e da scritte dove era chiesto di pronunciare meglio le parole e più velocemente. Il test aveva una durata totale di circa quattro minuti.

I partecipanti non esposti a tale stress transitorio sono stati esposti, invece, ad uno stimolo neutro, validato in studi precedenti (Gross and Levenson 1995). A tali individui è stato mostrato un video, dove erano rappresentate in successione linee di diverso colore in continua dissolvenza. Anche in questo caso la presentazione aveva una durata complessiva di circa quattro minuti.

2.5 Compito decisionale: l'Iowa Gambling Task

L'*Iowa Gambling Task (IGT)* è un test psicologico ideato da Bechara e colleghi all'Università dell'Iowa per simulare la presa di decisione umana in condizioni di ambiguità (Bechara, Damasio et al. 1994) (vedi anche Paragrafo 3.2.1 del Capitolo 2). Questo test è uno fra i maggiormente utilizzati nell'ambito delle ricerche condotte sull'influenza delle emozioni, e in particolar modo del *marcatore somatico*, nel decision making.

Ai partecipanti è chiesto di compiere 100 selezioni di carte da uno di quattro mazzi (A, B, C, D). Dopo ogni scelta è mostrata al soggetto la somma di denaro vinta o persa. Lo schema di vincita/perdita è predeterminato: in due mazzi di carte (A e B) la selezione di una carta è seguita da un'alta ricompensa, ma, in momenti imprevedibili, la scelta è seguita da un'alta penalità e, di conseguenza, nel lungo periodo questi mazzi risultano svantaggiosi; negli altri due mazzi (C e D), la vincita immediata è più piccola, ma le perdite nel lungo periodo sono anch'esse minori e, dunque, risultano vantaggiosi a lungo termine.

L'Iowa Gambling Task	Mazzi "Svantaggiosi"		Mazzi "Vantaggiosi"	
	A	B	C	D
Vincita per carta	€100	€100	€50	€50
Perdita per 10 carte	€1250	€1250	€250	€250
Netto per 10 carte	-€250	-€250	+€250	+€250

Figura 2.5.1 Schematizzazione delle ricompense/punizioni dai mazzi svantaggiosi e vantaggiosi dell'Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994).

Più nello specifico, la schematizzazione delle vincite e delle perdite è disegnata in modo che questa discrepanza fra le ricompense e le punizioni nei mazzi svantaggiosi (A e B) diventi più grande in direzioni negativa. In altre parole, la differenza fra le

ricompense e le punizioni in ogni blocco di 10 carte è stata disegnato in modo che questa differenza nei mazzi A e B aumenti in direzione negativa lungo ogni blocco, verso perdite maggiori. Al contrario, la discrepanza fra le vincite e le perdite nei mazzi vantaggiosi (C e D) diventa più grande in direzione favorevole, ovvero la differenza aumenta lungo i blocchi in direzione positiva (verso una vincita sempre più consistente) (Figura 2.4.1).

Le istruzioni del test erano quelle indicate da Bechara e colleghi (Bechara, Damasio et al. 2000). In particolare, ai soggetti era detto che avrebbero visto sullo schermo 4 mazzi di carte (A, B, C e D) e che dovevano selezionare una carta alla volta, cliccando su una carta del mazzo preferito. Inoltre, lo sperimentatore diceva che dopo ogni selezione, il computer avrebbe detto la somma di denaro vinta o persa. La barra verde, visibile sulla parte superiore dello schermo, si sarebbe ingrandita o rimpicciolita a seconda delle vincite o perdite avute nel gioco. Quella rossa rappresentava, invece, la somma di denaro dato in prestito all'inizio del gioco. Ai partecipanti era specificato che lo scopo del task era quello di vincere il più possibile o, almeno, perdere il meno possibile. All'inizio era data una somma di denaro virtuale pari a 2000 dollari. Era specificato che il computer non avrebbe fatto vincere o perdere in modo casuale o basandosi sull'ultima carta selezionata e che l'unica cosa che potevano sapere era che alcuni mazzi erano più svantaggiosi di altri.

Oltre a queste istruzioni, al fine di evitare eccessivi artefatti nella registrazione dell'EEG, ai partecipanti era chiesto di evitare di battere gli occhi 1 secondo prima e 1 secondo dopo la selezione di ogni carta. Prima di iniziare il test decisionale, i partecipanti dovevano battere 5 volte consecutive gli occhi e, contemporaneamente schiacciare il tasto destro del mouse. Questo perché, attraverso l'utilizzo di un *Mousetracker* (Mouse and Key Recorder, Versione 6.7), un *software* gratuito che permette la registrazione e l'analisi dei movimenti della mano sullo schermo attraverso le coordinate x e y dei click del *mouse* del computer, era registrata ogni selezione compiuta durante il test. Per ogni click erano specificati in un file, con una precisione al millesimo di secondo ($\mu\text{S/s}$) la corrispettiva marcatura oraria (*timestamp*) e le coordinate della parte dello schermo della selezione.

Dopo aver ricevuto le istruzioni del gioco, i partecipanti iniziavano il task decisionale. Durante l'IGT, i quattro mazzi di carte (A, B, C, D) erano rappresentati virtualmente al centro dello schermo del computer, mentre nella parte superiore dello

schermo vi erano le due barre (verde e rossa). Per selezionare una carta, i partecipanti cliccavano con il mouse sul mazzo preferito. Dopo ogni selezione, sullo schermo appariva una scritta indicante la quantità di denaro vinta o persa, accompagnata da un suono diverso per la vincita o perdita. In totale, per completare le 100 selezioni del test i partecipanti impiegavano 15-20 minuti.

La prestazione decisionale è stata valutata attraverso il calcolo del cosiddetto *Net Score*, ottenuto sottraendo dalla somma del numero di carte scelte dai mazzi vantaggiosi il numero di quelle selezionate dai mazzi svantaggiosi (i.e. $(C+D) - (A+B)$). Un Net Score sopra lo zero indica che le carte sono state selezionate soprattutto dai mazzi vantaggiosi e dunque una performance positiva, viceversa un net score negativo indica una scelta prevalentemente dai mazzi svantaggiosi e una performance negativa. Per ogni partecipante, in particolare, è stato calcolato il:

- Net Score Globale = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle 100 selezioni di carte;
- Net Score *Learning Phase* = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle selezioni di carte 1-60;
- Net Score *Performance Phase* = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle selezioni di carte 61-100.

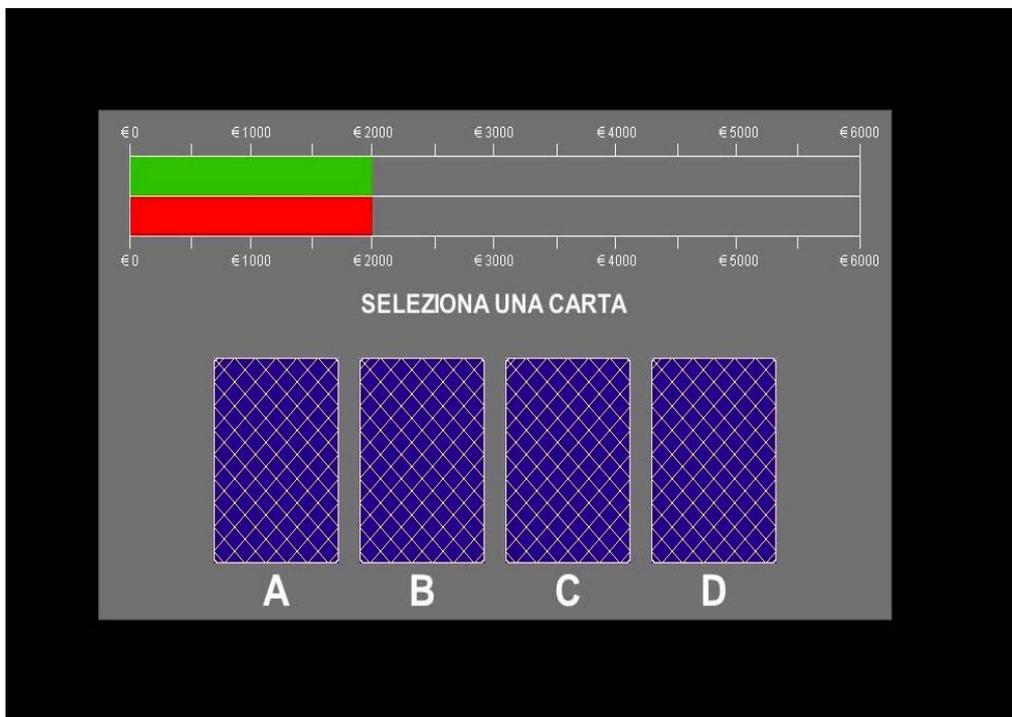


Figura 2.5.2 Schermata dell'Iowa Gambling Task.

2.5.1 Versione dell'IGT utilizzata e razionale

Nel presente studio è stata adottata una specifica versione dell'IGT, elaborata a partire dall'analisi delle esigenze del disegno sperimentale e dei limiti delle versioni utilizzate in alcuni studi precedenti per lo studio dei processi psicofisiologici durante il completamento di tale compito decisionale.

Nonostante la rilevanza degli studi condotti attraverso l'IGT sull'influenza dei segnali emotivi somatici durante tale compito decisionale, infatti, sono numerosi i limiti che caratterizzano tali ricerche.

In primo luogo, come descritto nel Paragrafo 3.3.3 del Capitolo 2, un'importante critica è connessa all'utilizzo negli studi dove sono state registrate le modifiche psicofisiologiche legate al funzionamento dei segnali emotivi automatici di una versione modificata dell'IGT che, a differenza del test originale, prevede intervalli di tempo prefissati fra una selezione e la successiva. Tale scelta è collegata all'indice psicofisiologico utilizzato in tali studi come parametro per la registrazione dei marcatori somatici durante il completamento dell'IGT, ossia la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC). Questo indice, infatti, presenta una latenza di risposta piuttosto lunga e ciò significa che è possibile osservare differenze nel suo andamento solo prefissando intervalli tra una scelta e l'altra di almeno alcuni secondi.

Sebbene la scelta di utilizzare una versione dell'IGT diversa da quell'originale si basi su tali esigenze, l'introduzione di intervalli prefissati tra una scelta e la successiva potrebbe aver avuto ricadute rilevanti sui risultati ottenuti. Il tempo di somministrazione del test riadattato, infatti, è molto più lungo rispetto a quello dell'IGT originale e può portare i partecipanti a sviluppare un senso di frustrazione per il fatto di voler fare una determinata scelta, ma di dover aspettare che sia trascorso il tempo minimo fissato prima di poterla compiere. Tale senso di frustrazione, un'emozione intensa che non era stata progettata per essere all'interno del test, potrebbe compromettere un compito decisionale come l'IGT, sensibile all'apprendimento basato su segnali emotivi automatici (Damasio 1996; Bechara 2003). In letteratura, pochissimi studi hanno indagato sperimentalmente le differenze tra le due versioni dell'IGT (Spottiswoode and May 2003; Cella, Dymond et al. 2007). I risultati, oltre ad essere contraddittori, sono ancora troppo limitati per poter affermare con certezza che l'introduzione di vincoli temporali nel compito decisionale non modifichi il funzionamento dei segnali emotivi automatici e/o la prestazione decisionale degli individui.

In secondo luogo, importanti critiche, già esposte nel paragrafo 3.3.4 del Capitolo 2, sono state mosse sull'utilizzo della Risposta di Conduttanza Cutanea quale indice pressoché esclusivo di funzionamento dei segnali emotivi automatici. La RCC, tuttavia, essendo un indice fisiologico con lunghi tempi di latenza, caratterizzati da alta variabilità interindividuale, non appare la migliore candidata per studiare segnali emotivi somatici puntuali e momentanei. Tale segnale, inoltre, generalmente non è sensibile nel discriminare fra valenza positiva e negativa (Bradley, Codispoti et al. 2001) e, di conseguenza, non sembra essere il migliore candidato per evidenziare segnali emotivi somatici che dovrebbero indicare se una decisione può essere “buona” o “cattiva”.

Date le problematiche che caratterizzano la RCC, maggiori evidenze circa il funzionamento emotivo e cognitivo che precede e segue la selezione delle carte durante l'IGT potrebbero essere date grazie allo studio di risposte psicofisiologiche misurate attraverso indici con minor latenza di risposta e quindi più puntuali.

Fra questi, buoni candidati appaiono l'attività delle Onde Beta e Alpha registrate a livello frontale attraverso l'elettroencefalogramma (EEG), indici puntuali rispettivamente di *arousal* emotivo (Nikulin and Brismar 2004) e attività cognitiva (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), oltre che l'attivazione del Muscolo Facciale Corrugator, misurabile attraverso l'elettromiografia facciale (fEMG), collegato ad una risposta emotiva negativa (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005).

Partendo da tali premesse, la metodologia adottata in questo studio ha cercato di superare i limiti sopraelencati circa lo studio delle influenze emotive somatiche durante la presa di decisione in compiti ambigui. Questo è stato possibile attraverso la messa a punto di una nuova metodologia di studio, che ha compreso:

- l'utilizzo di una versione dell'IGT senza tempi prefissati;
- l'utilizzo di indici psicofisiologici con minore tempo di latenza e maggior valore informativo rispetto alla Risposta di Conduttanza Cutanea, in particolare dell'attivazione delle Onde Beta e Alpha registrate a livello del lobo frontale e dell'attivazione del muscolo facciale corrugatore del sopracciglio;
- l'integrazione di un *mousetracker* per la registrazione dei cambiamenti psicofisiologici durante l'IGT, al fine di poter sincronizzare con una precisione

al millisecondo modifiche negli indici fisiologici a comportamenti osservati nel compito decisionale.

L'ideazione e la messa a punto di tale metodologia di indagine sarà importante per: (1) offrire un avanzamento significativo nella comprensione scientifica sul ruolo delle emozioni anticipatorie durante la presa di decisione, all'interno della cornice teorica dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico*, in compiti che, come quelli della realtà quotidiana delle persone, non prevedono limiti temporali prefissati; (2) definire parametri fisiologici puntuali e sensibili alla valenza emotiva degli stimoli per la misurazione del funzionamento emotivo e cognitivo durante compiti decisionali ambigui.

2.6 Assessment psicometrico

Al fine di misurare indici soggettivi di stress e ansia di tratto e di stato, ai partecipanti sono state somministrate le scale psicometriche *self-report* specificate nei paragrafi che seguono.

2.6.1 Questionari psicometrici di tratto

I partecipanti, durante la sessione sperimentale, hanno compilato i seguenti questionari per la misura di presenza di Stress Cronico e di Ansia di Tratto, nell'ordine:

- *Misura dello Stress Percepito (MSP)*; (Di Nuovo, Rispoli et al. 2000). L'MSP è uno strumento ideato da Tessier e colleghi nel 1990, adattato e validato in italiano da Rispoli e Di Nuovo. Il questionario è stato messo a punto per quantificare lo stress e quindi fornire una misura diretta dello stato soggettivo del sentirsi stressato. Il test si compone di 49 item con punteggi su scala Likert a 4 punti. Tali domande sono basate sui diversi aspetti legati alla percezione che l'individuo ha del suo stato, ossia l'aspetto cognitivo-affettivo, fisiologico e comportamentale, che rappresentano le tre principali categorie capaci di fornire un indice globale dello stato di stress psicologico. L'MSP offre un punteggio globale di stress ed alcuni punteggi parziali. All'individuo è chiesto di rispondere alle domande sulla base di come si è sentito negli ultimi 4-5 giorni. Il

punteggio globale del test offre un cut-off sulla base del genere (103 per gli uomini e 110 per le donne), superato il quale l'individuo è ritenuto cronicamente stressato.

- *State-Trait Anxiety Inventory Form Y-2 (STAI Y-2)*, (Spielberger, Gorsuch et al. 1970; Macor, Pedrabissi et al. 1990). La STAI è un questionario di 20 item su scala Likert che mira a misurare l'ansia di stato (STAI-Y1) e quella di tratto (STAI-Y2). Per l'assessment dell'ansia di tratto è stata utilizzata la STAI-Y2, che misura la tendenza dell'individuo a essere ansioso e si riferisce a differenze individuali relativamente stabili nella disposizione verso tale stato. Per l'assessment dell'ansia di stato, definibile come uno stato transitorio emotivo caratterizzato da sentimenti soggettivi percepiti a livello cosciente di tensione e apprensione, è, invece, stata utilizzata la STAI-Y1, descritta di seguito.

-

2.6.2 Questionari psicometrici di stato

Ai partecipanti sono stati somministrati dei questionari psicometrici di stato, compilati immediatamente prima e dopo l'esposizione alla Condizione Sperimentale. In particolare i questionari utilizzati erano:

- *State-Trait Anxiety Inventory Form Y-1 (STAI Y-1)*, (Spielberger, Gorsuch et al. 1970; Macor, Pedrabissi et al. 1990). La STAI-Y1 è stata utilizzata per valutare il livello d'ansia di stato, ovvero il grado d'ansia percepito dal soggetto nel preciso momento in cui è somministrata la scala.
- *Visual Analogue Scale for Anxiety (VAS-A)*. La VAS-A è uno strumento di misura per valutare l'ansia lungo un continuum. È rappresentata da una linea orizzontale di, 100 mm di lunghezza, ai cui estremi corrisponde uno stato di tranquillità e di ansia estrema. Il soggetto segna il punto della linea che corrisponde al modo di percepirsi nella situazione corrente.

2.7 Assessment psicofisiologico

Nello studio sono stati registrati i dati psicofisiologici dei partecipanti e, in particolare: il battito cardiaco, o *heart rate* (HR) e l'indice NN50, misurati attraverso l'elettrocardiogramma (ECG); l'andamento delle onde cerebrali frontali Alpha e Beta,

misurate attraverso l'elettroencefalogramma (EEG); l'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio facciale, registrato con l'elettromiografia facciale (fEMG).

I segnali di fEMG sono stati registrati attraverso il NeXus-4 Equipment con software BioTrace+, sviluppato da Mind Media. Attraverso tale modulo sono stati registrati i dati provenienti dai sensori psicofisiologici che erano successivamente inviati, trattati e digitalizzati, al PC attraverso una connessione senza fili. Tali segnali psicofisiologici sono stati registrati con un campionamento di 2048 Hz ed esportati con una frequenza di campionamento di 1024 Hz (1024 registrazioni al secondo).

I segnali di EEG e HR sono stati registrati, invece, attraverso ENOBIO®, un sistema elettrofisiologico indossabile e senza fili per la registrazione dell'attività cerebrale e del battito cardiaco sviluppato da Starlab Barcellona. In questo caso i segnali sono stati registrati con un campionamento di 256 Hz.

I dati registrati, prima della fase di analisi, sono stati riparati da artefatti fisiologici e analizzati offline attraverso Matlab 7.0 (The Mathworks, Natick, MA).

Di seguito sono descritti i diversi indici psicofisiologici utilizzati nelle varie fasi dell'esperimento.

2.7.1 Baseline ed esposizione agli stimoli

Prima di iniziare l'esperimento e durante l'esposizione allo stimolo stressante o neutro sono stati registrati i valori di ECG dei partecipanti. Nella fase di baseline, i soggetti dovevano chiudere gli occhi, cercando di rilassarsi il più possibile, mentre per tre minuti venivano registrate variazioni nei parametri psicofisiologici. La media degli indici rilevati durante questi minuti a livello dell'ECG, è stata selezionata come valore di baseline.

Modifiche nei valori degli indici dell'EEG sono state registrate anche durante l'esposizione allo stress transitorio (o allo stimolo neutro), al fine di verificare differenze rispetto ai valori registrati durante la baseline.

L'ECG è stato registrato in millivolt (mV) attraverso il sensore incluso nel bracciale dell'ENOBIO®, che era posizionato sul polso sinistro dei partecipanti. Dal segnale di ECG sono stati calcolati diversi indici e, in particolare:

- Valore medio dell'HR, misurato in battiti per minuto (BPM) e calcolato attraverso i picchi delle onde-R (intervalli R-R);

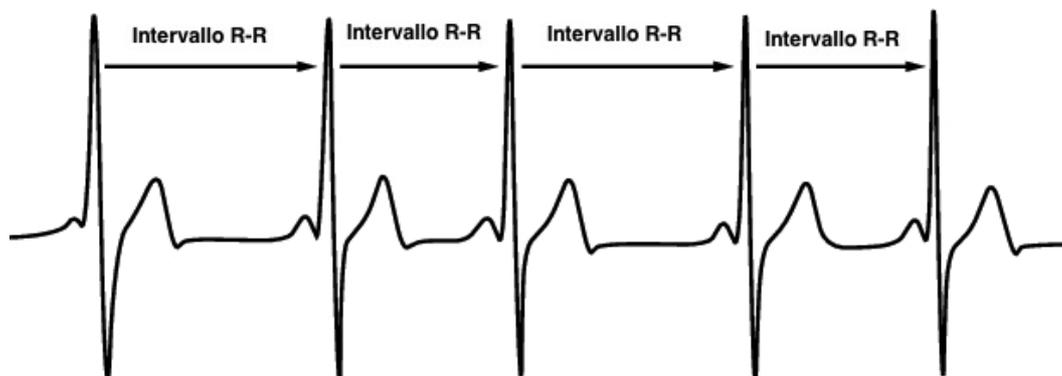


Figura 2.7.1 Esempio di traccia ECG con indicazione degli intervalli R-R.

- Indice NN50, ossia il numero di successivi intervalli *normal to normal* (NN) la cui differenza supera i 50 millisecondi. Tale segnale è stato estratto come indice spettrale dell'*Heart Rate Variability* (HRV), una tra le migliori misure della risposta del sistema nervoso simpatico (Camm, Malik et al. 1996; Magagnin, Mauri et al. 2010; Mauri, Cipresso et al. 2011) per questo utilizzato in numerosi studi sulla risposta a stressor (McCraty, Atkinson et al. 1995; Hjortskov, Rissén et al. 2004).

2.7.2 Risposte precedenti le scelte

Le risposte precedenti le scelte, registrate attraverso l'EEG, sono state misurate 1 secondo prima della selezione di ogni carta durante il compito decisionale. L'attivazione media in tale finestra temporale è stata considerata in risposta all'evento della decisione anticipata.

L'EEG è stato registrato in microvolt (μV) attraverso l'ENOBIO® con tre elettrodi posizionati rispettivamente a livello del canale destro (FP1), sinistro (FP3) e centrale (FPZ) del lobo cerebrale prefrontale. L'elettrodo di riferimento è stato posto sull'orecchio destro dei partecipanti.



Figura 2.7.2 ENOBIO®, sistema elettrofisiologico indossabile e senza fili per la registrazione dell'attività cerebrale e del battito cardiaco sviluppato da Starlab Barcellona, utilizzato in questo studio.

Dai segnali di EEG sono stati rimossi gli artefatti causati dai movimenti oculari e dai battiti degli occhi, attraverso un algoritmo automatico (Xue, Li et al. 2006) e una seguente ispezione visiva. In seguito sono state calcolate attraverso analisi spettrali (Nikulin and Brismar 2004; Bagic, Knowlton et al. 2011; Bagic, Knowlton et al. 2011) le matrici corrette per il calcolo, per ognuno dei canali registrati, di:

- Attivazione delle onde Beta (13-30 Hz), indice spesso utilizzato in letteratura (Nikulin and Brismar 2004) per identificare un *arousal* emotivo. Di conseguenza, è stata utilizzata nel presente studio come indice puntuale di attivazione emotiva.
- Attivazione delle onde Alpha (7-13 Hz), misura di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999) e, di conseguenza, utilizzate come misura funzionamento cerebrale collegato a processi attentivi precedente la selezione dai mazzi di carte.

Onde Cerebrali	Frequenza	Condizione Mentale
Onde Alpha	7-13 Hz	Attività Cognitiva
Onde Beta	13-30 Hz	Arousal Emotivo

Figura 2.7.3 Classificazione delle onde cerebrali e delle corrispettive condizioni mentali.

2.7.3 Risposta alle punizioni

La risposta alle punizioni è stata misurata 1 secondo dopo la selezione delle carte dopo le quali era data una punizione in termine di perdita di denaro.

I segnali di fEMG, e in particolare l'attivazione media del muscolo corrugatore del sopracciglio, registrata in tale finestra temporale è stata considerata in risposta alla punizione ricevuta.

I dati grezzi ottenuti con l'elettromiografia sono una collezione di segnali positivi e negativi la loro frequenza e ampiezza fornisce informazioni circa la contrazione dei muscoli. L'ampiezza è misurata in μV (microvolts). Non appena l'individuo contrae il muscolo, il numero e l'ampiezza delle linee aumenta; quando il muscolo si rilassa, viceversa, diminuisce.

Nello studio abbiamo considerato il valore *fEMG Root Mean Square* (fEMG_RMS) per la correzione del segnale grezzo e la sua conversione in un'ampiezza di variazione. Tale indice è stato registrato in corrispondenza del muscolo corrugatore del sopracciglio, che, come osservato in precedenti studi, aumenta in seguito ad emozioni negative (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005).



Figura 2.6.4 NeXus-4 Equipment per la registrazione dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio.

2.8 Procedura

Gli esperimenti sono stati condotti nel laboratorio di Psicologia della Comunicazione del Dipartimento di Scienze della Formazione di Milano-Bicocca. Durante il reclutamento dei partecipanti, è stato chiesto loro di non assumere caffeina e nicotina nelle due ore precedenti l'esperimento. Lo studio era presentato ai soggetti come una ricerca circa l'influenza delle emozioni sulla capacità decisionale.

Dopo una breve introduzione da parte dello sperimentatore sul funzionamento degli strumenti per la registrazione dei segnali psicofisiologici e sulla natura completamente anonima dei test, ai partecipanti era chiesto di compilare il consenso informato.

I soggetti sono stati fatti accomodare su una sedia collocata davanti ad un Personal Computer Asus G2S (Intel® Core™2 Extreme Processor X7800) con schermo da 17", posto a una distanza di circa un metro. Prima di iniziare la sessione sperimentale, lo sperimentatore collocava i sensori per la registrazione dei dati psicofisiologici (HR e RCC).

In seguito, per due minuti era registrata la baseline fisiologica, durante la quale era chiesto ai partecipanti di assumere una posizione comoda e chiudere gli occhi,

cercando di rilassarsi il più possibile. Completata questa fase, i soggetti hanno compilato online i questionari psicometrici di tratto (MSP e STAI-Y2) e di stato (STAI-Y1 e VAS-A), impiegando in media 15-20 minuti.

Successivamente, metà dei partecipanti è stata sottoposta allo stress transitorio, mentre l'altra metà no. Entrambi gli stimoli sono stati presentati sullo schermo del PC. La divisione del campione è stata fatta secondo uno schema di randomizzazione ottenuto da <http://www.randomizer.org/>. Durante l'esposizione allo stress transitorio e allo stimolo neutro sono stati registrati i parametri fisiologici dei partecipanti (HR e RCC). Una volta completata questa parte, che in media durava circa 4 minuti, i partecipanti hanno compilato nuovamente i questionari di stato (STAI-Y1 e VAS-A) e, infine, hanno completato il test decisionale (IGT), durante il quale erano registrati i segnali psicofisiologici (EEG, fEMG). Nello studio è stata utilizzata una versione computerizzata dell'IGT, sviluppata con il programma Director MX 2004 e installata sul PC.

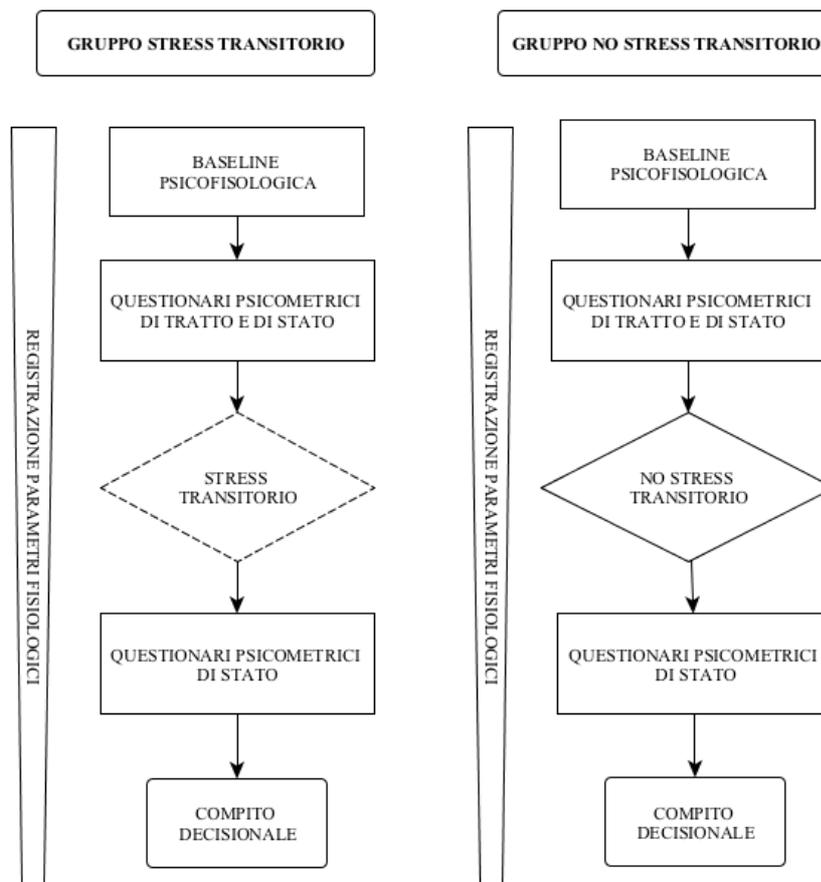


Figura 2.7.1. Cronologia della sessione sperimentale

3 Analisi dei dati

I dati raccolti sono stati inseriti in un database creato con Microsoft Excel e analizzati attraverso SPSS (versione 17.0).

Il T-test per campioni indipendenti è stato utilizzato per verificare l'omogeneità alle variabili clinico-epidemiologiche del campione, mentre ANOVA miste sono state condotte per valutare il manipulation check.

3.1 Performance decisionale

La performance decisionale è stata analizzata seguendo la metodologia spiegata nel paragrafo 2.5 di questo Capitolo. ANOVA di tipo 2 (stress transitorio: sì, no) x 2 (genere: maschile, femminile) sono condotte per osservare possibili differenze nella prestazione IGT legate all'esposizione allo stress transitorio e al genere di appartenenza dei partecipanti.

3.2 Attività psicofisiologica

L'analisi dell'attività psicofisiologica è stata combinata per i mazzi svantaggiosi (A e B) e vantaggiosi (C e D), come fatto in studi precedenti (Bechara, Tranel et al. 1996). L'attività fisiologica durante l'anticipazione e dopo le punizioni è stata calcolata separatamente. ANOVA miste di tipo 2 (stress transitorio: sì, no) x 2 (tipo di mazzo: vantaggiosi, svantaggiosi) sono state calcolate per i valori psicofisiologici durante la risposta precedente le scelte e la risposta alle punizioni, con il secondo fattore a misure ripetute. Per la modalità di calcolo di tali risposte si rimanda ai Paragrafo 2.7.2 e 2.7.5 di questo Capitolo.

4 Risultati

4.1 Variabili clinico-epidemiologiche

Il t-test per campioni indipendenti è stato utilizzato per verificare l'omogeneità alle variabili clinico-epidemiologiche del campione diviso per il fattore stress transitorio.

Non sono emerse differenze significative rispetto all'età, $t(37) = 1.18$, $SEM = 12.7$, $p = .245$, e agli anni scolastici, $t(37) = 36.2$, $SEM = 1.35$, $p = .139$. Le medie e le deviazioni standard del campione diviso per stress transitorio sono riportate nella Tabella 4.1.1.

Variabili	Stress Transitorio (Media e DS)	No Stress Transitorio (Media e DS)	$t(37)$	p
Età	23.5 (3.01)	23.8 (3.99)	1.18	.245
Anni Scolastici	13.7 (.958)	14.3 (1.3)	36.2	.139

Tabella 4.1.1 Media e Deviazione Standard dell'età e del numero di anni scolastici nel campione diviso per stress transitorio.

Allo stesso modo, non sono state trovate differenze significative nei partecipanti divisi per stress transitorio nei punteggi dei questionari psicometrici di stato misurati alla baseline, sia per quanto riguarda la STAI-Y1, $t(37) = .288$, $SEM = 47$, $p = .775$, che la VAS-A, $t(37) = -.646$, $SEM = 3.43$, $p = .526$, vedi Tabella 4.1.2.

Variabili	Stress Transitorio (Media e DS)	No Stress Transitorio (Media e DS)	$t(37)$	p
STAI-Y1	33.2 (6.24)	33.8 (7.32)	.288	.775
VAS-A	3 (1.84)	2.62 (1.85)	-.646	.526

Tabella 4.1.2 Punteggi medi e Deviazione Standard dei valori misurati ai questionari psicometrici nel campione diviso per stress transitorio.

4.2 Risultati relativi al manipulation check

L'efficacia nell'induzione di stress transitorio è stata misurata esaminando le risposte soggettive dei partecipanti espresse nei questionari psicometrici di stato (STAI-Y1 e VAS-A) e analizzando le modifiche registrate negli indici psicofisiologici (HR e NN50). Un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo: pre, post) X 2 (stress transitorio, si, no) è stata utilizzata per comparare i punteggi alle scale psicometriche e i valori degli indici psicofisiologici misurati prima e dopo l'esposizione allo stress transitorio.

4.2.1 Questionari psicometrici di stato

In primo luogo, dalle analisi condotte sulla STAI-Y1 è emerso un effetto principale del tempo, $F(1, 37) = 37.01$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .072$, e un'interazione significativa fra tempo e stress transitorio, $F(1, 37) = 21.5$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .368$. In particolare, solo i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato una differenza significativa nei punteggi medi nei diversi periodi tempo (Tabella 4.2.1.1).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	325	2.86	.072	.099
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	747	37	.501	.000***
A x B	1	434	21.5	.368	.000***
Errore	37				

Tabella 4.2.1.1 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sul punteggio alla STAI-Y1.

Per quanto riguarda la VAS-A, è emerso un effetto principale significativo del tempo, $F(1, 37) = 16.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .314$, dello stress transitorio, $F(1, 37) = 4.42$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .107$, e, analogamente a quanto osservato rispetto alla STAI-Y1, un'interazione statisticamente significativa tra i fattori, $F(1, 37) = 18.8$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .337$. Anche in questo caso, nello specifico, è emerso un aumento significativo dei punteggi medi solo nei partecipanti esposti a stress transitorio.

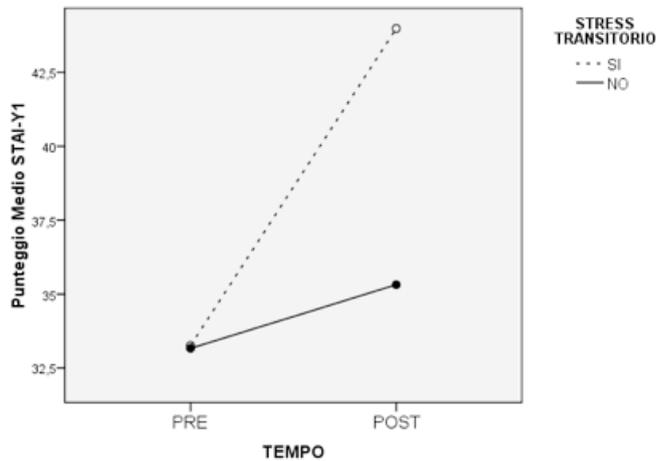


Figura 4.2.1.1 Punteggi medi alla STAI-Y1 prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	33.8	4.42	.107	.041*
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	15.5	16.9	.314	.000***
A x B	1	17.1	18.8	.337	.000***
Errore	37				

Tabella 4.2.1.2 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sul punteggio alla VAS-A.

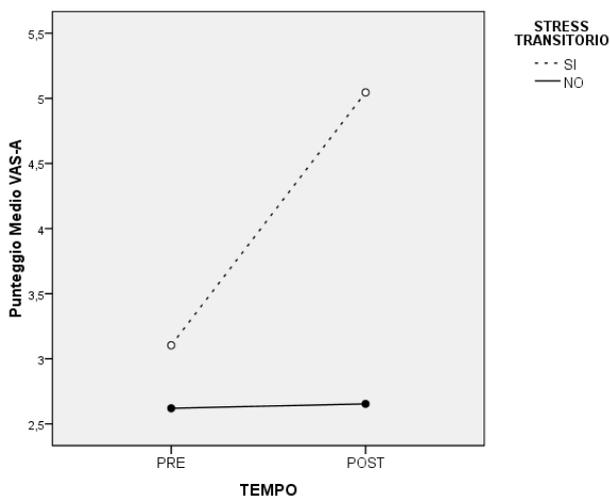


Figura 4.2.1.2 Punteggi medi alla VAS-A prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Nella Tabella 4.2.3.1 sono riportati i punteggi misurati nei questionari psicometrici di stato prima e dopo l'esposizione allo stress transitorio.

Stress Transitorio	Tempo	Punteggio	
		STAI-Y1	VAS-A
Si	Pre	33.2 (6.83)	3 (1.84)
	Post	44.1 (9.59)	4.83 (2.61)
No	Pre	33.8 (6.26)	2.62 (1.85)
	Post	35.3 (9.1)	2.57 (1.91)

Tabella 4.2.1.3 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati ai questionari psicometrici nel campione diviso per stress transitorio prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

In una fase successiva di analisi, un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo) X 2 (stress transitorio) X 2 (genere) è stata condotta per osservare eventuali differenze di genere nella risposta alla condizione sperimentale.

Innanzitutto, dalle analisi condotte sui punteggi misurati attraverso le scale psicometriche, riguardo la STAI-Y1 è emerso un effetto principale del tempo, $F(1, 35) = 40.5$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .537$, e un'interazione significativa fra tempo x stress transitorio, $F(1, 35) = 17.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .339$ (Tabella 4.2.1.4 e Tabella 4.2.1.5).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	352	2.99	.079	.092
(B) Genere	1	61.1	.52	.015	.476
Ax B Interazione	1	.000	2.53	.038	.117
Errore (between groups)	35				
(C) Tempo	1	790	40.5	.537	.000***
A x C Interazione	1	336	17.9	.339	.000***
B x C Interazione	1	15.5	.827	.023	.369
A x B x C Interazione	1	68.1	6.69	.094	.065
Errore (within groups)	35				

Tabella 4.2.1.4 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Genere sul punteggio alla STAI-Y1.

Stress Transitorio	Genere	Tempo	
		Pre	Post
Si	Maschile	33.4 (7.6)	43.1 (13.3)
	Femminile	33.1 (5.62)	44.8 (6.8)
	Totale	33.2 (6.26)	44.1 (9.56)
No	Maschile	30.2 (7.36)	35.3 (11.9)
	Femminile	36.1 (6.6)	35.2 (7.4)
	Totale	33.8 (7.32)	35.3 (6.77)

Tabella 4.2.1.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati nella STAI-Y1 nel campione diviso per Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Allo stesso modo, per quanto riguarda la VAS-A, è stato osservato un effetto principale significativo del tempo, $F(1, 35) = 20.5, p < .001, \eta_p^2 = .37$, e dello stress transitorio, $F(1, 35) = 5.02, p < .05, \eta_p^2 = .123$, oltre che un'interazione statisticamente significativa fra i due fattori, $F(1, 35) = 19.1, p < .001, \eta_p^2 = .37$ (Tabella 4.2.1.6 e Tabella 4.2.1.7).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	37.9	5.02	.126	.031*
(B) Genere	1	14.4	1.91	.052	.176
Ax B Interazione	1	5.26	.697	.02	.409
Errore (between groups)	35				
(C) Tempo	1	17.9	20.5	.37	.000***
A x C Interazione	1	16.7	19.1	.353	.000***
B x C Interazione	1	3.15	3.61	.093	.066
A x B x C Interazione	1	.097	.112	.003	.74
Errore (within groups)	35				

Tabella 4.2.1.6 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio x Genere sul punteggio alla VAS-A.

Stress Transitorio	Genere	Tempo	
		Pre	Post
Si	Maschile	3.57 (2.29)	6 (3.51)
	Femminile	2.64 (1.5)	4.09 (6.8)
	Totale	3 (1.84)	4.83 (2.61)
No	Maschile	2.63 (1.92)	3 (2.39)
	Femminile	2.62 (1.89)	2.31 (1.6)
	Totale	2.62 (1.85)	2.57 (1.91)

Tabella 4.2.1.7 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati nella VAS-A nel campione diviso per Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

4.2.2 Indici psicofisiologici

Errori nella registrazione dell'ECG hanno causato la mancata registrazione dei dati per 6 individui e, di conseguenza, le analisi hanno incluso 33 partecipanti, 20 di genere femminile (60.6%) e 13 di genere maschile (39.4%). Un aumento nell'HR, così come una diminuzione nei valori del NN50 corrisponde a un'attivazione del sistema nervoso simpatico (vedi Paragrafo 2.7.1 del presente Capitolo).

In primo luogo, dalle analisi condotte sull'HR è emerso un effetto principale significativo del tempo, $F(1, 31) = 7.78, p < .01, \eta_p^2 = .201$, dello stress transitorio, $F(1, 31) = 4.27, p < .05, \eta_p^2 = .121$, e un'interazione statisticamente significativa tra i fattori, $F(1, 31) = 23.6, p < .001, \eta_p^2 = .432$. In particolare, è emerso un aumento significativo dei valori medi di HR solo nei partecipanti esposti a stress transitorio.

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	1307	4.27	.121	.047*
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	200	7.78	.201	.009**
A x B	1	608	23.6	.432	.000***
Errore	31				

Tabella 4.2.2.1 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sui valori medi di HR misurato in BPM.

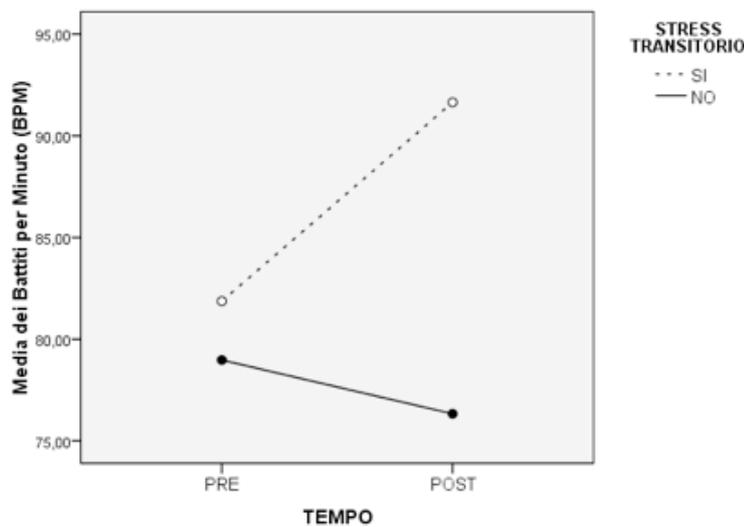


Figura 4.2.2.1 Valori medi dell'HR (misurato in BPM) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

In secondo luogo, dalle analisi condotte sulla NN50, non è emerso alcun effetto principale significativo né interazioni statisticamente significative tra i fattori stress transitorio e tempo. A livello descrittivo, nei partecipanti esposti allo stressor transitorio è stata osservata una diminuzione nei valori del NN50, indice di un'attivazione del sistema nervoso simpatico. Viceversa, individui non esposti allo stressor hanno mostrato un aumento dei valori di tale indice (vedi Figura 4.2.2.2).

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	122	.293	.009	.592
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	.183	.001	.000	.979
A x B	1	478	1.86	.057	.182
Errore	31				

Tabella 4.2.2.2 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sui valori medi del NN50 (espresso in ms).

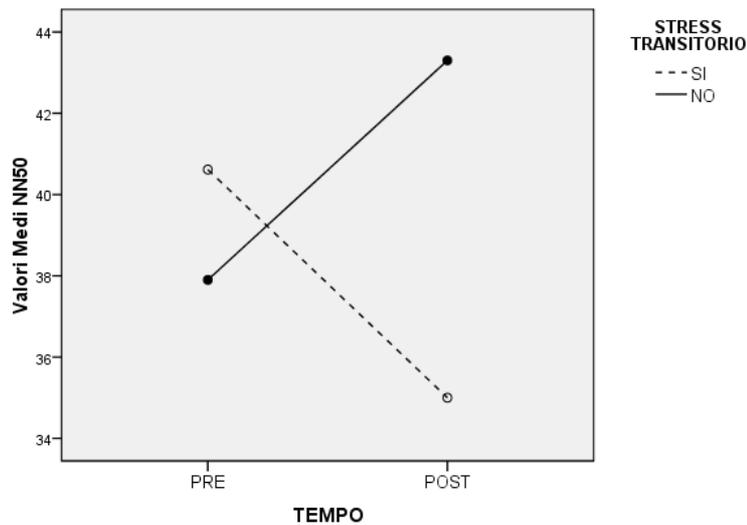


Figura 4.2.2.2 Differenze nei valori medi nel NN50 (espresso in ms) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Nella Tabella 4.2.2.3 sono riportati i valori registrati prima e dopo l'esposizione allo stress transitorio.

Stress Transitorio	Tempo	Valori	
		HR	NN50
Si	Pre	81.8 (15.8)	40.6 (18.1)
	Post	91.6 (15.5)	35 (13.3)
No	Pre	78.9 (11.4)	37.9 (22)
	Post	76.3 (9.9)	35 (13.3)

Tabella 4.2.2.3 Valori medi (e Deviazione Standard) dell'HR (misurato in BPM) e del NN50 (espresso in ms) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

In una fase successiva di analisi, un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo) X 2 (stress transitorio) X 2 (genere) è stata condotta per osservare eventuali differenze di genere nella risposta alla condizione sperimentale.

Riguardo l'HR è emerso un effetto principale del tempo, $F(1, 29) = 7.2, p < .05, \eta_p^2 = .199$, dello stress transitorio $F(1, 29) = 4.22, p < .05, \eta_p^2 = .13$, e un'interazione significativa fra tempo x stress transitorio, $F(1, 29) = 21.8, p < .001, \eta_p^2 = .429$ (Tabella 4.2.2.4 e Tabella 4.2.2.5).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1219	4.22	.13	.046*
(B) Genere	1	1046	3.71	.114	.064
Ax B Interazione	1	472	1.67	.055	.205
Errore (between groups)	29				
(C) Tempo	1	183	7.2	.199	.012*
A x C Interazione	1	555	21.8	.429	.000***
B x C Interazione	1	29.8	1.17	.039	.288
A x B x C Interazione	1	40.1	1.57	.051	.22
Errore (within groups)	29				

Tabella 4.2.2.4 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Genere sui valori medi dell'HR misurato in BPM.

Stress Transitorio	Genere	Tempo	
		Pre	Post
Si	Maschile	76 (11.4)	82.5 (9.94)
	Femminile	86.8 (18.1)	99.4 (15.6)
	Totale	81 (15.8)	91.6 (15.5)
No	Maschile	77 (7.81)	74.7 (9.21)
	Femminile	80 (13.1)	77.2 (10.6)
	Totale	78.9 (11.4)	76.3 (9.98)

Tabella 4.2.2.5 Valori medi (e Deviazione Standard) dell'HR (misurato in BPM) nel campione diviso per Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Per quanto riguarda l'indice NN50, non è emerso alcun effetto principale statisticamente significativo, né interazione significative tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.2.2.6 e Tabella 4.2.2.7.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	31.1	5.16	.147	.03*
(B) Genere	1	31.5	5.25	.149	.029*
Ax B Interazione	1	39.7	6.61	.181	.015*
Errore (between groups)	29				
(C) Tempo	1	13.7	.053	.002	.819
A x C Interazione	1	574	2.23	.071	.146
B x C Interazione	1	453	1.75	.057	.195
A x B x C Interazione	1	1.03	.004	.000	.95
Errore (within groups)	29				

Tabella 4.2.2.6 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Genere sui valori medi del NN50 (misurato in ms).

Stress Transitorio	Genere	Tempo	
		Pre	Post
Si	Maschile	34.5 (11.4)	35.5 (8.8)
	Femminile	45.8 (21.9)	35.4 (16.9)
	Totale	40.6 (18.1)	35 (13.3)
No	Maschile	28 (17.9)	44.6 (17.8)
	Femminile	43.2 (23)	40.8 (17.1)
	Totale	37.9 (22)	43.3 (17.2)

Tabella 4.2.2.7 Valori medi (e Deviazione Standard) del NN50 (misurato in ms) nel campione diviso per Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

4.3 Performance decisionale

Un'ANOVA di tipo 2 (stress transitorio) X 2 (genere) è stata condotta per osservare i possibili effetti principali e di interazione tra i fattori sulla prestazione decisionale globale e nelle due diverse fasi del test (*Learning phase*, *Performance phase*).

Per quanto riguarda il Net Score Globale, è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 35) = 6.9$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .165$. In particolare, lo stress transitorio ha impattato in modo negativo sulla performance decisionale (stress transitorio, $M = .22$, $DS = 13.3$; no stress transitorio, $M = 15.6$, $DS = 22.3$) (Figura 4.3.1). Non è stato osservato un effetto principale statisticamente significativo del genere, né un'interazione significativa fra stress transitorio e genere. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.3.1.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	2435	6.9	.165	.013*
(B) Genere	1	424	1.2	.033	.28
Ax B Interazione	1	107	.306	.009	.584
Errore (within groups)	35				

Tabella 4.3.1 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Genere sul Net Score Globale.

Nella *Learning Phase* del test (Selezioni 1-60) è emerso un effetto principale significativo del fattore stress transitorio, $F(1, 35) = 8.77$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .201$. Anche in questa fase del test, in particolare, lo stress transitorio ha impattato in modo negativo sulla prestazione decisionale, stress transitorio, $M = -.35$, $DS = 7.75$; no stress transitorio, $M = 7.56$, $DS = 10.4$, vedi Tabella 4.3.2.

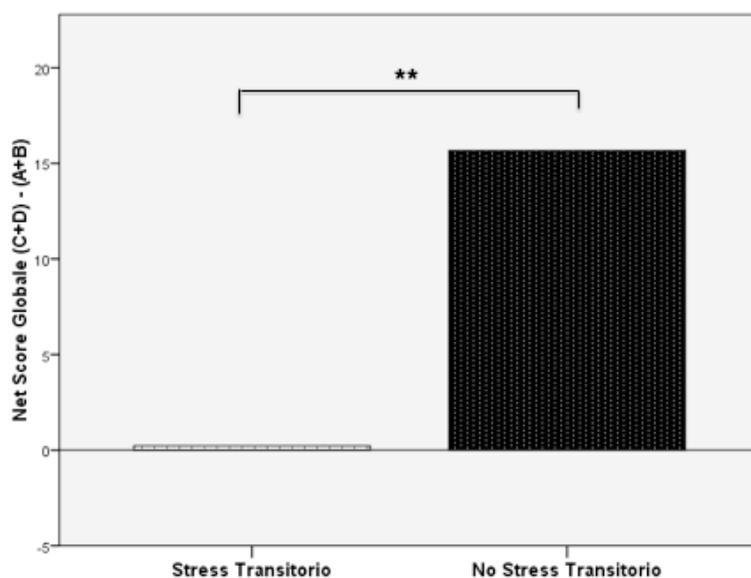


Figura 4.3.1 Differenze nel Net Score Globale durante le 100 selezioni dai mazzi, nel campione diviso per Stress Transitorio.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	763	8.77	.201	.005**
(B) Genere	1	163	1.87	.051	.179
Ax B Interazione	1	107	1.23	.009	.584
Errore (within groups)	35				

Tabella 4.3.2 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Genere sul Net Score nella *Learning Phase*.

Infine, per quanto riguarda i net score calcolati nella *Performance Phase* (Selezioni 61-100), non è stato osservato alcun effetto principale significativo né effetti di interazione statisticamente significativi tra i fattori (vedi Tabella 4.3.3).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	461	2.27	.061	.141
(B) Genere	1	48.6	.238	.007	.628
Ax B Interazione	1	1.29	.006	.000	.937
Errore (within groups)	35				

Tabella 4.3.3 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Genere sul Net Score nella *Performance Phase*.

Stress Transitorio	Genere	Net Score		
		Globale	Learning	Performance
Si	Maschile	2.29 (13.8)	-.29 (8.11)	2.29 (14.6)
	Femminile	-1.09 (13.4)	-1.09 (7.86)	.36 (10.5)
	Totale	.22 (13.3)	-.78 (7.7)	1.11 (11.9)
No	Maschile	22 (24.7)	12.2 (11.7)	9.7 (18.6)
	Femminile	11.7 (20.6)	4.62 (9.4)	7.1 (13.7)
	Totale	15.6 (22.2)	7.52 (10.7)	8.1 (15.4)

Tabella 4.3.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei Net Score nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio e Genere.

4.4 Risposta precedente le scelte

Errori nella registrazione dell'EEG hanno causato la mancata registrazione dei dati per 4 individui e, di conseguenza, le analisi sulla risposta precedente le scelte hanno incluso 35 partecipanti, 21 di genere femminile (60%) e 14 di genere maschile (40%).

ANOVA di tipo 2 (stress transitorio: si, no) X 2 (tipo di mazzo: vantaggiosi, svantaggiosi) sono state condotte per osservare i possibili effetti principali e di interazione dei fattori sulle risposte precedenti le scelte durante il test decisionale.

4.4.1 Onde Beta

Al fine di misurare la risposta di *arousal* emotivo precedente la scelta dei mazzi sono state analizzate le Onde Beta registrate a livello del lobo frontale destro e sinistro. Valori elevati nelle Onde Beta sono indice di un'elevata attivazione emotiva (vedi Paragrafo 2.7.2 del presente Capitolo).

Per quanto riguarda le onde Beta registrate a livello del canale frontale destro (FP1) non è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, né del tipo di mazzo, né un'interazione significativa tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.1.1.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.19 ⁻⁵	1.9	.054	.177
(B) Tipo di Mazzo	1	3.85 ⁻⁷	.067	.002	.797
Ax B Interazione	1	3.72 ⁻⁶	.647	.019	.427
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.1.1 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt).

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.0044 (.0026)
	No	.0076 (.0091)
	Totale	.0061 (.0068)
Vantaggiosi	Si	.0041 (.0015)
	No	.0082 (.0125)
	Totale	.0062 (.0091)

Tabella 4.4.1.2 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Gli stessi risultati sono stati osservati nella prima fase del test, ossia la *Learning Phase*, dove non è emerso alcun effetto principale significativo né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.1.3 e Tabella 4.4.1.4).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.45 ⁻⁵	1.72	.05	.198
(B) Tipo di Mazzo	1	8.99 ⁻⁷	.164	.005	.688
Ax B Interazione	1	3.17 ⁻⁷	.058	.002	.811
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.1.3 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.0048 (.0036)
	No	.0083 (.0099)
	Totale	.0066 (.0077)
Vantaggiosi	Si	.0049 (.0024)
	No	.0087 (.0126)
	Totale	.0068 (.0093)

Tabella 4.4.1.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Anche nella seconda fase del test, la *Performance Phase*, non sono emersi risultati statisticamente significativi (Tabella 4.4.1.5 e Tabella 4.4.1.6).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	4.34 ⁻⁶	1.56	.047	.22
(B) Tipo di Mazzo	1	2.36 ⁻⁷	.024	.001	.879
Ax B Interazione	1	6.07 ⁻⁶	.606	.019	.442
Errore (within groups)	32				

Tabella 4.4.1.5 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Per quanto riguarda le onde Beta registrate, invece, a livello del canale frontale sinistro (FP2) è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 33) = 6.39$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .162$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice di una meno intensa risposta di *arousal* prima della scelta dai mazzi (stress transitorio, $M = .0038$, $DS = 7.54^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0064$, $DS = 7.35^{-4}$) (Figura 4.4.1.1).

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.0035 (.0029)
	No	.0062 (.0088)
	Totale	.0049 (.0066)
Vantaggiosi	Si	.0031 (.0008)
	No	.0069 (.0131)
	Totale	.0051 (.0092)

Tabella 4.4.1.6 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

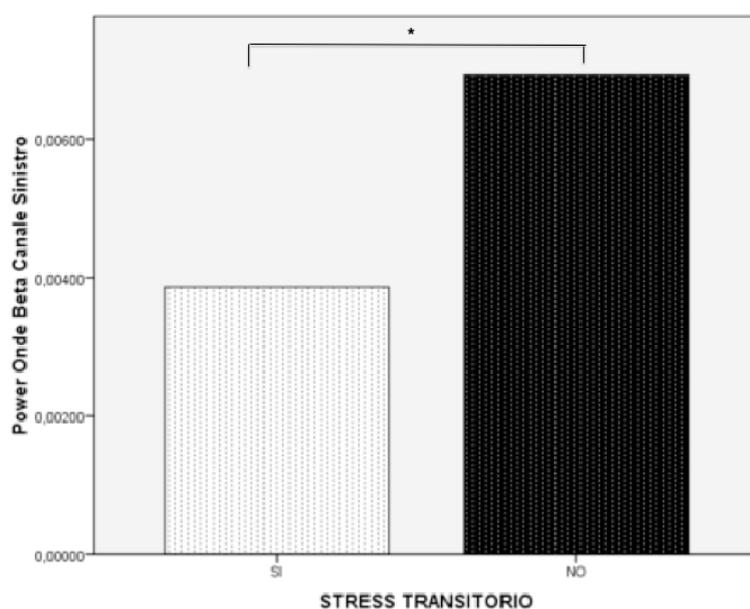


Figura 4.4.1.1 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Transitorio.

Inoltre, è emerso un effetto principale del tipo di mazzo, $F(1, 33) = 4.1, p < .05, \eta_p^2 = .111$, con un'attivazione delle Beta significativamente maggiore prima della scelta dai mazzi svantaggiosi rispetto a quelli vantaggiosi (mazzi svantaggiosi, $M = .0053, DS = 5.7^{-4}$; mazzi vantaggiosi, $M = .0049, DS = 5.08^{-4}$) (Figura 4.4.1.2).

Infine, non è stata osservata un'interazione significativa tra i fattori stress transitorio e tipo di mazzo. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.1.7.

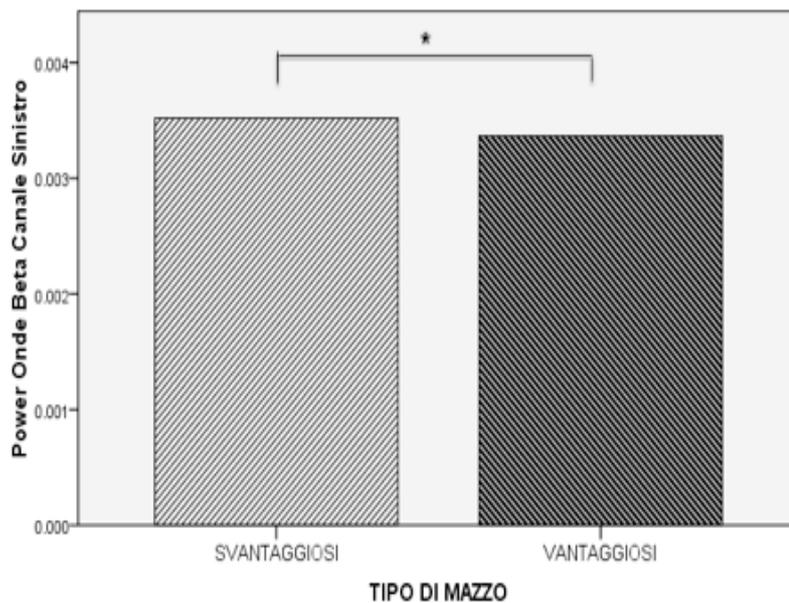


Figura 4.4.1.2 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Mazzo.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	2.96^{-5}	6.39	.162	.016*
(B) Tipo di Mazzo	1	4.28^{-6}	4.1	.111	.05*
Ax B Interazione	1	2.91^{-6}	2.78	.078	.105
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.1.7 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt).

Nella *Learning Phase* del test è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 33) = 6.19$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .158$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice di una meno intensa risposta di *arousal* emotivo prima della scelta dai mazzi (stress transitorio, $M = .0038$, $DS = 8.49^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0068$, $DS = 8.25^{-4}$) (Figura 4.4.1.3).

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0038 (.0012)
	No	.0069 (.0045)
	Totale	.0054 (.0036)
Vantaggiosi	Si	.0037 (.0011)
	No	.006 (.004)
	Totale	.0049 (.0031)

Tabella 4.4.1.8 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

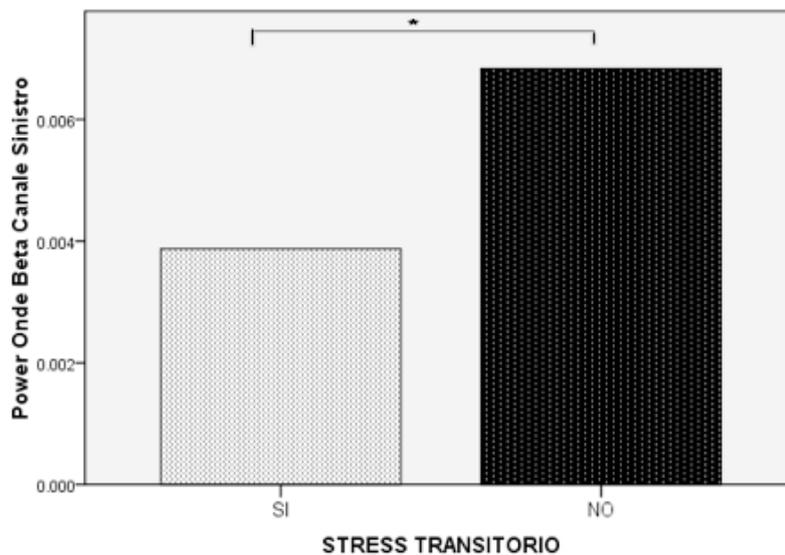


Figura 4.4.1.3 Differenze dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio.

In questa fase dell'IGT non è, invece, emerso un effetto principale significativo del tipo di mazzo, né un'interazione significativa tra i fattori (Tabella 4.4.1.9 e Tabella 4.4.1.10).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	3.79 ⁻⁵	6.19	.158	.018*
(B) Tipo di Mazzo	1	3.58 ⁻⁶	.819	.024	.372
Ax B Interazione	1	4.28 ⁻⁶	1.92	.055	.174
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.1.9 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0039 (.0016)
	No	.0076 (.0057)
	Totale	.0058 (.0046)
Vantaggiosi	Si	.0042 (.0017)
	No	.0064 (.0043)
	Totale	.0053 (.0034)

Tabella 4.4.1.10 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) durante la *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per tipo di mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e stress transitorio.

Infine, nella *Performance Phase* del test, non è emerso alcun effetto principale significativo, né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.1.11 e Tabella 4.4.1.12).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.19 ⁻⁵	6.39	.162	.016*
(B) Tipo di Mazzo	1	1.16 ⁻⁶	.219	.007	.643
Ax B Interazione	1	6.65 ⁻⁷	.125	.004	.726
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.1.11 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG nella *Performance Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0038 (.0032)
	No	.0053 (.0035)
	Totale	.0046 (.0034)
Vantaggiosi	Si	.0034 (.0013)
	No	.0053 (.0045)
	Totale	.0043 (.0034)

Tabella 4.4.1.12 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) durante la *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

4.4.2 Onde Alpha

La stessa tipologia di analisi è stata condotta sulla risposta precedente le scelte registrata a livello delle Onde Alpha per osservare effetti a livello cognitivo dello stress transitorio. Bassi valori nelle Onde Alpha sono indice di un elevato livello attentivo (vedi Paragrafo 2.7.2 del presente Capitolo).

Per quanto riguarda le onde Alpha registrate a livello del canale frontale destro (FP1), non è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, né

del tipo di mazzo, né un'interazione significativa tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.2.1.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.19 ⁻⁵	2.14	.061	.152
(B) Tipo di Mazzo	1	2.98 ⁻⁸	.08	.002	.779
Ax B Interazione	1	2.06 ⁻⁸	.055	.002	.816
Errore (within groups)	33				

Tabella. 4.4.2.1. Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt).

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Alpha Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.0036 (.0021)
	No	.0028 (.0011)
	Totale	.0032 (.0017)
Vantaggiosi	Si	.0028 (.001)
	No	.0036 (.0022)
	Totale	.0032 (.0017)

Tabella. 4.4.2.2 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Gli stessi risultati sono stati osservati nella prima fase del test, ossia la *Learning Phase*, dove non è emerso alcun effetto principale significativo né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.3 e Tabella 4.4.2.4).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.45 ⁻⁵	1.98	.057	.168
(B) Tipo di Mazzo	1	1.07 ⁻⁸	.021	.001	.886
Ax B Interazione	1	3.94 ⁻⁸	.077	.002	.783
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.2.3 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Alpha Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.003 (.0013)
	No	.0039 (.0023)
	Totale	.0034 (.0019)
Vantaggiosi	Si	.003 (.001)
	No	.0039 (.0026)
	Totale	.0035 (.002)

Tabella 4.4.2.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Anche nella seconda fase del test, la *Performance Phase*, non sono emersi risultati statisticamente significativi (Tabella 4.4.2.5 e Tabella 4.4.2.6).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	4.34 ⁻⁶	1.06	.032	.311
(B) Tipo di Mazzo	1	1.77 ⁻⁷	.183	.006	.672
Ax B Interazione	1	3.63 ⁻⁷	.375	.012	.545
Errore (within groups)	32				

Tabella 4.4.2.6 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Alpha Canale Destro
Svantaggiosi	Si	.0024 (.0009)
	No	.003 (.0022)
	Totale	.0027 (.0017)
Vantaggiosi	Si	.0024 (.0012)
	No	.0028 (.0015)
	Totale	.0026 (.0014)

Tabella 4.4.2.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Per quanto riguarda le onde Alpha registrate, invece, a livello del canale frontale sinistro (FP2) in questo caso è stato osservato un effetto principale statisticamente significativo dello stress transitorio, $F(1, 33) = 7.12$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .177$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato prima della selezione delle carte valori di attivazione delle Onde Alpha significativamente minori, indice di un maggiore livello attentivo (stress transitorio, $M = .0027$, $DS = 3.5^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0041$, $DS = 3.4^{-4}$) (Figura 4.4.2.1).

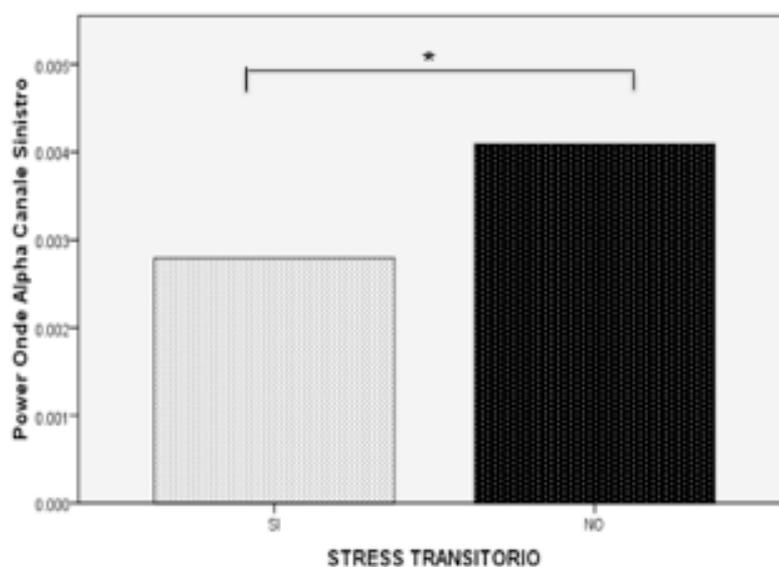


Figura 4.4.2.1. Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Transitorio.

Non è stato, invece, osservato un effetto principale del tipo di mazzo né un'interazione significativa tra i fattori stress transitorio e tipo di mazzo. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.2.7.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	2.96 ⁻⁵	7.12	.177	.012*
(B) Tipo di Mazzo	1	4.12 ⁻⁷	1.06	.031	.311
Ax B Interazione	1	6.91 ⁻⁷	1.77	.051	.192
Errore (within groups)	33				

Tabella. 4.4.2.7 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt).

Nella *Learning Phase* del test è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 33) = 7.66, p < .01, \eta_p^2 = .189$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato prima della selezione delle carte valori di attivazione delle Onde Alpha significativamente minori, indice di un maggiore impegno cognitivo (stress transitorio, $M = .0029, DS = 3.81^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0044, DS = 3.7^{-4}$) (Figura 4.4.2.8).

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Alpha Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0027 (.0016)
	No	.0042 (.0019)
	Totale	.0035 (.0016)
Vantaggiosi	Si	.0028 (.0007)
	No	.0039 (.0021)
	Totale	.0033 (.0016)

Tabella. 4.4.2.8. Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

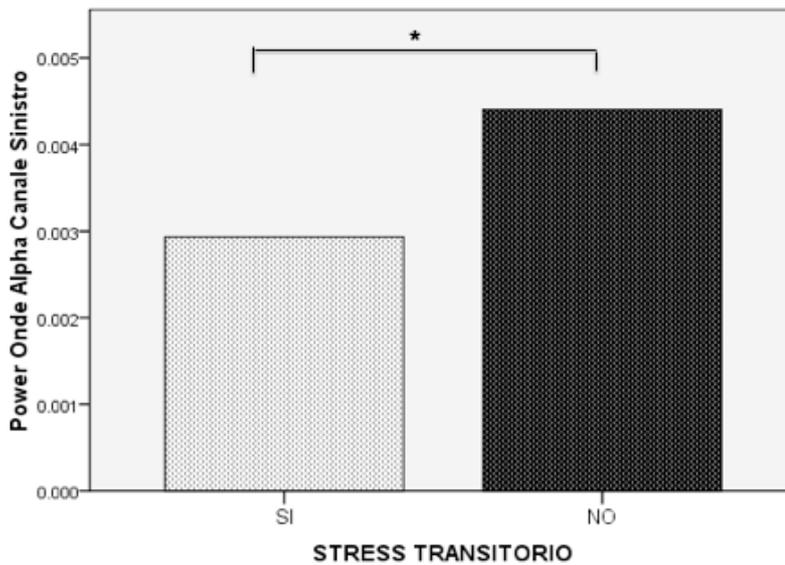


Figura 4.4.2.3 Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio.

In questa fase dell'IGT non è, invece, emerso un effetto principale statisticamente significativo del tipo di mazzo, né un'interazione significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.9 e Tabella 4.4.2.10).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	3.79^{-5}	7.66	.189	.009**
(B) Tipo di Mazzo	1	6.15^{-8}	.07	.001	.793
Ax B Interazione	1	1.26^{-6}	1.44	.042	.238
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.2.9 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Alpha Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0027 (.0008)
	No	.0045 (.002)
	Totale	.0036 (.0017)
Vantaggiosi	Si	.003 (.001)
	No	.0042 (.0023)
	Totale	.0037 (.0019)

Tabella 4.4.2.10 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) durante la *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

Infine, nella *Performance Phase* del test, non è emerso alcun effetto principale significativo né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.11 e Tabella 4.4.2.12).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	1.19 ⁻⁵	1.92	.057	.175
(B) Tipo di Mazzo	1	4.17 ⁻⁶	2.4	.07	.131
Ax B Interazione	1	3.26 ⁻⁷	.188	.006	.667
Errore (within groups)	33				

Tabella 4.4.2.11 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Onde Beta Canale Sinistro
Svantaggiosi	Si	.0029 (.0023)
	No	.0038 (.0024)
	Totale	.0034 (.0024)
Vantaggiosi	Si	.0025 (.0009)
	No	.0032 (.0018)
	Totale	.0029 (.0015)

Tabella 4.4.2.12 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) durante la *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

4.5 Risposta alle punizioni

Durante la registrazione dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio ottenuta attraverso l'elettromiografia facciale (fEMG) i dati di un partecipante sono stati esclusi per errori nel segnale e le analisi sono state condotte su un campione di 38 individui, 24 di genere femminile (63.2%) e 14 di genere maschile (36.8%).

L'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio è stata utilizzata per osservare la risposta emotiva alle punizioni. Alti valori di attivazione sono indice di un'elevata risposta emotiva negativa (vedi Paragrafo 2.7.3 del presente Capitolo). Un'ANOVA di tipo 2 (stress transitorio: si, no) X 2 (tipo di mazzo: vantaggiosi, svantaggiosi) mista è stata condotta per osservare i possibili effetti principali e di interazione dei fattori sulla risposta alle punizioni durante il test decisionale.

È stato osservato un effetto principale tendente alla significatività del fattore stress transitorio, $F(1, 36) = 3.49$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .089$. In particolare, i valori di attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio in seguito alle punizioni sono risultati minori nei partecipanti esposti a stress transitorio ($M = 3.15$, $DS = .779$) rispetto

a quelli osservati nei partecipanti non esposti a stress transitorio ($M = 5.11$, $DS = .701$) (Figura 4.5.1).

Inoltre, è emerso un effetto principale tendente alla significatività del fattore tipo di mazzo, $F(1, 36) = 3.25$, $p = .08$, $\eta_p^2 = .082$. In particolare, i valori di attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio seguenti alle punizioni sono risultati maggiori dopo i mazzi svantaggiosi ($M = 4.2$, $DS = .52$) rispetto che dopo i mazzi vantaggiosi ($M = 4.07$, $DS = .53$) (Figura 4.5.2).

Infine, non è stata osservata un'interazione significativa tra i fattori stress transitorio e tipo di mazzo. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.5.1.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	3.49	3.49	.089	.07
(B) Tipo di Mazzo	1	.29	3.25	.083	.08
Ax B Interazione	1	.028	.316	.009	.578
Errore (within groups)	36				

Tabella 4.5.1 Analisi della Varianza Stress Transitorio x Tipo di Mazzo sui valori medi dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio.

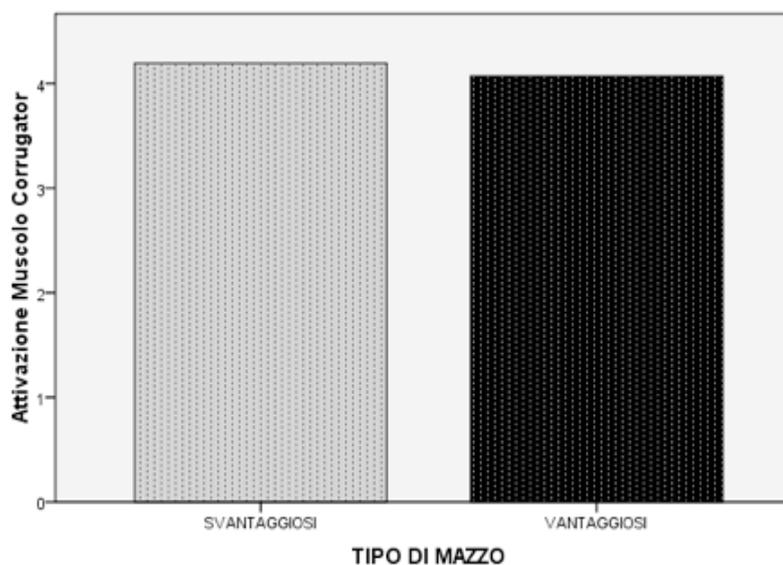


Figura 4.5.2 Differenze nell'attivazione registrata del muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts) dopo la selezione dai mazzi (svantaggiosi, vantaggiosi) seguiti da una perdita di denaro.

Tipo di Mazzo	Stress Transitorio	Attivazione del Muscolo Corrugatore
Svantaggiosi	Si	3.23 (1.04)
	No	5.15 (4.17)
	Totale	4.29 (3.29)
Vantaggiosi	Si	3.07 (1.22)
	No	5.07 (4.22)
	Totale	4.17 (3.36)

Tabella. 4.5.2 Punteggi medi (e Deviazione Standard) nell'attivazione muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts) nel campione diviso per Tipo di Mazzo (vantaggiosi/svantaggiosi) e Stress Transitorio.

4 Discussione

Come pre-condizione necessaria per interpretare i risultati legati all'effetto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale, lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935), selezionato come stimolo per l'induzione di stress, è risultato efficace. I risultati delle analisi condotte sui questionari per la misura dell'ansia di stato, STAI-Y1 (Spielberger, Gorsuch et al. 1970) e VAS-A, hanno mostrato, infatti, un aumento significativo della media dei punteggi solo fra i partecipanti esposti allo stress transitorio. Analogamente, i risultati sugli indici psicofisiologici hanno evidenziato un aumento statisticamente significativo nei valori di HR e una tendenza verso la diminuzione nei valori di NN50 nei partecipanti esposti allo stressor, indici di un'attivazione del sistema simpatico.

Tale risultato è in linea con studi precedenti, che hanno dimostrato che stressor cognitivi come lo Stroop Task aumentano il livello d'ansia esperito dagli individui (MacLeod 1991; Renaud and Blondin 1997; Roelofs, Elzinga et al. 2005).

La prima ipotesi del nostro studio prevedeva che l'esposizione a uno stressor transitorio incidentale avrebbe indotto un peggioramento della performance decisionale all'IGT, sulla base dei risultati ottenuti in un precedente studio (Preston, Buchanan et al. 2007).

A sostegno di tale ipotesi (Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008), i risultati hanno mostrato che lo stress transitorio ha significativamente peggiorato la prestazione decisionale all'IGT. Sulla base di quanto riportato in letteratura, tale effetto potrebbe essere collegato al fatto che, in risposta a stressor acuti, l'organismo rilascia alcune sostanze, come i glucocorticoidi (Sapolsky 1992; Roozendaal, McReynolds et al. 2004; Butts, Weinberg et al. 2011) e la dopamina (Adler, Elman et al. 2000; Saal, Dong et al. 2003), che agiscono sulla corteccia prefrontale (PFC) (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009), la stessa area cerebrale che, soprattutto nella sua porzione ventromediale (VMPFC), è legata ad un corretto processo decisionale in scelte decisionali ambigue (Bechara, Damasio et al. 1997; Bechara, Damasio et al. 1999).

Prestazioni scadenti all'IGT sono state riportate, infatti, in individui con lesioni alla corteccia VMPFC (Bechara, Damasio et al. 1994; Damasio 1994; Bechara,

Damasio et al. 1999), in pazienti che abusano di cocaina, oppiacei e alcol (Rogers, Everitt et al. 1999; Grant, Contoreggi et al. 2000; Fukui, Murai et al. 2005; Lawrence, Jollant et al. 2009), così come in persone affette da disturbo ossessivo-compulsivo (Cavedini, Riboldi et al. 2002) e in giocatori d'azzardo (Cavedini, Riboldi et al. 2002), condizioni caratterizzate da deficit nel funzionamento della VMPFC.

Inoltre, a sostegno dell'ipotesi che lo stress transitorio influenzi negativamente la prestazione decisionale nella prima fase dell'IGT, i risultati hanno mostrato un effetto significativo dello stress transitorio sulla performance nella *Learning Phase* del compito.

Dal momento che in questa fase del task gli individui stanno imparando le contingenze del compito e sono influenzati nel comportamento all'IGT da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007), regolati in particolar modo da aree della VPFC (Bechara, Damasio et al. 1997; Bechara, Damasio et al. 1999), che includono la corteccia orbitofrontale (OFC), l'amigdala (AMY) e lo striato ventrale (vSTR), sulla base delle preliminari evidenze emerse dallo studio è possibile ipotizzare un effetto dello stress transitorio su queste specifiche aree della PFC (Bechara, Damasio et al. 1997; Bechara, Damasio et al. 1999).

Per quanto riguarda le differenze di genere, a differenza di quanto ipotizzato, non è stato osservato nello studio un effetto diverso dello stress transitorio sulla performance decisionale fra uomini e donne. Mentre, in condizioni normali, gli uomini hanno mostrato una prestazione migliore delle donne, in linea con quanto riportato da altri studi (Reavis and Overman 2001; Bechara and Martin 2004; Bolla, Eldreth et al. 2004; Overman 2004; van den Bos and den Heijer 2009), le prestazioni ottenute da individui di sesso maschile e femminile esposti a stress transitorio si sono rivelate, infatti, molto simili.

Tale dato diverge da quanto riportato in esperimenti precedenti condotti con l'IGT, dove era stato osservato un effetto dello stress transitorio opposto fra uomini e donne, con un miglioramento della prestazione decisionale negli individui di sesso femminile e, viceversa, un peggioramento in quelli di sesso maschile (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007).

Tali studi, tuttavia, non hanno considerato né controllato il livello disposizionale di stress del campione, che, come dimostrato da numerosi studi, influenza in modo

differente la risposta a stressor acuti da parte di individui di genere maschile e femminile (Matthews, Gump et al. 2001; Kudielka and Kirschbaum 2005).

Inoltre, le ricerche dove è stata osservata una differenza di genere nell'influenza dello stress transitorio sulla presa di decisione, hanno utilizzato nella maggior parte dei casi stressor differenti da quello adottato nel nostro studio, lo *Stroop Color-Word Interference Test*, uno stimolo stressante di tipo cognitivo.

Numerose ricerche che hanno osservato un effetto diverso dello stress transitorio a seconda del genere dei partecipanti, infatti, hanno utilizzato stimoli stressanti sociali, come il Trier Social Stress Test (TSTT) (Kirschbaum, Pirke et al. 1993) o compiti consistenti del dover parlare in pubblico (Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Tale tipologia di stressor è caratterizzata da una risposta psicologica e fisiologica differente a seconda del genere degli individui (Wolf, Schommer et al. 2001; Steiner, Ryst et al. 2002), che potrebbe spiegare le diverse ricadute sulla performance decisionale di uomini e donne.

Nel nostro studio, al contrario, lo *Stroop Color-Word Interference Test* non ha avuto effetti differenti sui partecipanti di genere maschile e femminile, causando una risposta emotiva intensa sia negli uomini che nelle donne, che, come riportato in studi precedenti, potrebbe spiegare l'assenza di differenze di genere nell'impatto dello stressor sul compito decisionale (van den Bos and den Heijer 2009).

Per quanto riguarda l'impatto dello stress transitorio sui meccanismi psicofisiologici coinvolti durante l'esecuzione dell'IGT, innanzitutto, i risultati osservati nel nostro studio offrono preliminari evidenze a sostegno dell'ipotesi avanzata nello studio secondo la quale stati somatici non collegati alle scelte, come quelli legati ad una condizione di stress transitorio, influenzino in modo negativo l'*arousal* emotivo registrato immediatamente prima delle selezioni all'IGT, indice, secondo l'Ipotesi di Damasio (Damasio 1991; Damasio 1996), del funzionamento dei cosiddetti "marcatori somatici", segnali emotivi automatici che, normalmente, guidano il comportamento degli individui in una direzione vantaggiosa (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara and Damasio 2005).

A sostegno di tale ipotesi, nel nostro studio i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato, a livello del lobo frontale sinistro, valori di attivazione delle onde Beta, indice puntuale di attivazione emotiva (Nikulin and Brismar 2004), significativamente minori rispetto agli individui non esposti allo stressor. Inoltre,

mentre i partecipanti non esposti allo stress transitorio hanno mostrato attivazioni delle onde Beta del lobo frontale sinistro maggiori prima della selezione dai mazzi svantaggiosi rispetto a quelli vantaggiosi, gli individui esposti allo stressor hanno avuto un'attivazione simile prima della selezione dalle due diverse tipologie di mazzi. Nello studio, inoltre, in accordo a quanto ipotizzato, tali differenze si sono osservate solo nella prima parte del test che, come dimostrato in precedenti studi, è quella più sensibile a processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007).

Riguardo la seconda ipotesi investigata nello studio circa l'effetto negativo dello stress transitorio sulla capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile, i risultati osservati offrono preliminari evidenze a favore di tale supposizione. I partecipanti del nostro studio esposti a stress transitorio, infatti, sono stati caratterizzati nelle fasi immediatamente precedenti la scelta dai mazzi di carte da un'elevata attivazione delle onde Alpha, indice del funzionamento cerebrale collegato ai processi attentivi (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), significativamente maggiore rispetto a quella registrata nei partecipanti non esposti allo stress transitorio. Tale effetto, in particolare, in accordo a quanto ipotizzato si è osservato nella prima parte del test, offrendo preliminari evidenze circa il fatto che l'effetto dello stress transitorio sulle capacità attentive sia particolarmente evidente a ridosso dell'esposizione allo stressor.

Infine, riguardo l'ipotesi investigata circa l'effetto dello stress transitorio sulla sensibilità degli individui alle punizioni, i risultati sull'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, utilizzato nello studio come indice puntuale di risposta emotiva negativa (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), offrono evidenze circa il fatto che lo stress transitorio causi una minore sensibilità alle perdite.

Nel nostro studio, a sostegno di tale ipotesi e in linea con quanto osservato in studi precedenti (van den Bos and den Heijer 2009; Putman, Antypa et al. 2010), i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato risposte emotive negative meno intense alle punizioni rispetto ai partecipanti non esposti allo stressor.

Tale risultato potrebbe essere collegato, come suggerito da alcuni studi (van den Bos, Harteveld et al. 2009; Putman, Antypa et al. 2010), dall'attivazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA) e dal seguente rilascio di ormoni corticosteroidi

nel sangue in risposta ad uno stressor che causano una sensibilizzazione del sistema mesolimbico dopaminergico (DA) (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Sinha 2008), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello, che ha un ruolo importante nel completamento dell'IGT (Bechara and Damasio 2002).

Riassumendo brevemente, i risultati emersi nel presente studio suggeriscono che lo stress transitorio ha un impatto negativo sulla presa di decisione in compiti ambigui e che tale effetto è accompagnato da un malfunzionamento in diversi meccanismi psicofisiologici sottostanti tale processo decisionale, in particolare sulle risposte di *arousal* emotivo e sui livelli di attenzione sostenuta che precedono le scelte e sulla sensibilità degli individui alle punizioni.

Tuttavia, è necessario segnalare che i nostri studi presentano alcuni limiti, che limitano la generalizzabilità di quanto osservato o che potrebbero aver influenzato i risultati emersi.

Innanzitutto, il campione considerato ha compreso individui appartenenti a una specifica fascia di età (18-34 anni) e, dal momento che in letteratura sono state osservate differenze importanti nella capacità decisionale in base all'età (Light 2000), i risultati ottenuti sono da considerare solo in riferimento ad una popolazione compresa in questo *range* di età.

In secondo luogo, nel nostro studio abbiamo utilizzato uno stress di tipo cognitivo, lo *Stroop Color-Word Interference Test*, che ha caratteristiche specifiche diverse rispetto ad altri tipologie di stressor utilizzati in laboratorio, come quelli psicologici o fisici, che potrebbero aver ricadute differenti sul funzionamento dei processi decisionali.

È importante sottolineare, inoltre, che la numerosità del campione degli studi è relativamente limitata e tale fatto potrebbe aver avuto un impatto negativo sulla potenza statistica delle analisi compiute. Di conseguenza, non è attualmente possibile trarre conclusioni certe sulla base dei risultati emersi e, nel futuro, il campione sarà ampliato in modo sia possibile verificare le preliminari evidenze emerse nel presente lavoro.

Infine, è necessario ricordare il fatto che attualmente in letteratura non sono presenti altre ricerche che hanno utilizzato la metodologia creata ad hoc e utilizzata in questo lavoro per lo studio dei meccanismi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità.

Nel futuro, sarà, innanzitutto, necessario verificare possibili differenze legate all'utilizzo di questa specifica metodologia rispetto a quella utilizzata in studi precedenti. Inoltre, sarà necessario esaminare se gli indici psicofisiologici adottati e le finestre temporali selezionate siano effettivamente le misure migliori possibili per lo studio dei meccanismi psicofisiologici che intervengono nella presa di decisione.

Nonostante le limitazioni sovra-elencate, il presente studio appare di forte rilevanza, dal momento che offre un avanzamento significativo circa la comprensione scientifica degli effetti dello stress transitorio sulla presa decisionale in compiti ambigui, una condizione che, spesso, interviene nella vita quotidiana degli individui, con ricadute importanti sia a livello personale sia in ambito professionale.

CAPITOLO 5 - SECONDO STUDIO

1 Introduzione

Nonostante il fatto che lo *stress cronico* sia un problema sempre maggiore nella popolazione (Schaufeli and Enzmann 1998; Segerstrom and Miller 2004; Miller, Chen et al. 2007), ancora molto poco si conosce a livello scientifico su questa condizione in termini di sintomi e di meccanismi sottostanti.

Livelli elevati di stress possono avere importanti conseguenze negative sulla salute degli individui aumentando le probabilità di sviluppare disturbi fisici e psichici, come problemi cardiovascolari, ansia e depressione (Rozanski, Blumenthal et al. 1999; Leserman, Petitto et al. 2002; Hammen 2005; Antoni, Lutgendorf et al. 2006) e, contemporaneamente, amplificando indirettamente le possibilità di mantenere abitudini dannose per la salute, come fumare, bere alcolici o avere una dieta non equilibrata (McEwen 2008; Jackson, Knight et al. 2010; Juster, McEwen et al. 2010; Marin, Lord et al. 2011).

Sebbene tali comportamenti si leghino a decisioni disfunzionali, caratterizzate dalla ricerca di alte ricompense immediate, ma con gravi conseguenze nel lungo periodo, attualmente le ricerche presenti in letteratura circa l'impatto dello stress cronico sulla presa di decisione sono numericamente molto limitate.

Finora, gli studi circa le ricadute dello stress cronico, si sono infatti concentrate quasi esclusivamente sulle ricadute di tale condizione sul funzionamento interpersonale, attitudinale, psicologico e fisico degli individui (Melamed, Ugarten et al. 1999).

Sulla base dei dati emersi dagli studi sulle ricadute dello stress cronico a livello cognitivo (Pruessner, Hellhammer et al. 1999; Alderson and Novack 2002) e delle evidenze circa deficit decisionali in disturbi psichiatrici collegati allo stress, come nella depressione (Brand, Kalbe et al. 2004; Forbes, Siegle et al. 2006; Cella, Dymond et al. 2010) e in pazienti affetti da disturbo post traumatico da stress (Sailer, Robinson et al. 2008), è comunque possibile ipotizzare un effetto negativo dello stress sulla presa di decisione in compiti decisionali.

Come evidenziato nell'introduzione generale agli studi sperimentali, numerose aree cerebrali alla base della corretta capacità decisionale, come la corteccia prefrontale (PFC) e la corteccia cingolata anteriore (ACC) (Sousa, Lukoyanov et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007), sono modificate nel loro funzionamento da condizioni di stress cronico. Tale stato disposizionale, infatti, è stato associato in numerosi studi condotti sia su animali (Murphy, Arnsten et al. 1996; Arnsten and Goldman-Rakic 1998) che uomini (Liston, McEwen et al. 2009) a cambiamenti strutturali nella PFC, con danni nel suo funzionamento (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008).

Tali strutture sono particolarmente coinvolte durante compiti decisionali ambigui (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), ovvero senza regole esplicite, governati non solo dal corretto funzionamento dei processi esecutivi, ma anche da aspetti di tipo emotivo automatico.

A livello cerebrale, sono diverse le aree della PFC, in particolar modo nella sua porzione ventromediale (VMPFC), che sono state identificate alla base dei processi coinvolti durante tale tipologia di compiti decisionali (vedi anche Paragrafo 2 del Capitolo 1).

Molte di queste aree, come sottolineato in precedenza, sono le stesse che vengono modificate nel loro funzionamento da stati di stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008; Arnsten 2009). La PFC, in particolare, rispetto ad altre regioni cerebrali, è particolarmente sensibile ai cambiamenti strutturali indotti dallo stress cronico. Mentre, infatti, cambiamenti a livello dell'ippocampo si osservano dopo molte settimane di esposizione allo stress (McEwen 1998), i dendriti della PFC iniziano a modificarsi già dopo una settimana (Brown, Henning et al. 2005; Izquierdo, Wellman et al. 2006). Studi condotti su pazienti affetti da Disturbo Post-Traumatico da Stress (PTSD) (Shin, Whalen et al. 2001; Rauch, Shin et al. 2003), inoltre, hanno dimostrato malfunzionamenti in questa specifica area del cervello, in particolar modo nella sua porzione mediale (mPFC) (Radley, Arias et al. 2006; Radley, Rocher et al. 2006).

Recenti studi, inoltre, hanno dimostrato un impatto sul funzionamento della PFC diverso in base al genere degli individui (Baran, Armstrong et al. 2009; Lighthall,

Sakaki et al. 2012). Nel dettaglio, la presenza di cortisolo predice risposte neurali più negli uomini che nelle donne (Naliboff, Berman et al. 2003).

Sono diversi i meccanismi psicofisiologici alla base della presa di decisione che in letteratura si ipotizza possano essere danneggiati dallo stress cronico (Takahashi, Shinada et al. 2010; Starcke and Brand 2012).

In primo luogo, la presenza di stress cronico può avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un *arousal* emotivo, definite da Damasio in termini di *marcatori somatici* (Bechara and Damasio 2005), che normalmente guidano in modo favorevole la presa decisionale in compiti ambigui (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000; Bechara, Damasio et al. 2003). Tale ipotesi, tuttavia, non è stata supportata dai risultati di un recente studio sul tema (Miu, Heilman et al. 2008), che, pur avendo osservato una prestazione decisionale scadente da parte di individui con elevati livelli di ansia di tratto (indice indiretto di stress cronico) non ha riportato differenze nell'attivazione legata a risposte di attivazione emotiva.

Inoltre, uno degli effetti di stati di stress prolungati, attraverso il rimodellamento di alcune aree della PFC, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Liston, McEwen et al. 2009). Tale fatto, potrebbe avere effetti negativi in un compito decisionale in cui, come nel caso dell'IGT, è necessario essere in grado di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005).

Infine, alcuni studi hanno dimostrato che lo stress cronico, attraverso una continua attivazione dell'asse ipotalamico-pituitario-adrenale (HPA) e dal seguente rilascio di ormoni corticosteroidi, provoca una sensibilizzazione del sistema dopaminergico mesolimbico (DA) (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Sinha 2008), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello. Studi su animali, inoltre, hanno dimostrato che stati di stress prolungati modificano la sensibilità a stimoli emotigeni (Di Chiara, Loddo et al. 1999).

Uno dei più utilizzati strumenti di laboratorio per la misura della presa di decisione in compiti decisionali ambigui è l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994), un gioco di carte con regole di vincita e perdita implicite,

sviluppato all'interno della cornice teorica offerta dall'*Ipotesi del Marcatore Somatico* di Damasio (Damasio 1994) (vedi anche Paragrafo 3.2.1 del Capitolo 2).

Sono diverse le aree della corteccia prefrontale (PFC), in particolar modo nella sua porzione ventromediale (VMPFC) che sono state identificate alla base dei processi coinvolti durante tale compito decisionale. In particolare, è stato ipotizzato che la corteccia orbitofrontale (OFC), lo striato ventale (vSTR) e le connessioni della PFC con l'amigdala (AMY) regolino il comportamento esibito nella prima parte del compito, detta *Learning Phase*, durante la quale gli individui devono cercare di apprendere le contingenze implicite del compito e sono influenzati nel loro comportamento in particolar modo da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007). Nella fase più avanzata, chiamata *Performance Phase* invece, legata soprattutto al corretto funzionamento di processi cognitivi di tipo superiore (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Van den Bos, Harteveld et al. 2009), gioca un ruolo importante in modo particolare la corteccia del cingolo anteriore (ACC) e la corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) (Bechara, Damasio et al. 1999; Brand, Labudda et al. 2006; Van den Bos, Houx et al. 2006; Doya 2008).

Come evidenziato nell'introduzione generale agli studi sperimentali, è importante ricordare che, nonostante l'importanza dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* e l'impatto che questa ha avuto nello studio dell'influenza dei processi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità, sono numerosi i limiti metodologici che caratterizzano le ricerche condotte in tale ambito (vedi anche Paragrafo 3.3 del Capitolo 2).

Sulla base di tali premesse, il secondo studio è stato ideato, innanzitutto, per verificare l'impatto dello stress cronico in un compito decisionale ambiguo, riprodotto in laboratorio attraverso l'IGT, al fine di aumentare le scarse evidenze empiriche presenti in questo momento sul tema.

In secondo luogo, obiettivo della presente ricerca è stato quello di verificare i possibili effetti di interazione fra lo stress cronico e quello transitorio. Individui che differiscono tra loro riguardo il livello di stress cronico, oltre ad essere caratterizzati da differenti performance decisionali in condizioni normali, potrebbero infatti reagire in

modo diverso quando esposti ad uno stressor transitorio, sulla base di una sensibilizzazione dell'asse HPA causata da elevati livelli di stress cronico (Pardine and Napoli 1983; Brosschot, Benschop et al. 1994; Pike, Smith et al. 1997; Cacioppo, Burleson et al. 2000).

Inoltre, sapendo che il genere è uno tra i fattori disposizionali che potrebbero influenzare l'impatto dell'interazione fra stress cronico e transitorio (Shansky, Rubinow et al. 2006) e che sia lo stress cronico (Miu, Heilman et al. 2008; de Visser, van der Knaap et al. 2010) che lo stress transitorio (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007) hanno effetti diversi sulla performance decisionale in condizione di ambiguità in base al genere degli individui, il nostro campione è stato selezionato per permettere l'osservazione di possibili differenze legate a tale caratteristica.

Infine, nel presente studio sono state indagate le ricadute dello stress cronico e dell'interazione di questo con lo stress transitorio sul funzionamento dei meccanismi psicofisiologici sottostanti tale processo decisionale attraverso l'adozione della metodologia di studio creata *ad hoc* per il superamento limiti presenti in tale ambito di studio, che ha compreso l'utilizzo di una versione dell'IGT priva di limiti temporali e la selezioni di indici psicofisiologici puntali, quale l'attivazione delle onde cerebrali Alpha e Beta a livello del lobo frontale e la misura dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio.

2 Strumenti e Metodologia

2.1 Obiettivi e ipotesi

Il presente studio ha avuto tre obiettivi generali: (1) indagare l'impatto dello stress cronico sulla performance decisionale in un compito decisionale ambiguo; (2) verificare le interazioni fra stress cronico e stress transitorio sulla prestazione decisionale in condizione di ambiguità; (3) verificare i meccanismi sottostanti l'effetto dello stress cronico e dell'interazione fra questo e lo stress transitorio sulla capacità decisionale in un compito decisionale ambiguo.

Ogni obiettivo generale si è articolato in più sotto-obiettivi. Di seguito, per ogni obiettivo generale saranno presentati i relativi sotto-obiettivi e le ipotesi correlate.

- Sotto-Obiettivo 1.1: indagare l'impatto dello stress cronico sulla prestazione decisionale in un compito ambiguo.

In riferimento al Sotto-Obiettivo 1.1 si ipotizza che:

- Hp1.1: dal momento che ricerche precedenti che sono andate ad indagare l'effetto dell'ansia di tratto, uno fra gli indici indiretti di stress cronico, su compiti decisionali ambigui hanno mostrato un peggioramento della performance decisionale in individui con elevata ansia disposizionale (Miu, Heilman et al. 2008; de Visser, van der Knaap et al. 2010) ci si attende che lo stress cronico causi un peggioramento della prestazione decisionale. In particolare, si ipotizza che gli effetti negativi dello stress cronico abbiano un impatto negativo nella prima parte del test (*Learning Phase*), durante la quale gli individui stanno imparando le contingenze del compito e sono quindi maggiormente influenzati da processi emotivi non coscienti, (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007), governati a livello cerebrale dalle aree della corteccia PFC (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), le stesse che, come dimostrato in numerosi studi (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008) è danneggiata nel suo funzionamento da stati di stress.
- Sotto-Obiettivo 1.2: indagare le differenze di genere nell'impatto dello stress cronico sulla performance decisionale in un compito senza regole esplicite.
Circa il Sotto-Obiettivo 1.2 si ipotizza che:
 - Hp1.2: poiché in letteratura è stato osservato un effetto negativo dell'ansia di tratto, indice indiretto di stress cronico, sulla prestazione decisionale in compiti ambigui sia in individui di genere maschile che femminile, si ipotizza che l'impatto dello stress cronico non sia diverso in base al genere degli individui sulla performance complessiva all'IGT (Miu, Heilman et al. 2008). Tuttavia, sulla base dei risultati di uno studio precedente (de Visser, van der Knaap et al. 2010), ci si aspetta che, mentre negli uomini la presenza di stress cronico peggiori la presa di decisione già nella prima fase del test, nelle donne tale effetto emerga solo nella seconda fase del compito.

Riguardo il secondo obiettivo i sotto-obiettivi sono i seguenti:

- Sotto-Obiettivo 2.1: indagare gli effetti di interazione fra stress cronico e stress transitorio sulla performance decisionale in un compito senza regole esplicite;
In riferimento al Sotto-Obiettivo 2.1 si ipotizza che:
 - Hp2.1: poiché è stato riportato in letteratura attraverso studi su animali (Hauger, Millan et al. 1988; Hauger, Lorang et al. 1990) e uomini (Pardine and Napoli 1983; Brosschot, Benschop et al. 1994; Pike, Smith et al. 1997; Cacioppo, Burleson et al. 2000) che lo stress cronico può indurre una sensibilizzazione dell'asse HPA, alternando la regolazione del sistema neuroendocrino ed immunitario, ci si aspetta che la presenza di stress cronico possa modificare l'impatto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale.
- Sotto-Obiettivo 2.2: verificare gli effetti di interazione fra stress cronico, stress transitorio e genere sulla performance decisionale;
Circa il Sotto-Obiettivo 2.2 si ipotizza che:
 - Hp2.2: dal momento che è stato dimostrato che sia lo stress cronico (Miu, Heilman et al. 2008; de Visser, van der Knaap et al. 2010), operazionalizzato in termini di ansia di tratto, che lo stress transitorio (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007) hanno effetti diversi sulla performance decisionale in condizione di ambiguità in base al genere degli individui, ci si attende che l'effetto dell'interazione fra stress cronico e transitorio sulla prestazione decisionale si diverso in base al genere di appartenenza degli individui.

Per quanto riguarda il terzo e ultimo obiettivo i sotto-obiettivi sono i seguenti:

- Sotto-Obiettivo 3.1: verificare l'impatto dello stress cronico e/o dell'interazione di questo con uno stress transitorio sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate a un *arousal* emotivo.
In riferimento al Sotto-Obiettivo 3.1 si ipotizza che:
 - Hp3.1: dal momento è stato osservato in studi precedenti che l'induzione di stati somatici non collegati alla scelta, come quelli legati ad una condizione di stress transitorio, hanno un effetto distruttivo sulle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un'attivazione emotiva in compiti decisionali ambigui (Bechara and Damasio 2005), mentre non è stato osservato un ridotto funzionamento di tali risposte in individui con elevata ansia di tratto, indice

indiretto di stress cronico (Miu, Heilman et al. 2008), ci si attende un malfunzionamento in questo tipo di segnali in seguito all'esposizione allo stress transitorio, a prescindere dalla presenza/assenza di stress cronico. In particolare si ipotizza di non osservare nei partecipanti esposti a stress transitorio, sia stressati cronici che non stressati cronici, un'attivazione nelle onde Beta frontali, indice di *arousal* emotivo (Nikulin and Brismar 2004), diversa a seconda della tipologia dei mazzi dell'IGT (vantaggiosi/svantaggiosi). Tale effetto dovrebbe riscontrarsi in particolar modo nella *Learning Phase del test*, durante la quale gli individui non sono ancora coscienti della valenza dei mazzi e, dunque, sono influenzati principalmente da processi emotivi non coscienti (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007).

- Sotto-Obiettivo 3.2: indagare se lo stress cronico e/o l'interazione di questo con uno stress transitorio abbia un effetto negativo sulla capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile.

Circa il Sotto-Obiettivo 3.2 si ipotizza che:

- Hp3.2: poiché è stato dimostrato in letteratura che lo stress transitorio causa un'elevata attività dei processi attentivi (Tsigos and Chrousos 2002), così come è stato osservato che lo stress cronico, attraverso il rimodellamento di alcune aree della PFC, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Liston, McEwen et al. 2009), si ipotizza di osservare sia nei partecipanti esposti a uno stress transitorio che in quelli cronicamente stressati un'elevata attivazione delle onde Alpha frontali, indice di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), nelle fasi immediatamente precedenti la scelta dai mazzi di carte. Si ipotizza, riguardo allo stress transitorio, che tale effetto si osservi nella prima fase del test, quella maggiormente a ridosso dell'esposizione allo stressor.

- Sotto-Obiettivo 3.3: investigare se lo stress cronico e/o l'interazione di questo con uno stress transitorio causi una diversa sensibilità alle punizioni.

In riferimento al Sotto-Obiettivo 3.3 si ipotizza che:

- Hp3.3: dato che è stato dimostrato che lo stress transitorio porta ad una riduzione delle risposte emotive negative legate agli esiti di scelte svantaggiose (van den Bos and den Heijer 2009; Putman, Antypa et al. 2010), così come è stato riportato da alcuni studi che lo stress cronico causa una minore sensibilità alle perdite (van Honk, Schutter et al. 2003), ci si aspetta che sia l'esposizione a uno

stress transitorio che la presenza di stress cronico sia accompagnata da una minor sensibilità alle punizioni durante il compito decisionale. In particolare, ci si attende che sia i soggetti esposti a stress transitorio che quelli stressati a livello disposizionale siano caratterizzati da valori minori di attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, indice puntuale di risposta emotiva negativa (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), in seguito alle punizioni incontrate durante l'IGT.

2.2 Partecipanti

101 individui sono stati reclutati presso l'Università degli studi Milano-Bicocca, l'Università Cattolica e il personale dell'Istituto Auxologico Italiano di Milano attraverso avvisi distribuiti negli istituti coinvolti. La partecipazione allo studio non dava diritto a crediti universitari né a ricompensa economica.

Al fine di essere coinvolti nello studio, i partecipanti dovevano soddisfare i seguenti criteri d'inclusione: (1) mano destra dominante; (2) assenza di disturbi cardiaci o altri disturbi medici importanti; (3) età compresa tra 18 e 34 anni; (4) assenza di assunzione di farmacoterapia o di altri medicinali che potrebbero interferire sulle misure oggetto di indagine (antiipertensivi, medicine psicoattive, etc.); (5) Assenza di ritardo mentale, disturbi neurologici, psicosi, abuso di alcool o droghe; (6) Assenza di emicrania o anomalie vestibolari. Per il razionale sulla mano dominante sinistra e la fascia età specifica selezionata come criterio di inclusione si rimanda al paragrafo 2.2 del Capitolo 4.

Del totale dei partecipanti reclutati, 12 soggetti sono stati esclusi perché mancini. Il campione sperimentale finale totale era composto da 75 partecipanti, 48 di genere femminile (64%) e 27 di genere maschile (37%). L'età media del campione era di 23.6 anni ($DS= 4.36$), mentre la media degli anni scolastici era di 13.8 ($DS= 1.08$).

2.3 Disegno Sperimentale

Al fine di osservare effetti principali e di interazione fra lo stress cronico e lo stress transitorio sulla performance decisionale, il disegno sperimentale adottato è stato fra soggetti (*between subjects*), con tre variabili indipendenti, due quasi sperimentali, a

due livelli (stress cronico: si/no; genere: maschile/femminile) e una di tipo sperimentale, anche questa a due livelli (stress transitorio: si, no).

Oltre alla performance decisionale all'IGT, sono stati misurati i valori alle scale psicometriche di stato e di tratto (MSP;STAI-Y1; STAI-Y2; VAS-A) e sono stati registrati i dati psicofisiologici dei partecipanti attraverso l'elettrocardiogramma (ECG), l'elettroencefalogramma (EEG) e l'elettromiografia facciale (fEMG).

2.4 Induzione di stress transitorio

Per indurre stress transitorio, sulla base dell'ampio utilizzo in letteratura di questo compito cognitivo per l'induzione di stress in ambito di laboratorio (MacLeod 1991; Renaud and Blondin 1997; Roelofs, Elzinga et al. 2005), abbiamo utilizzato lo stesso stimolo usato nello studio 1, lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935). Nello studio è stata utilizzata una versione computerizzata dello Stroop test, utilizzata e validata in precedenti studi (Magagnin, Mauri et al. 2010; Mauri, Magagnin et al. 2010). Tale test è un compito di denominazione, in cui è chiesto ai soggetti di rispondere a stimoli che variano in due dimensioni, una delle quali deve essere ignorata. Per i dettagli riguardo la metodologia utilizzata rimandiamo al paragrafo 2.4 del Capitolo 4.

2.5 Compito decisionale: l'Iowa Gambling Task

L'*Iowa Gambling Task (IGT)*, descritto in precedenza nel Paragrafo 3.2.1 del Capitolo 2 e nel Paragrafo 2.5 del Capitolo 5, è un test psicologico ideato da Bechara e colleghi all'Università dell'Iowa per simulare la presa di decisione umana in condizioni di ambiguità (Bechara, Damasio et al. 1994) è stato utilizzato come compito decisionale. Le istruzioni del test erano quelle indicate da Bechara e colleghi (Bechara, Damasio et al. 2000).

Ai partecipanti, inoltre, oltre a tali istruzioni, al fine di evitare eccessivi artefatti nella registrazione dell'EEG, era chiesto di evitare di battere gli occhi 1 secondo prima e 1 secondo dopo la selezione di ogni carta. Prima di iniziare il test decisionale, i partecipanti dovevano battere 5 volte consecutive gli occhi e, contemporaneamente schiacciare il tasto destro del mouse. Questo perché, attraverso l'utilizzo di un

Mousetracker (Mouse and Key Recorder, Versione 6.7), un *software* gratuito che permette la registrazione e l'analisi dei movimenti della mano sullo schermo attraverso le coordinate x e y dei click del *mouse* del computer, era registrata ogni selezione compiuta durante il test. Per ogni click erano specificati in un file, con una precisione al millesimo di secondo ($\mu\text{S/s}$) la corrispettiva marcatura oraria (*timestamp*) e le coordinate della parte dello schermo della selezione.

Dopo aver ricevuto le istruzioni del gioco, i partecipanti iniziavano il task decisionale e in totale, per completare le 100 selezioni del test, impiegavano circa 15-20 minuti.

La prestazione decisionale è stata valutata attraverso il calcolo del cosiddetto *Net Score*, ottenuto sottraendo dalla somma del numero di carte scelte dai mazzi vantaggiosi il numero di quelle selezionate dai mazzi svantaggiosi (i.e. $(C+D) - (A+B)$). Per ogni partecipante è stato calcolato il:

- Net Score Globale = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle 100 selezioni di carte;
- Net Score *Learning Phase* = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle selezioni di carte 1-60;
- Net Score *Performance Phase* = $[(C+D) - (A+B)]$ nelle selezioni di carte 61-100.

Nel presente studio, analogamente al primo studio, abbiamo utilizzato una specifica versione dell'IGT, elaborata a partire dall'analisi delle esigenze del disegno sperimentale e dei limiti delle versioni utilizzate in alcuni studi precedenti per lo studio dei processi psicofisiologici durante il completamento di tale compito decisionale.

Brevemente, il metodo adottato ha compreso l'utilizzo di:

- una versione dell'IGT senza tempi prefissati;
- indici psicofisiologici puntuali, in particolare dell'attivazione delle Onde Beta e Alpha registrate a livello del lobo frontale e dell'attivazione del muscolo facciale corrugatore del sopracciglio;
- l'integrazione di un mousetracker per la registrazione dei cambiamenti psicofisiologici durante l'IGT, al fine di poter sincronizzare con una precisione al millisecondo modifiche negli indici fisiologici a comportamenti osservati nel compito decisionale.

Per maggiori dettagli si rimanda al Paragrafo 2.5 del Capitolo 4.

2.6 Assessment psicometrico

Al fine di misurare indici soggettivi di stress e ansia di tratto e di stato, ai partecipanti sono state somministrate le scale psicometriche self-report specificate nei paragrafi che seguono e descritte nel dettaglio nel Paragrafo 2.6 del Capitolo 4.

2.6.1 Questionari psicometrici di tratto

I partecipanti, durante la sessione sperimentale, hanno compilato i seguenti questionari per la misura di presenza di Stress Cronico e di Ansia di Tratto, nell'ordine:

- *Misura dello Stress Percepito (MSP)* (Di Nuovo, Rispoli et al. 2000).
- *State-Trait Anxiety Inventory Form Y-2 (STAI Y-2)* (Spielberger, Gorsuch et al. 1970; Macor, Pedrabissi et al. 1990).

2.6.2 Questionari psicometrici di stato

Ai partecipanti sono stati somministrati dei questionari psicometrici di stato, compilati immediatamente prima e dopo l'esposizione alla Condizione Sperimentale. In particolare i questionari utilizzati erano:

- *State-Trait Anxiety Inventory Form Y-1 (STAI Y-1)* (Spielberger, Gorsuch et al. 1970; Macor, Pedrabissi et al. 1990).
- *Visual Analogue Scale for Anxiety (VAS-A)*.

2.7 Assessment psicofisiologico

Nello studio sono stati registrati i dati psicofisiologici dei partecipanti e, in particolare: il battito cardiaco, o *heart rate* (HR) e l'indice NN50, misurati attraverso l'elettrocardiogramma (ECG); l'andamento delle onde cerebrali frontali Alpha e Beta, misurate attraverso l'elettroencefalogramma (EEG); l'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio facciale, registrato con l'elettromiografia facciale (fEMG).

Di seguito sono elencati i diversi indici psicofisiologici utilizzati nelle varie fasi dell'esperimento, descritti nel dettaglio nel Paragrafo 2.7 del Capitolo 4.

2.7.1 Baseline ed esposizione agli stimoli

Prima di iniziare l'esperimento e durante l'esposizione allo stimolo stressante o neutro sono stati registrati i valori di ECG dei partecipanti. In particolare nello studio sono stati considerati i seguenti indici cardiaci:

- Valore medio dell'HR, misurato in battiti per minuto (BPM) e calcolato attraverso i picchi delle onde-R (intervalli R-R);
- Indice NN50, ossia il numero di successivi intervalli *normal to normal* (NN) la cui differenza supera i 50 millisecondi. Tale segnale è stato estratto come indice spettrale dell'*Heart Rate Variability* (HRV), una tra le migliori misure della risposta del sistema nervoso simpatico (Camm, Malik et al. 1996; Magagnin, Mauri et al. 2010; Mauri, Cipresso et al. 2011) per questo utilizzato in numerosi studi sulla risposta a stressor (McCraty, Atkinson et al. 1995; Hjortskov, Rissén et al. 2004).

2.7.2 Risposte precedenti le scelte

Le risposte precedenti le scelte, registrate attraverso l'EEG, sono stata misurata 1 secondo prima della selezione di ogni carta durante il compito decisionale. L'attivazione media in tale finestra temporale è stata considerata in risposta all'evento della decisione anticipata.

Dai segnali di EEG state calcolate le matrici corrette per il calcolo, per ognuno dei canali registrati, di:

- Attivazione delle onde Beta (13-30 Hz), indice spesso utilizzato in letteratura (Nikulin and Brismar 2004) per identificare un *arousal* emotivo. Di conseguenza, è stata utilizzata nel presente studio come indice puntuale di attivazione emotiva.
- Attivazione delle onde Alpha (7-13 Hz), misura di attenzione sostenuta (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999) e, di conseguenza, utilizzate come misura funzionamento cerebrale collegato a processi attentivi precedente la selezione dai mazzi di carte.

2.7.3 Risposta alle punizioni

La risposta alle punizioni è stata misurata 1 secondo dopo la selezione delle carte dopo le quali era data una punizione in termine di perdita di denaro.

I segnali di fEMG, e in particolare l'attivazione media del muscolo corrugatore del sopracciglio, registrata in tale finestra temporale è stata considerata in risposta alla punizione ricevuta.

2.8 Procedura

Gli esperimenti sono stati condotti nel laboratorio di Psicologia della Comunicazione del Dipartimento di Scienze della Formazione di Milano-Bicocca. Durante il reclutamento dei partecipanti, è stato chiesto loro di non assumere caffeina e nicotina nelle due ore precedenti l'esperimento. Lo studio era presentato ai soggetti come una ricerca circa l'influenza delle emozioni sulla capacità decisionale.

Dopo una breve introduzione da parte dello sperimentatore sul funzionamento degli strumenti per la registrazione dei segnali psicofisiologici e sulla natura completamente anonima dei test, ai partecipanti era chiesto di compilare il consenso informato.

I soggetti sono stati fatti accomodare su una sedia collocata davanti ad un Personal Computer Asus G2S (Intel® Core™2 Extreme Processor X7800) con schermo da 17", posto a una distanza di circa un metro. Prima di iniziare la sessione sperimentale, lo sperimentatore collocava i sensori per la registrazione dei dati psicofisiologici (HR e RCC).

In seguito, per due minuti era registrata la baseline fisiologica, durante la quale era chiesto ai partecipanti di assumere una posizione comoda e chiudere gli occhi, cercando di rilassarsi il più possibile. Completata questa fase, i soggetti hanno compilato online i questionari psicometrici di tratto (MSP e STAI-Y2) e di stato (STAI-Y1 e VAS-A), impiegando in media 15-20 minuti.

Successivamente, metà dei partecipanti è stata sottoposta allo stress transitorio, mentre l'altra metà no. Entrambi gli stimoli sono stati presentati sullo schermo del PC. La divisione del campione è stata fatta secondo uno schema di randomizzazione ottenuto da <http://www.randomizer.org/>. Durante l'esposizione allo stress transitorio e

allo stimolo neutro sono stati registrati i parametri fisiologici dei partecipanti (HR e RCC) . Una volta completata questa parte, che in media durava circa 4 minuti, i partecipanti hanno compilato nuovamente i questionari di stato (STAI-Y1 e VAS-A) e, infine, hanno completato il test decisionale (IGT), durante il quale erano registrati i segnali psicofisiologici (EEG, fEMG). Nello studio è stata utilizzata una versione computerizzata dell'IGT, sviluppata con il programma Director MX 2004 e installata sul PC.

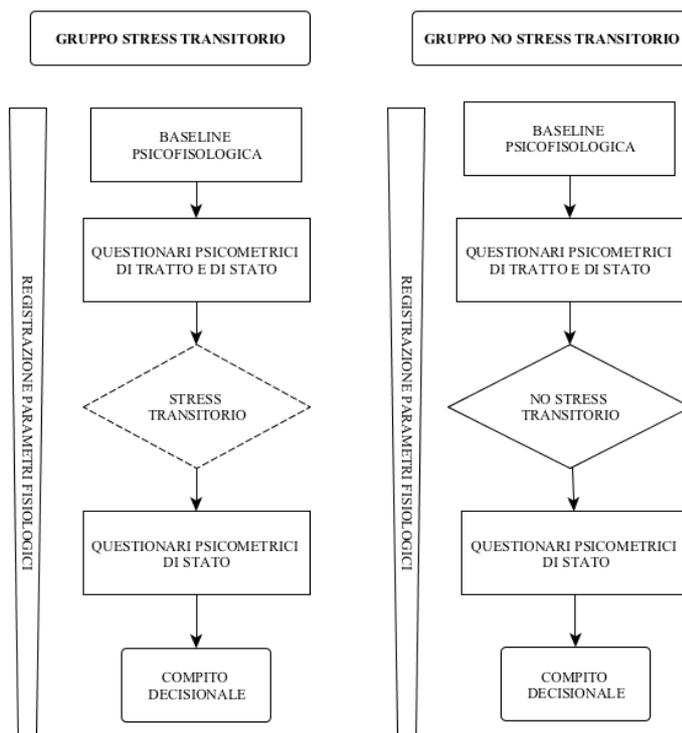


Figura 2.8.1. Cronologia della sessione sperimentale.

3 Analisi dei dati

I dati raccolti sono stati inseriti in un database creato con Microsoft Excel e analizzati attraverso SPSS (versione 17.0).

Il T-test per campioni indipendenti è stato utilizzato per verificare l'omogeneità alle variabili clinico-epidemiologiche del campione, mentre ANOVA miste sono state condotte per valutare il manipulation check.

3.1 Performance decisionale

La performance decisionale è stata analizzata seguendo la metodologia spiegata nel paragrafo 2.5 del Capitolo 4. ANOVA di tipo 2 (stress transitorio: si, no) x 2 (genere: maschile, femminile) sono condotte per osservare possibili differenze nella prestazione IGT legate all'esposizione allo stress transitorio e al genere di appartenenza dei partecipanti.

3.2 Attività psicofisiologica

L'analisi dell'attività psicofisiologica è stata combinata per i mazzi svantaggiosi (A e B) e vantaggiosi (C e D), come fatto in studi precedenti (Bechara, Tranel et al. 1996). L'attività fisiologica durante l'anticipazione e dopo le punizioni è stata calcolata separatamente. ANOVA miste di tipo 2 (stress transitorio: si, no) x 2 (tipo di mazzo: vantaggiosi, svantaggiosi) sono state calcolate per i valori psicofisiologici durante la risposta precedente le scelte e la risposta alle punizioni, con il secondo fattore a misure ripetute. Per la modalità di calcolo di tali risposte si rimanda al Paragrafo 2.7.2 e 2.7.3 del Capitolo 4.

4 Risultati

4.1 Variabili clinico-epidemiologiche

Un'ANOVA a due vie di tipo 2 (stress cronico: si, no) x 2 (stress transitorio: si, no) ha indicato l'assenza di differenze significative nell'età e anni scolastici nel

campione diviso per i fattori (Tabella 4.1.1). I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.1.2 nella Tabella 4.1.3.

Variabili	Stress Cronico		No Stress Cronico	
	Stress Transitorio (Media e DS)	No Stress Transitorio (Media e DS)	Stress Transitorio (Media e DS)	No Stress Transitorio (Media e DS)
Età	23.7 (5)	24.3 (5.2)	22.5 (3)	23.8 (3.99)
Anni Scolastici	13.7 (.974)	14.3 (.961)	13.7 (.958)	13.9 (1.33)

Tabella 4.1.1. Media e Deviazione Standard dell'età e del numero di anni scolastici nel campione diviso per stress cronico e stress transitorio. Il confronto eseguito attraverso l'ANOVA a due vie non ha mostrato differenze significative, $p > .05$.

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	17.1	.885	.012	.35
(B) Stress Cronico	1	14.6	.755	.011	.388
Ax B	1	2.55	.131	.002	.718
Errore	71				

Tabella 4.1.2. Analisi della Varianza Stress Transitorio x Stress Cronico sull'età media del campione.

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	3.39	2.89	.039	.093
(B) Stress Cronico	1	.919	.783	.011	.379
Ax B	1	1.14	.977	.014	.326
Errore	71				

Tabella 4.1.3. Analisi della Varianza Stress Transitorio x Stress Cronico sulla scolarità media del campione.

4.2 Risultati relativi al manipulation check

L'efficacia nell'induzione di stress transitorio è stata misurata esaminando le risposte soggettive dei partecipanti espresse nei questionari psicometrici di stato (STAI-Y1 e VAS-A) e analizzando le modifiche registrate negli indici psicofisiologici (HR e NN50). Un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo: pre, post) X 2 (stress transitorio, si, no) è stata utilizzata per comparare i punteggi alle scale psicometriche e i valori degli indici psicofisiologici misurati prima e dopo l'esposizione allo stress transitorio.

4.2.1 Questionari psicometrici di stato

In primo luogo, riguardo i questionari psicometrici di stato, dalle analisi condotte sulla STAI-Y1 è emerso un effetto principale del tempo, $F(1, 73) = 48.3$, $p < .001$, $\eta^2 = .398$ e dello stress transitorio, $F(1, 73) = 10.9$, $p < .001$, $\eta^2 = .13$. Inoltre, è emersa un'interazione statisticamente significativa fra i fattori, $F(1, 73) = 36.5$, $p < .001$, $\eta^2 = .334$. In particolare, solo i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato una differenza significativa nei punteggi medi nei diversi periodi tempo (Tabella 4.2.1.1).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	1266	10.9	.13	.001***
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	1703	48.3	.398	.000***
A x B	1	1288	36.5	.334	.000***
Errore	73				

Tabella 4.2.1.1 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sul punteggio alla STAI-Y1.

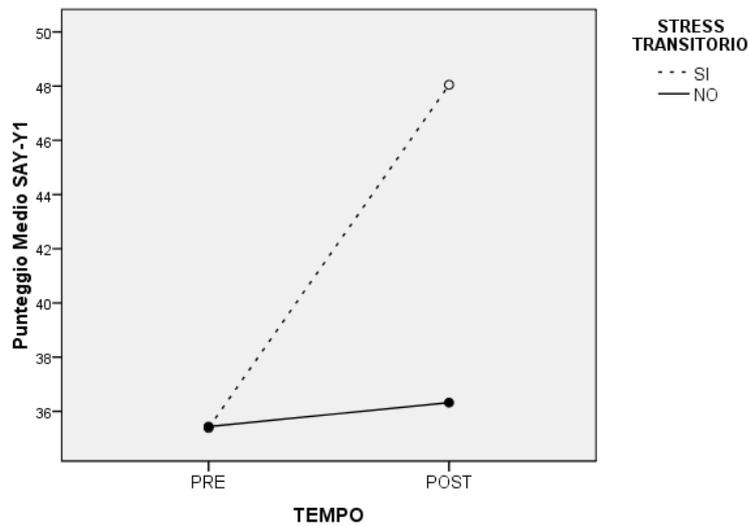


Figura 4.2.1.1 Punteggi medi alla STAI-Y1 prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Analogamente, per quanto riguarda la VAS-A, è stato osservato un effetto principale significativo del tempo, $F(1, 73) = 26.6, p < .001, \eta_p^2 = .268$, e dello stress transitorio, $F(1, 73) = 11.1, p < .001, \eta_p^2 = .133$, oltre che un'interazione significativa fra i due fattori, $F(1, 73) = 36.7, p < .001, \eta_p^2 = .335$. Anche in questo caso, nello specifico, è emerso un aumento significativo dei punteggi medi solo nei partecipanti esposti a stress transitorio (Tabella 4.2.1.2).

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	95.8	11.1	.133	.001***
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	37.8	26.6	.268	.000***
Ax B	1	52.2	36.7	.335	.000***
Errore	73				

Tabella 4.2.1.2 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sul punteggio alla VAS-A.

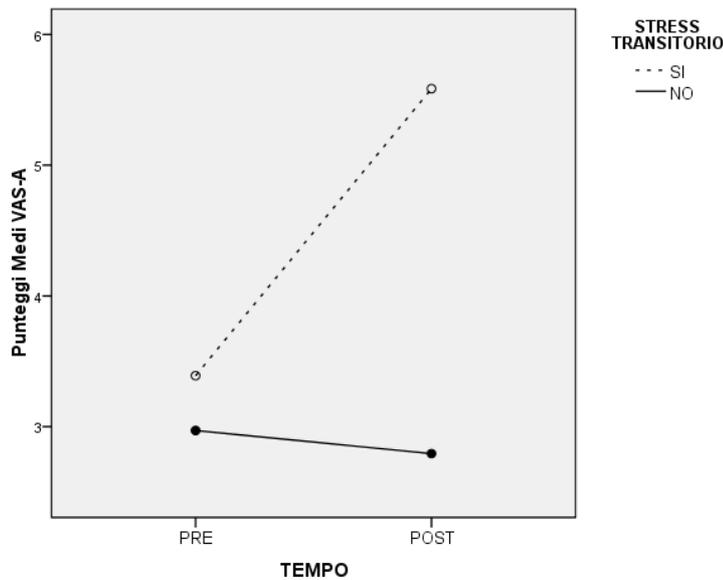


Figura 4.2.1.2. Differenze nei punteggi medi alla VAS-A prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Stress Transitorio	Tempo	Punteggio	
		STAI-Y1	VAS-A
Si	Pre	33.5 (7.77)	3.39 (1.88)
	Post	48.1 (8.67)	5.59 (2.97)
No	Pre	35.4 (6.3)	2.97 (1.78)
	Post	36.3 (6.26)	2.79 (1.96)

Tabella 4.2.1.3 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati ai questionari psicometrici nel campione diviso per Stress Transitorio prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

In una fase successiva di analisi, un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo) X 2 (stress transitorio) X 2 (stress cronico) x 2 (genere) è stata condotta per osservare eventuali differenze legate alla presenza di stress cronico e al genere di appartenenza dei partecipanti nella risposta alla condizione sperimentale.

In primo luogo, dalle analisi condotte sui punteggi misurati attraverso le scale psicometriche, riguardo la STAI-Y1 è emersa un'interazione significativa tra i fattori stress transitorio, genere e tempo, $F(1, 67) = 4.61, p < .05, \eta_p^2 = .064$ (Figura 4.2.1.3).

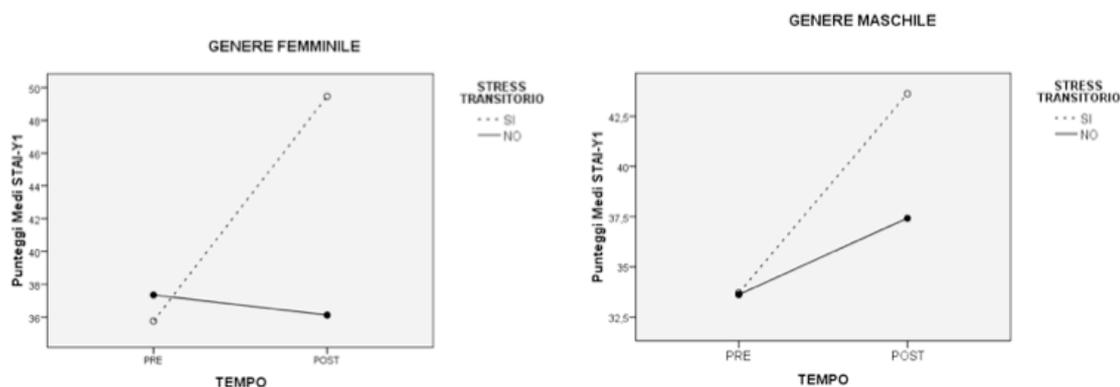


Figura 4.2.1.3 Differenze nei punteggi medi alla STAI-Y1 prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Genere e Stress Transitorio.

Inoltre, è emersa un'interazione statisticamente significativa fra i fattori stress transitorio e tempo, $F(1, 67) = 26.4, p < .001, \eta_p^2 = .31$, ed è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 67) = 6.37, p < .05, \eta_p^2 = .087$, e dello stress cronico, $F(1, 67) = 4.8, p < .05, \eta_p^2 = .067$, e del tempo, $F(1, 67) = 40.9, p < .001, \eta_p^2 = .38$. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.2.1.4 e nella Tabella 4.2.1.5.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	Tempo	
			Pre	Post
Si	Si	Femminile	38.4 (9.23)	54.1 (10.1)
		Maschile	34 (6.13)	44.1 (11.2)
	No	Femminile	38.6 (2.44)	36.8 (7.35)
		Maschile	37 (3.87)	39.6 (9.58)
No	Si	Femminile	33.1 (5.62)	44.8 (6.86)
		Maschile	33.4 (7.63)	43.1 (13.3)
	No	Femminile	36.1 (6.61)	35.3 (7.45)
		Maschile	30.2 (7.36)	35.2 (11.9)

Tabella 4.2.1.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati nella STAI-Y1 nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	675	6.37	.087	.014*
(B) Stress Cronico	1	509	4.8	.067	.032*
(C) Genere	1	220	2.07	.03	.154
A x B Interazione	1	.611	.006	.000	.94
A x C Interazione	1	61.4	.58	.009	.449
B x C Interazione	1	18.7	.177	.003	.675
Ax B x C Interazione	1	210	1.98	.029	.164
Errore (between groups)	67				
(D) Tempo	1	1422	40.9	.38	.000***
A x D Interazione	1	917	26.4	.31	.000***
B x D Interazione	1	.449	.013	.000	.91
C x D Interazione	1	3.19	.092	.001	.763
A x B x D Interazione	1	31.8	.918	.014	.341
A x C x D Interazione	1	160	4.61	.064	.035*
B x C x D Interazione	1	12.2	.354	.005	.554
A x B x C x D Interazione	1	2.48	.071	.001	.79
Errore (within groups)	67				

Tabella 4.2.1.4 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Stress Cronico X Genere sul punteggio alla STAI-Y1.

Riguardo la VAS-A è emersa un'interazione significativa tra i fattori tempo e genere, $F(1, 67) = 5.63$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .078$. In particolare, in seguito all'esposizione alla condizione sperimentale, i partecipnati di genere maschile hanno mostrato punteggi maggiori rispetto ai partecipanti di genere femminile (Figura 4.2.1.4).

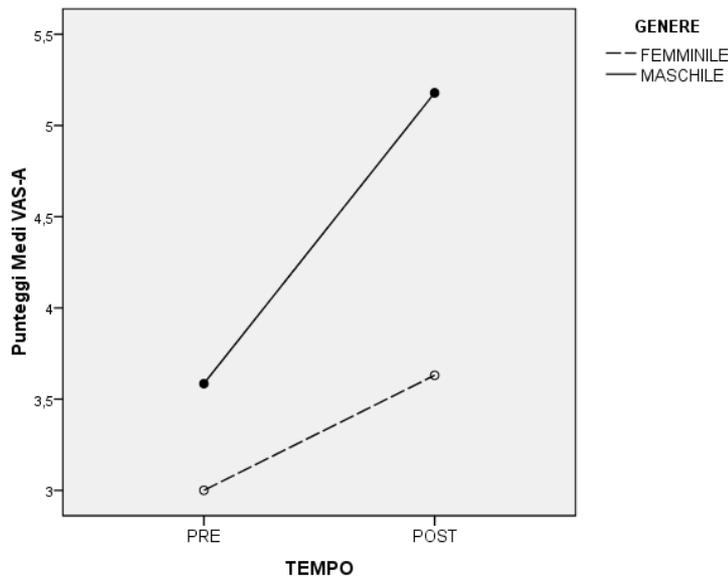


Figura 4.2.1.4 Differenze nei punteggi medi alla VAS-A prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Genere.

Inoltre, è emersa anche un'interazione statisticamente significativa fra i fattori stress transitorio e tempo, $F(1, 67) = 38.1, p < .001, \eta_p^2 = .362$, e un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 67) = 10.2, p < .01, \eta_p^2 = .133$, dello stress cronico, $F(1, 67) = 3.92, p < .05, \eta_p^2 = .055$, e del tempo, $F(1, 67) = 30.5, p < .001, \eta_p^2 = .31$. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.2.1.6 e nella Tabella 4.2.1.7.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	Tempo	
			Pre	Post
Si	Si	Femminile	3.5 (1.86)	5.5 (2.16)
		Maschile	4.14 (2.03)	7.71 (4.57)
	No	Femminile	3.25 (1.48)	2.63 (2.13)
		Maschile	4 (1.73)	4 (1.87)
No	Si	Femminile	2.64 (1.5)	4.09 (1.64)
		Maschile	3.57 (2.29)	6 (3.51)
	No	Femminile	2.62 (1.89)	2.31 (1.6)
		Maschile	2.63 (1.92)	3 (2.39)

Tabella 4.2.1.6 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori misurati nella VAS-A nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	83.9	10.2	.133	.002**
(B) Stress Cronico	1	32.1	3.92	.055	.05*
(C) Genere	1	37.6	4.59	.064	.036*
A x B Interazione	1	.785	.096	.001	.758
A x C Interazione	1	4.27	.522	.008	.473
B x C Interazione	1	1.06	.13	.002	.719
Ax B x C Interazione	1	1.02	.126	.002	.724
Errore (between groups)	67				
(D) Tempo	1	40.9	30.5	.31	.000***
A x D Interazione	1	51.8	38.1	.362	.000***
B x D Interazione	1	.513	.377	.006	.541
C x D Interazione	1	7.68	5.63	.078	.02*
A x B x D Interazione	1	2.93	2.15	.031	.147
A x C x D Interazione	1	.793	.582	.009	.448
B x C x D Interazione	1	.151	.111	.002	.111
A x B x C x D Interazione	1	.222	.163	.002	.688
Errore (within groups)	67				

Tabella 4.2.1.7 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Stress Cronico X Genere sul punteggio alla VAS-A.

4.2.2 Indici psicofisiologici

Errori nella registrazione dell'ECG hanno causato la mancata registrazione dei dati per 12 individui e, di conseguenza, le analisi hanno incluso 63 partecipanti, 39 di genere femminile (61.9%) e 24 di genere maschile (38.1%). Un aumento nell'HR, così come una diminuzione nei valori del NN50 corrisponde ad un'attivazione del sistema nervoso simpatico (vedi Paragrafo 2,7.1 del Capitolo 4).

In primo luogo, dalle analisi condotte sull'HR è emerso un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 31) = 11.4, p < .01, \eta_p^2 = .132$, e un'interazione statisticamente significativa tra i fattori tempo e stress transitorio, $F(1, 31) = 9.23, p <$

.01, $\eta_p^2 = .132$. In particolare, è emerso un aumento significativo dei valori medi di HR solo nei partecipanti esposti a stress transitorio.

Fattore	df	Mean Square	F	η_p^2	p
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	3452	11.4	.132	.003**
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	57.8	1.31	.021	.256
A x B	1	406	9.23	.132	.003**
Errore	61				

Tabella 4.2.2.1 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sui valori medi di HR misurato in BPM.

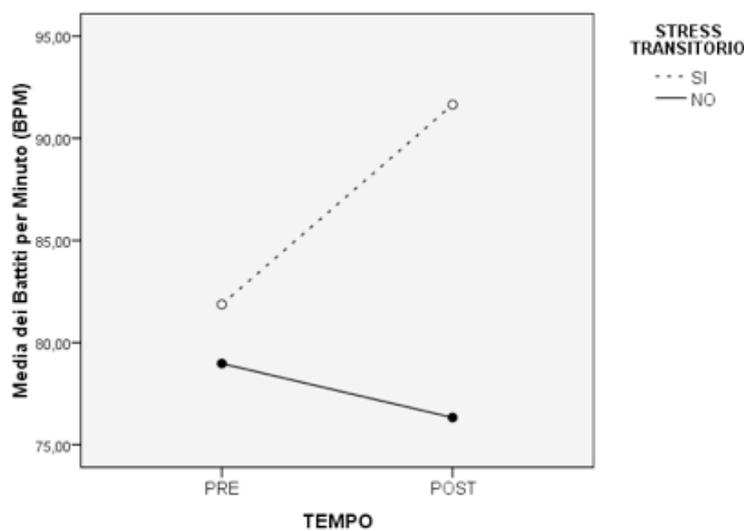


Figura 4.2.2.1 Valori medi dell'HR (misurato in BPM) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

In secondo luogo, dalle analisi condotte sulla NN50, è emersa un'interazione fra i fattori stress transitorio e tempo tendente alla significativo del tempo, $F(1, 61) = .263$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .056$. In particolare, mentre individui non esposti allo stressor hanno mostrato un aumento nel NN50, nei partecipanti esposti allo stressor è stata osservata una diminuzione in tale parametro, indice di un'attivazione del sistema nervoso simpatico.

Fattore	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	η_p^2	<i>p</i>
Condizione					
(A) Stress Transitorio	1	557	1.34	.022	.251
Misure Ripetute					
(B) Tempo	1	53.1	.263	.004	.61
A x B	1	725	3.59	.056	.06
Errore	61				

Tabella 4.2.2.2 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio sui valori medi del NN50 (misurato in ms).

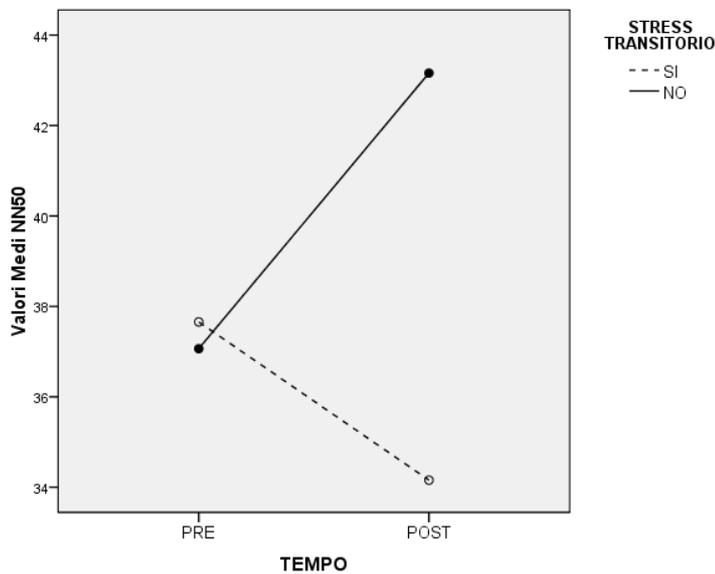


Figura 4.2.2.2 Differenze nei valori medi nel NN50 (espresso in ms) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

Nella Tabella 4.2.2.3 sono riportati i valori registrati nel NN50 prima e dopo l'esposizione allo stress transitorio.

Stress Transitorio	Tempo	Valori	
		HR	NN50
Si	Pre	86.2 (15.6)	37.6 (17.3)
	Post	91.8 (14.5)	34.1 (15.7)
No	Pre	79.3 (11.4)	37.1 (19.5)
	Post	77.1 (10)	43.1 (17.4)

Tabella 4.2.2.3 Valori medi (e Deviazione Standard) dell'HR (misurato in BPM) e del NN50 (espresso in ms) prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale nel campione diviso per Stress Transitorio.

In una fase successiva di analisi, un'ANOVA mista di tipo 2 (tempo) X 2 (stress transitorio) X 2 (stress cronico) x 2 (genere) è stata condotta per osservare eventuali differenze legate alla presenza di stress cronico e al genere di appartenenza dei partecipanti nella risposta alla condizione sperimentale.

Dalle analisi condotte sui valori registrati negli indici psicofisiologici, riguardo l'HR è emerso un'interazione statisticamente significativa tra i fattori stress cronico e genere, $F(1, 55) = 7.12, p < .01, \eta_p^2 = .115$. In particolare, mentre in condizione di assenza di stress cronico gli uomini hanno mostrato valori di HR maggiori rispetto alle donne, in condizione di stress cronico si è osservato il fenomeno opposto, con le donne che hanno mostrato valori medi maggiori rispetto agli uomini.

Inoltre è stata osservata un'interazione significativa fra tempo e stress transitorio, $F(1, 55) = 9.47, p < .001, \eta_p^2 = .147$, che indica un aumento significativo dei valori HR solo nei partecipanti esposti a stress transitorio. Infine, è emerso un effetto principale dello stress transitorio $F(1, 55) = 10.5, p < .001, \eta_p^2 = .161$. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.2.2.4 e Tabella 4.2.2.5.

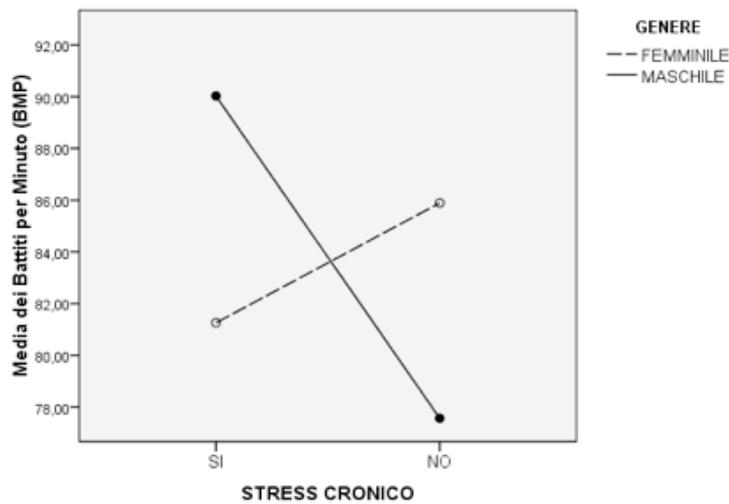


Figura 4.2.2.3 Valori medi dell'HR (misurato in BPM) nel campione diviso per Stress Cronico e Genere.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	3028	10.5	.161	.002**
(B) Stress Cronico	1	429	1.49	.026	.227
(C) Genere	1	1.39	.005	.000	.945
A x B Interazione	1	55.1	.192	.003	.663
A x C Interazione	1	277	.965	.017	.33
B x C Interazione	1	2049	7.12	.115	.01**
Ax B x C Interazione	1	168	.585	.011	.448
Errore (between groups)	55				
(D) Tempo	1	75.7	1.78	.031	.187
A x D Interazione	1	401	9.47	.147	.003**
B x D Interazione	1	95.4	2.25	.039	.139
C x D Interazione	1	62.3	1.47	.026	.23
A x B x D Interazione	1	146	3.45	.059	.069
A x C x D Interazione	1	6.84	.161	.003	.689
B x C x D Interazione	1	.202	.005	.000	.945
A x B x C x D Interazione	1	36.2	.854	.015	.359
Errore (within groups)	55				

Tabella 4.2.2.4 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Stress Cronico X Genere sui valori dell'HR (espresso in BMP).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	Tempo	
			Pre	Post
Si	Si	Femminile	86.3 (12.4)	88.6 (14.6)
		Maschile	95.3 (19.9)	95.7 (13.2)
	No	Femminile	74.7 (8.61)	75.2 (10.7)
		Maschile	86.4 (12.9)	82.5 (9.35)
No	Si	Femminile	86.8 (12.4)	99.4 (15.6)
		Maschile	76 (11.4)	82.5 (9.94)
	No	Femminile	80 (13.1)	77.2 (10.6)
		Maschile	77 (7..8)	74.7 (9.21)

Tabella 4.2.2.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori dell'HR (espresso in BMP) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Per quanto riguarda l'indice NN50, non è emerso alcun effetto principale né interazioni statisticamente significative tra i fattori, ad eccezione dell'interazione tendente alla significatività fra tempo e stress transitorio, $F(1, 55) = 3.09, p = .084, \eta_p^2 = .053$, già osservata nel manipulation check.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	Tempo	
			Pre	Post
Si	Si	Femminile	38.5 (19.3)	32.1 (17.6)
		Maschile	29.3 (7.68)	36.8 (18.4)
	No	Femminile	36.3 (16.1)	44.6 (17.8)
		Maschile	34.6 (15.5)	40.8 (17.1)
No	Si	Femminile	45.8 (21.9)	35.4 (16.9)
		Maschile	34.5 (11.1)	34.5 (8.89)
	No	Femminile	45.8 (21.9)	44.6 (17.9)
		Maschile	34.5 (11.4)	40.8 (17.1)

Tabella 4.2.2.7 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei valori NN50 (misurato in ms) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere prima e dopo l'esposizione alla condizione sperimentale.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Transitorio	1	297	.683	.012	.412
(B) Stress Cronico	1	83.6	.192	.003	.663
(C) Genere	1	749	1.72	.03	.195
A x B Interazione	1	76.4	.176	.003	.667
A x C Interazione	1	27.1	.062	.001	.804
B x C Interazione	1	197	.454	.008	.503
Ax B x C Interazione	1	13.5	.031	.001	.861
Errore (between groups)	55				
(D) Tempo	1	164	.799	.014	.375
A x D Interazione	1	639	3.09	.053	.084
B x D Interazione	1	60.6	.294	.005	.59
C x D Interazione	1	499	2.41	.042	.126
A x B x D Interazione	1	54.7	.265	.005	.608
A x C x D Interazione	1	99.3	.482	.009	.491
B x C x D Interazione	1	44.5	.216	.004	.491
A x B x C x D Interazione	1	128	.624	.011	.433
Errore (within groups)	55				

Tabella 4.2.2.6 Analisi della Varianza Tempo x Stress Transitorio X Stress Cronico X Genere sui valori del NN50 (misurato in ms) .

4.3 Performance decisionale

Un'ANOVA di tipo 2 (stress cronico) X 2 (stress transitorio) X 2 (genere) è stata condotta per osservare i possibili effetti principali e di interazione dei fattori sulla prestazione decisionale globale e nelle due diverse fasi del test (*Learning Phase*, *Performance Phase*).

Per quanto riguarda il Net Score Globale, è stato osservato un effetto principale statisticamente significativo del fattore stress transitorio, $F(1, 67) = .439, p < 0.001, \eta_p^2 = .155$. In particolare, lo stress transitorio ha significativamente peggiorato la performance decisionale (stress transitorio, $M = .00, DS = 18.7$; no stress transitorio, $M = 13.9, DS = 21.4$). Inoltre, è emersa un'interazione significativa fra i fattori stress transitorio e genere, $F(1, 67) = 6.37, p < 0.05, \eta_p^2 = .007$. In particolare, nella condizione di stress transitorio i partecipanti di genere maschile ($M = -4, DS = 18.9$) hanno avuto performance peggiori rispetto a quelli di genere femminile ($M = 2.07, DS = 18.6$), mentre nella condizione di no stress transitorio, viceversa, gli uomini ($M = 24.1, DS = 22.2$) hanno mostrato prestazioni migliori rispetto a quelle delle donne ($M = 7.57, DS = 18.8$) (vedi Figura 4.3.1 e 4.3.2)

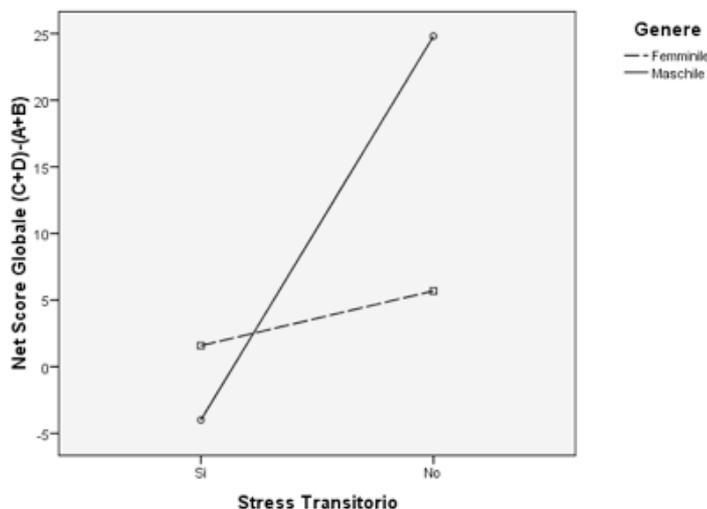


Figura 4.3.1 Differenze nella performance nell'intero IGT fra i partecipanti divisi per Stress Transitorio e per Genere.

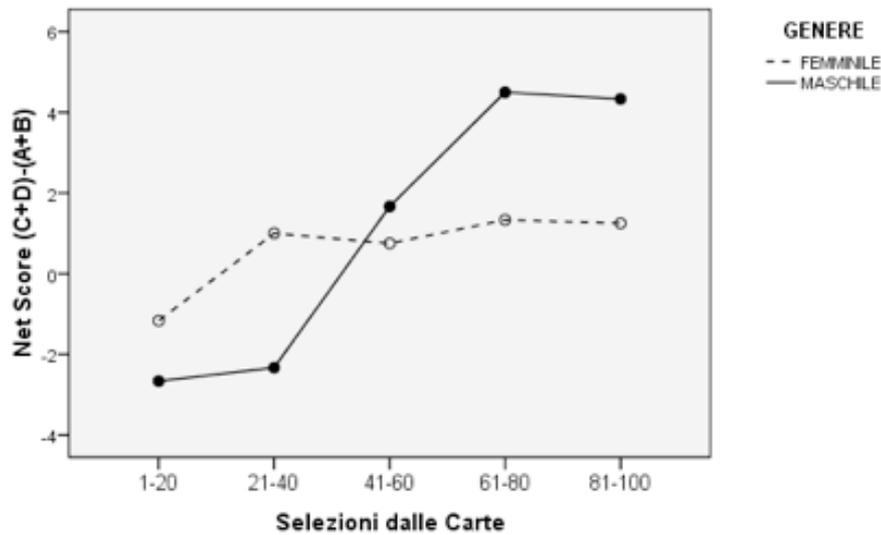


Figura 4.3.2 Differenze nella performance nelle selezioni dai mazzi durante l'IGT fra i partecipanti divisi per Stress Transitorio e per Genere.

Infine, è emersa un'interazione tendente alla significatività fra i fattori stress cronico, stress transitorio e genere, $F(1, 67) = 3.26, p = .07, \eta_p^2 = .047$. In particolare, mentre donne cronicamente stressate hanno avuto prestazioni migliori quando esposte a stress transitorio, uomini stressati cronici, viceversa, hanno mostrato performance migliori quando non esposti a stress transitorio (vedi Tabella 4.3.1 e Figura 4.3.3).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	
		Maschile	Femminile
Si	Si	-10.2 (22.2)	4.25 (21.6)
	No	27.6 (19.6)	.75 (14.1)
No	Si	2.29 (13.8)	-1.09 (13.4)
	No	22 (24.7)	11.7 (20.6)

Tabella 4.3.1 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei Net Score dell'IGT nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere.

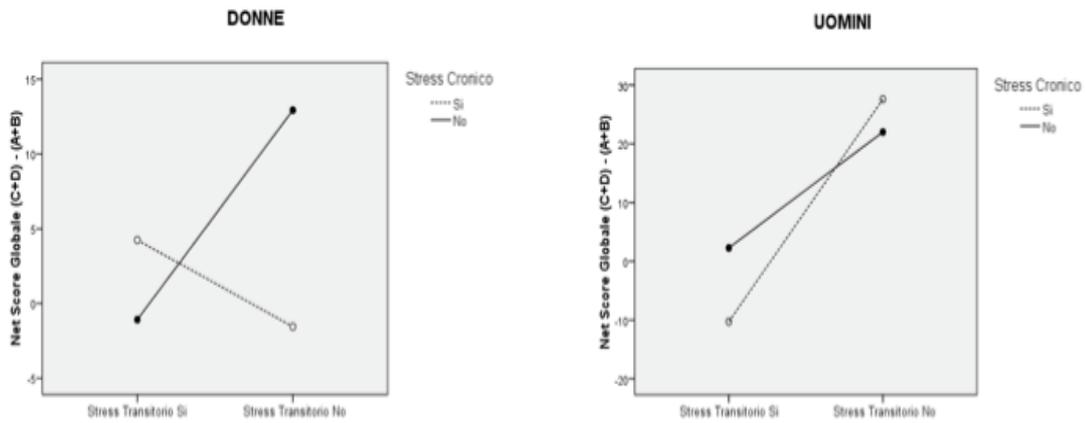


Figura 4.3.3 Differenze nella performance decisionale globale negli Uomini e nelle Donne nel campione diviso per Stress Cronico e Stress Transitorio.

Al livello descrittivo, come si può osservare nella figura 4.3.4, i partecipanti stressati cronici hanno mostrato, in generale punteggi all'IGT minori rispetto ai non stressati cronici (stress cronico, $M = 3.89$, $DS = 22.1$; no stress cronico, $M = 8.54$, $DS = 20.1$).

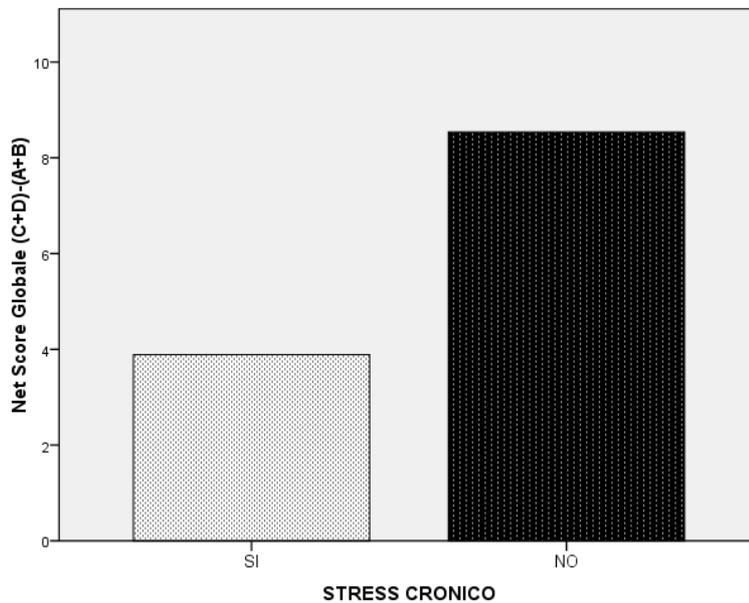


Figura 4.3.4 Differenze nella performance dei partecipanti divisi in base alla presenza/assenza di Stress Cronico nel Net Score Globale.

Nella Tabella 4.3.2 sono riassunti tutti i risultati emersi dall'analisi.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	165	.439	.007	.51
(B) Stress Transitorio	1	4641	12.2	.155	.001***
(C) Genere	1	695	1.84	.027	.179
A x B Interazione	1	3.39	.009	.000	.921
A x C Interazione	1	1.73	.005	.000	.946
B x C Interazione	1	2408	6.37	.007	.014*
A x B x C Interazione	1	1234	3.26	.047	.07
Errore (within groups)	67				

Tabella 4.3.2 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sul Net Score globale.

Per quanto riguarda il Net Score nella *Learning Phase*, dai risultati è emerso un effetto principale tendente alla significatività del fattore stress cronico, $F(1, 67) = 3.35$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .048$, mostrando un effetto negativo di tale condizione sulla performance decisionale (stress cronico, $M = -.72$, $DS = 12.3$; no stress cronico, $M = 3.69$, $DS = 10.2$) (Figura 4.3.5).

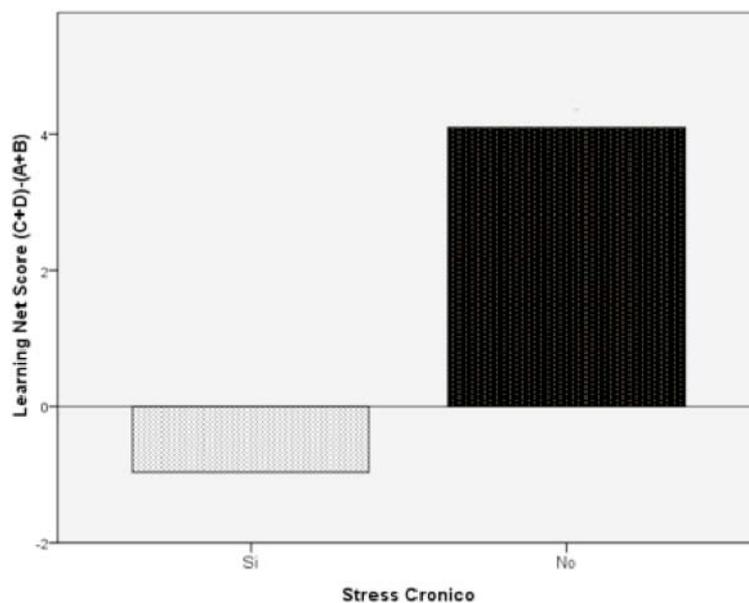


Figura 4.3.5 Differenze nella performance dei partecipanti divisi in base alla presenza/assenza di Stress Cronico nel Net Score alla *Learning Phase* dell'IGT.

Inoltre, è emerso un effetto principale statisticamente significativo dello stress transitorio, $F(1, 67) = 5.4$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = .075$. In particolare, lo stress transitorio ha

significativamente peggiorato la performance decisionale (stress transitorio, $M = -1.17$, $DS = 10.7$; no stress transitorio, $M = 4.88$, $DS = 11.6$).

Infine, non è emersa alcun'interazione significativa tra i fattori. Nella Tabella 4.3.3 sono riassunti tutti i risultati emersi dall'analisi.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	407	3.35	.048	.07
(B) Stress Transitorio	1	657	5.4	.075	.023*
(C) Genere	1	346	.028	.000	.867
A x B Interazione	1	131	1.08	.016	.302
A x C Interazione	1	234	1.92	.028	.17
B x C Interazione	1	204	1.67	.087	.2
A x B x C Interazione	1	.15	.001	.000	.972
Errore (within groups)	67				

Tabella 4.3.3 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sul Net Score nella *Learning Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	
		Maschile	Femminile
Si	Si	-6.29 (11.5)	.62 (13)
	No	.8 (18.4)	.5 (7.5)
No	Si	-.29 (8.2)	-1.09 (7.86)
	No	12.2 (11.7)	4.62 (9.4)

Tabella 4.3.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei Net Score nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere.

Per quanto riguarda il Performance Net Score, dai risultati è emerso un effetto principale del fattore stress transitorio, $F(1, 67) = 10.4$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = .135$. In particolare, lo stress transitorio ha significativamente peggiorato la performance decisionale (stress transitorio, $M = 1.27$, $DS = 12.2$; no stress transitorio, $M = 9$, $DS = 15.5$). Inoltre, si è osservata un'interazione significativa fra i fattori stress transitorio e genere, $F(1, 67) = 7.45$, $p < 0.1$, $\eta_p^2 = .1$. In particolare, nella condizione di stress transitorio i partecipanti di genere maschile ($M = -.86$, $DS = 14.5$) hanno avuto performance peggiori rispetto a quelli di genere femminile ($M = 2.37$, $DS = 10.9$),

mentre, nella condizione di no stress transitorio gli uomini ($M = 16.3$, $DS = 18.2$) hanno mostrato prestazioni significativamente migliori rispetto a quelle delle donne ($M = 4.4$, $DS = 12.02$), vedi Figura 4.3.6.

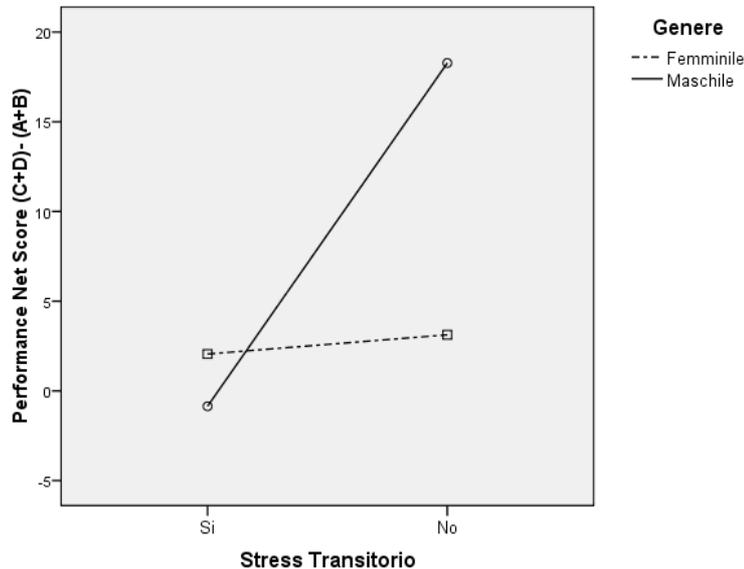


Figura 4.3.6 Differenze nei Net Score nella *Performance Phase* dell'IGT fra i partecipanti divisi per Stress Transitorio e per Genere.

Infine, è emersa un'interazione significativa fra i fattori stress cronico, stress transitorio e genere, $F(1, 67) = 6.82$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .092$. In particolare, mentre donne cronicamente stressate hanno avuto prestazioni migliori quando esposte a stress transitorio, uomini stressati cronici, viceversa, hanno mostrato performance migliori se non esposti a stress transitorio (vedi Tabella 4.3.5 e Figura 4.3.7).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Genere	
		Maschile	Femminile
Si	Si	-4 (14.8)	.375 (11.3)
	No	26.8 (12.9)	.25 (7.4)
No	Si	2.29 (14.6)	.36 (10.5)
	No	9.75 (18.6)	7.08 (13.7)

Tabella 4.3.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dei Net Score nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Genere.

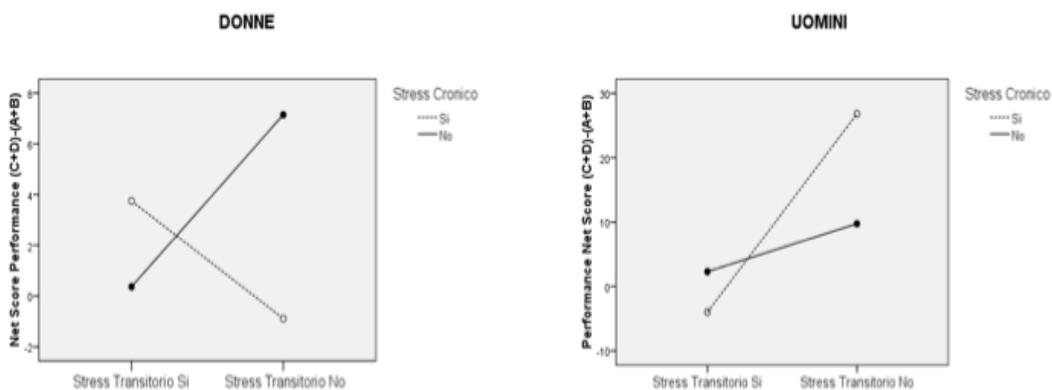


Figura 4.3.7 Differenze nella performance decisionale globale negli Uomini e nelle Donne nel campione diviso per Stress Cronico e Stress Transitorio.

Al livello descrittivo, come si può osservare nella Figura 4.3.8, i partecipanti stressati cronici hanno mostrato, punteggi simili a quello osservati nei non stressati cronici (stress cronico, $M = 4.67$, $DS = 14.6$; no stress cronico, $M = 4.87$, $DS = 14$).

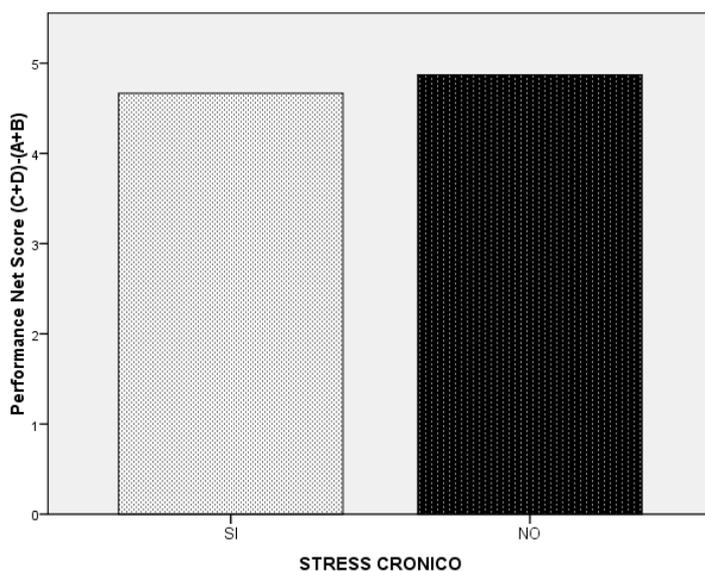


Figura 4.3.8 Differenze nella performance dei partecipanti divisi in base alla presenza/assenza di Stress Cronico nel Net Score alla Performance Phase dell'IGT.

Nella Tabella 4.3.6 sono riassunti tutti i risultati emersi dall'analisi.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	55.5	.325	.005	.57
(B) Stress Transitorio	1	1780	10.4	.135	.002**
(C) Genere	1	566	3.32	.047	.073
A x B Interazione	1	178	1.04	.015	.31
A x C Interazione	1	208	1.22	.018	.273
B x C Interazione	1	1271	7.45	.1	.008**
A x B x C Interazione	1	1165	6.82	.092	.011*
Errore (within groups)	67				

Tabella 4.3.6 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sul Net Score nella *Performance Phase* dell'IGT.

4.4 Risposta precedente le scelte

Errori nella registrazione dell'EEG hanno causato la mancata registrazione dei dati per 9 individui e di conseguenza, le analisi sulla risposta precedente le scelte hanno incluso 68 partecipanti, 45 di genere femminile (66.2%) e 23 di genere maschile (33.8%). Nella *Performance Phase*, inoltre, i dati di due partecipanti sono risultati rovinati e, perciò, in questa fase dell'IGT le analisi hanno incluso 66 soggetti, 43 di genere femminile e 23 di genere maschile.

ANOVA di tipo 2 (stress cronico: si, no) x 2 (stress transitorio: si, no) X 2 (tipo di mazzo: vantaggioso, svantaggioso) miste sono state condotte per osservare i possibili effetti principali e di interazione dei fattori sulla risposta precedente le scelte durante il test decisionale.

4.4.1 Onde Beta

Al fine di misurare la risposta di arousal emotivo precedente la scelta dei mazzi sono state analizzate le Onde Beta registrate a livello del lobo frontale destro e sinistro. Valori elevati nelle Onde Beta sono indice di un'elevata attivazione emotiva (vedi Paragrafo 4.4.1 del Capitolo 4).

Per quanto riguarda le onde Beta registrate a livello del canale frontale destro (FP1), non è stato osservato alcun un effetto principale significativo né interazioni significative tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.1.1 e nella Tabella 4.4.1.2.

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	.000	1.62	.025	.207
(B) Stress Transitorio	1	5.87 ⁻⁵	.853	.013	.359
A x B Interazione	1	.000	2.53	.038	.117
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	4.33 ⁻⁶	1.07	.017	.303
A x C Interazione	1	1.52 ⁻⁶	.379	.006	.54
B x C Interazione	1	3.45 ⁻⁸	.009	.000	.926
A x B x C Interazione	1	6.01 ⁻⁶	1.49	.023	.226
Errore (within groups)	64				

Tabella 4.4.1.1 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sui valori medi dell'attivazione delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0042 (.0023)	.0052 (.0036)
	No	.0036 (.0015)	.0038 (.0013)
No	Si	.0044 (.0026)	.0041 (.0015)
	No	.0076 (.0091)	.0082 (.0125)

Tabella 4.4.1.2 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

Gli stessi risultati sono stati osservati nella prima fase del test, ossia la *Learning Phase*, dove non è emerso alcun effetto principale significativo né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.1.3 e Tabella 4.4.1.4).

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	.000	1.63	.025	.206
(B) Stress Transitorio	1	3.73 ⁻⁵	.464	.007	.498
Ax B Interazione	1	.000	2.77	.042	.1
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	9.29 ⁻⁶	1.73	.026	.192
A x C Interazione	1	3.07 ⁻⁶	.574	.009	.452
B x C Interazione	1	2.95 ⁻⁶	.552	.009	.46
A x B x C Interazione	1	6.18 ⁻⁶	1.15	.018	.286
Errore (within groups)	64				

Tabella 4.4.1.3 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sui valori medi delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0046 (.0026)	.0062 (.0052)
	No	.0038 (.0017)	.0039 (.0018)
No	Si	.0048 (.0036)	.0049 (.0024)
	No	.0083 (.0099)	.0087 (.0126)

Tabella 4.4.1.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

Infine, neppure nella *Performance Phase* sono emersi risultati statisticamente significativi (Tabella 4.4.1.5 e Tabella 4.4.1.6).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0036 (.0031)	.0036 (.0031)
	No	.0034 (.0015)	.0034 (.0025)
No	Si	.0035 (.0029)	.003 (.0008)
	No	.0062 (.0088)	.0069 (.013)

Tabella 4.4.1.5 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	8.36 ⁻⁵	1.26	.02	.265
(B) Stress Transitorio	1	6.88 ⁻⁵	1.04	.016	.312
Ax B Interazione	1	.000	1.56	.025	.215
Errore (between groups)	62				
(C) Tipo di mazzo	1	2.97 ⁻⁶	.534	.009	.468
A x C Interazione	1	1.13 ⁻⁶	.204	.003	.653
B x C Interazione	1	4.44 ⁻⁶	.798	.013	.375
A x B x C Interazione	1	1.51 ⁻⁶	.273	.004	.603
Errore (within groups)	62				

Tabella 4.4.1.6 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sui valori medi delle Onde Beta del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Per quanto riguarda le onde Beta registrate, invece, a livello del canale frontale sinistro (FP2) è stato osservato un effetto principale statisticamente significativo dello stress cronico, $F(1, 64) = 4.11, p < .05, \eta_p^2 = .06$. In particolare, i partecipanti affetti da stress cronico hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori prima della selezione dai mazzi, indice di una meno intensa risposta di *arousal* (stress cronico, $M = .0039, DS = 4.36^{-4}$; no stress cronico, $M = .0051, DS = 4.07^{-4}$ (Figura 4.4.1.1).

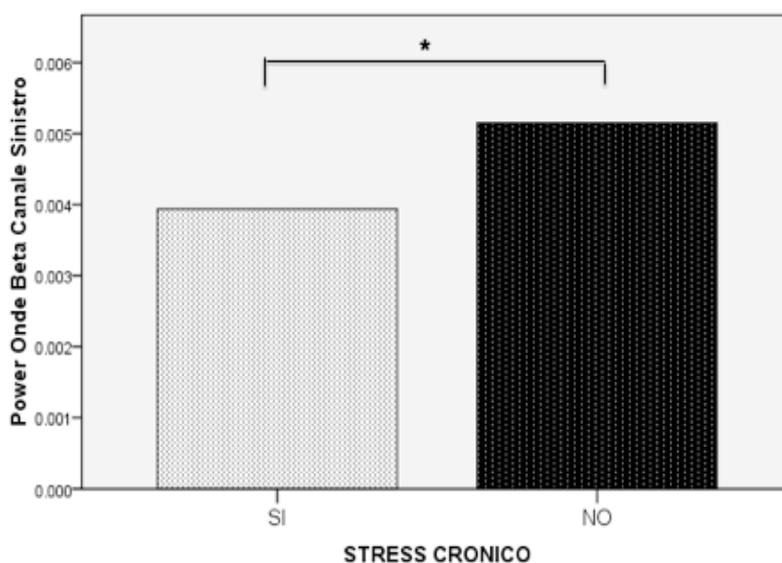


Figura 4.4.1.1. Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico.

Inoltre, è emerso un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 64) = 8.35, p < .01, \eta_p^2 = .116$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori prima della selezione delle carte rispetto ai partecipanti non esposti a stress transitorio, indice di una meno intensa risposta di *arousal* (stress transitorio, $M = .0036, DS = 3.93^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0054, DS = 4.49^{-4}$) (Figura 4.4.1.2).

È emersa un'interazione significativa tra i fattori stress cronico e tipo di mazzo, $F(1, 64) = 7.3, p < .01, \eta_p^2 = .102$. Come si può osservare dalla Figura 4.4.1.3, mentre i partecipanti non stressati cronici tendevano a mostrare valori maggiori nelle Onde Beta prima della selezione dai mazzi svantaggiosi ($M = .0053, DS = 4.37^{-4}$) rispetto a quelli vantaggiosi ($M = .0049, DS = 4.21^{-4}$), individui affetti da stress cronico, viceversa, hanno avuto valori di attivazione maggiore prima della selezione dai mazzi vantaggiosi ($M = .0042, DS = 4.51^{-4}$) rispetto ai mazzi svantaggiosi ($M = .0036, DS = 4.68^{-4}$).

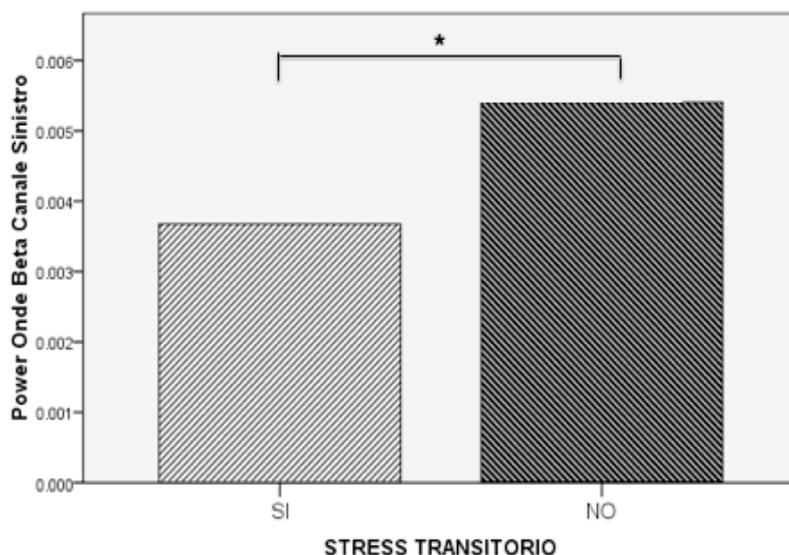


Figura 4.4.1.2. Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Transitorio.

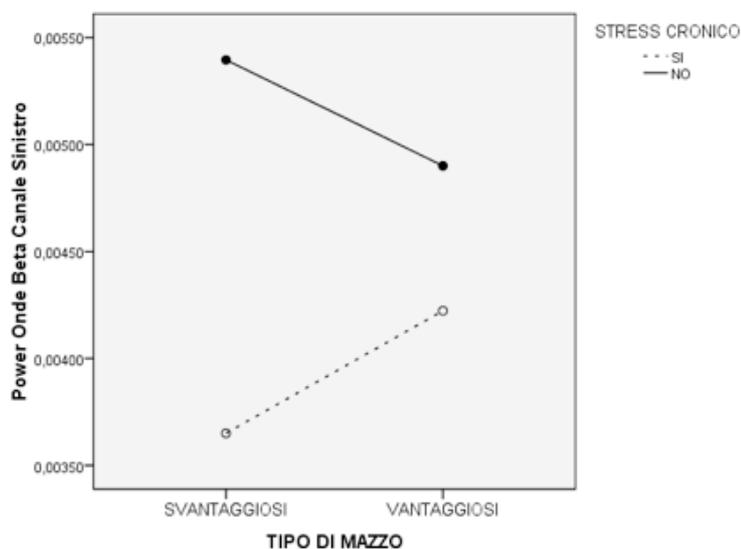


Figura 4.4.1.3. Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico e Tipo di Mazzo.

Infine, è emersa un'interazione significativa anche tra i fattori stress cronico, stress transitorio e tipo di mazzo $F(1, 64) = 3.9, p < .05, \eta_p^2 = .058$. In particolare, mentre in seguito all'esposizione allo stimolo neutro, i partecipanti stressati cronici tendevano a mostrare valori maggiori nelle Onde Beta, indice di *arousal* emotivo, prima della

selezione dai mazzi vantaggiosi rispetto a quelli svantaggiosi, individui non affetti da stress cronico, viceversa, hanno avuto valori di attivazione maggiore prima della selezione dai mazzi svantaggiosi rispetto ai mazzi vantaggiosi. Inoltre, sia i partecipanti stressati cronici che quelli non stressati cronici, quando non erano esposti allo stress transitorio mostravano valori di attivazione nelle onde Beta simili prima della selezione dalle diverse tipologie di mazzi (Figura 4.4.1.4).

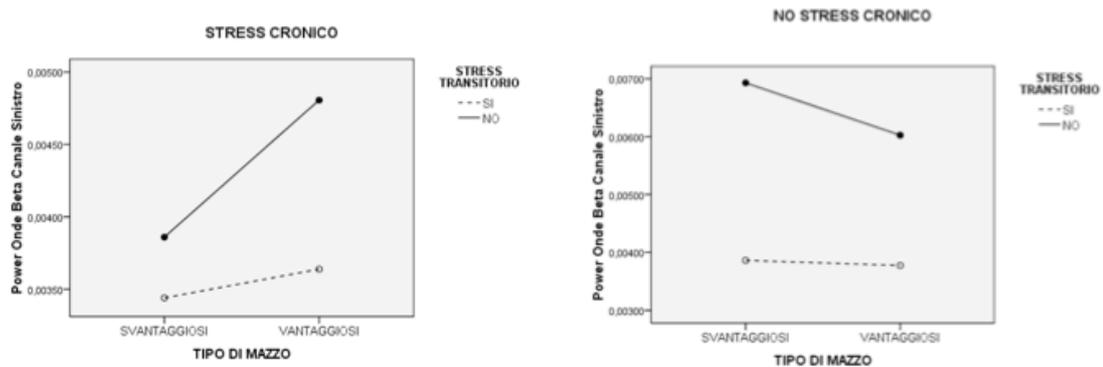


Figura 4.4.1.4. Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

I risultati completi delle analisi sono mostrati nella Tabella 4.4.1.7 e nella Tabella 4.4.1.8.

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	4.78^{-5}	4.11	.06	.047*
(B) Stress Transitorio	1	9.73^{-5}	8.35	.116	.005**
Ax B Interazione	1	2.84^{-5}	2.44	.037	.123
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	4.88^{-8}	.038	.001	.845
A x C Interazione	1	9.29^{-6}	7.3	.102	.009**
B x C Interazione	1	9.55^{-9}	.008	.000	.931
A x B x C Interazione	1	8.14^{-5}	3.9	.058	.05*
Errore (within groups)	64				

Tabella 4.4.1.7 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sui valori medi delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0034 (.0012)	.0036 (.001)
	No	.0038 (.0012)	.0048 (.0261)
No	Si	.0038 (.0012)	.0037 (.0011)
	No	.0069 (.0045)	.006 (.004)

Tabella 4.4.1.8 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso stress cronico, stress transitorio e tipo di mazzo

Nella *Learning Phase* del test è stato osservato un effetto principale statisticamente significativo dello stress transitorio, $F(1, 64) = 6.9$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .097$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice di una meno intensa risposta di attivazione emotiva prima della selezione delle carte (stress transitorio, $M = .004$, $DS = .4.65^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0058$, $DS = 5.31^{-4}$) (Figura 4.4.1.5).

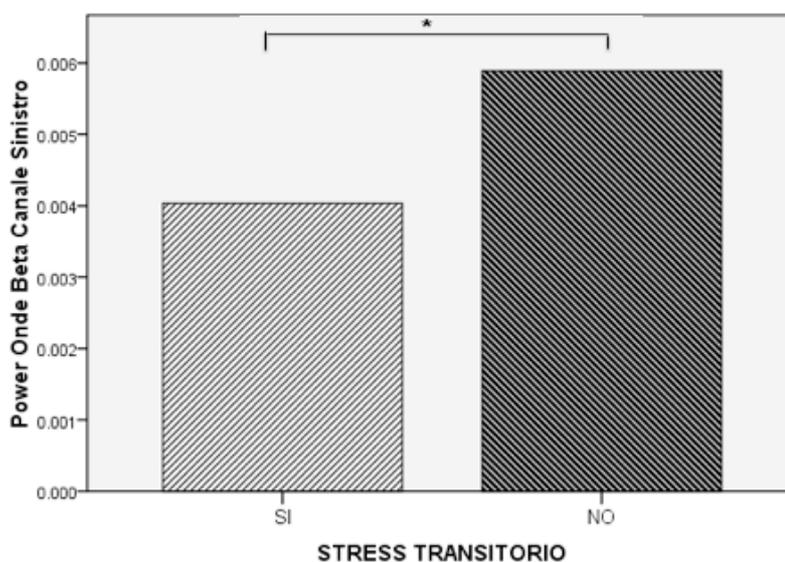


Figura 4.4.1.5 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio.

È emersa un'interazione statisticamente significativa tra i fattori stress cronico e tipo di mazzo, $F(1, 64) = 4.18$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .061$. Come si può osservare dalla Figura 4.4.1.6, mentre i partecipanti non stressati cronici tendevano a mostrare valori maggiori nelle Onde Beta prima della selezione dai mazzi svantaggiosi ($M = .0058$, $DS = 5.59^{-4}$) rispetto a quelli vantaggiosi ($M = .0053$, $DS = 5.21^{-4}$), individui affetti da stress cronico, viceversa, hanno avuto valori di attivazione maggiore prima della selezione dai mazzi vantaggiosi ($M = .0048$, $DS = 5.58^{-4}$) rispetto ai mazzi svantaggiosi ($M = .0038$, $DS = 5.98^{-4}$).

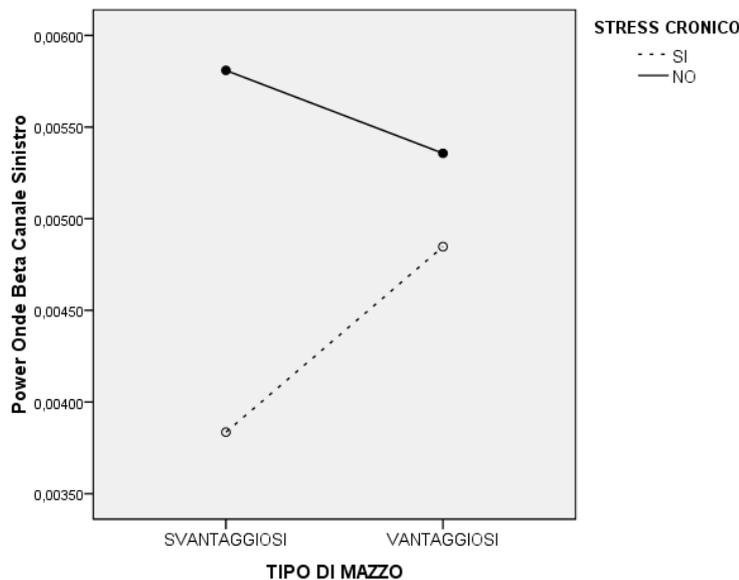


Figura 4.4.1.6 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico e Tipo di Mazzo nella Learning Phase dell'IGT.

Infine, è emersa un'interazione significativa anche tra i fattori stress cronico, stress transitorio e tipo di mazzo $F(1, 62) = 4.15$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .061$. In particolare, mentre in seguito all'esposizione allo stimolo neutro, i partecipanti stressati cronici tendevano a mostrare valori maggiori nelle Onde Beta, indice di *arousal* emotivo, prima dei mazzi vantaggiosi rispetto a quelli svantaggiosi, individui non affetti da stress cronico, viceversa, hanno avuto valori di attivazione maggiore prima della selezione dai mazzi svantaggiosi rispetto ai mazzi vantaggiosi. Inoltre, sia i partecipanti stressati cronici che quelli non stressati cronici, quando non erano esposti allo stress transitorio mostravano valori di attivazione nelle onde Beta simili prima della selezione dalle diverse tipologie di mazzi (Figura 4.4.1.7).

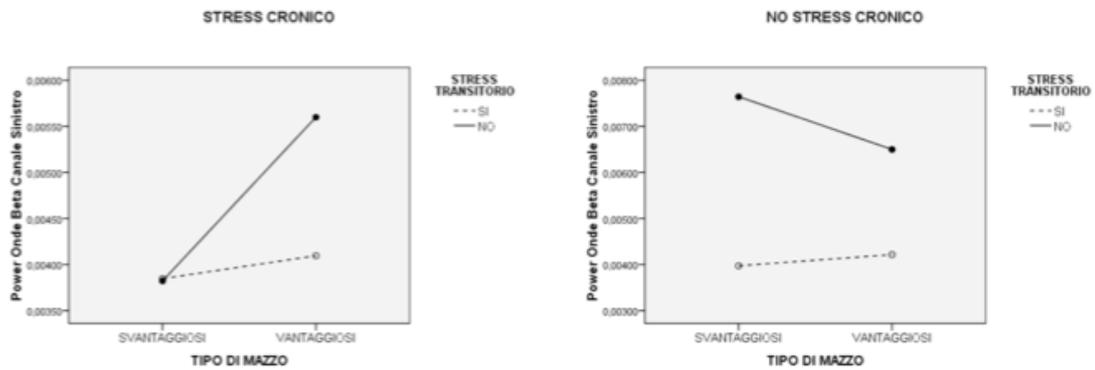


Figura 4.4.1.7 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Learning Phase* dell'IGT.

I risultati completi delle analisi sono mostrati nella Tabella 4.4.1.9 e nella Tabella 4.4.1.10.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0038 (.0017)	.004 (.0019)
	No	.0038 (.0017)	.0055 (.0039)
No	Si	.0039 (.0016)	.0042 (.0017)
	No	.0076 (.0057)	.0064 (.0043)

Tabella 4.4.1.9 Punteggi medi (e Deviazione Standard) nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Learning Phase* dell'IGT.

Infine, nella *Performance Phase* del test è stato osservato un effetto principale significativo dello stress cronico, $F(1, 62) = 5.26$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .078$. In particolare, i partecipanti affetti da stress cronico hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori rispetto a quelli non stressati cronici, indice di una meno intensa risposta di attivazione emotiva prima della scelta dai mazzi (stress cronico, $M = .0031$, $DS = 4.26^{-4}$; no stress cronico, $M = .0045$, $DS = 3.93^{-4}$) (Figura 4.4.1.8).

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	5.02 ⁻⁵	3.08	.046	.084
(B) Stress Transitorio	1	.000	6.9	.097	.011*
Ax B Interazione	1	4.07 ⁻⁵	2.5	.038	.119
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	2.55 ⁻⁶	.611	.009	.437
A x C Interazione	1	1.74 ⁻⁵	4.18	.061	.045*
B x C Interazione	1	3.99 ⁻⁸	.01	.000	.922
A x B x C Interazione	1	1.73 ⁻⁵	4.15	.061	.046*
Errore (within groups)	64				

Tabella. 4.4.1.10 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

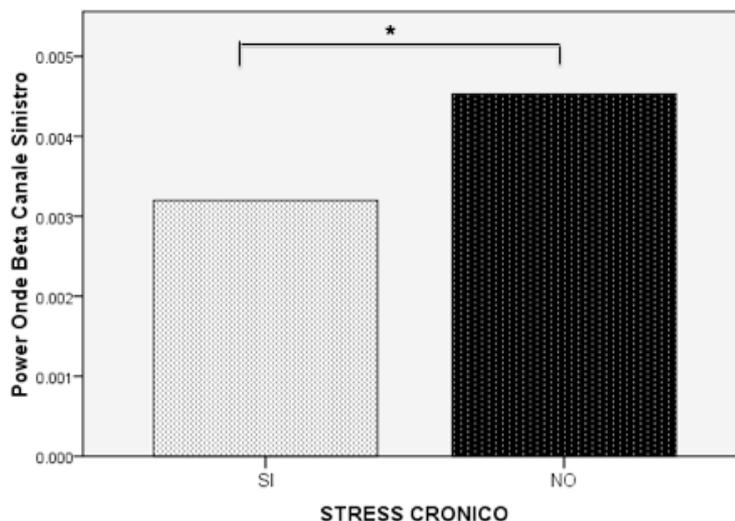


Figura 4.4.1.8 Differenze nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Cronico.

Inoltre, è emerso un effetto principale dello stress transitorio tendente alla significatività, $F(1, 62) = 3.7$, $p = .050$, $\eta_p^2 = .056$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice

di una meno intensa risposta di *arousal* emotivo prima della scelta dai mazzi (stress transitorio, $M = .0033$, $DS = 3.73^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0044$, $DS = 4.34^{-4}$)

In questa fase dell'IGT non sono emersi altri risultati statisticamente significativi (Tabella 4.4.1.11 e Tabella 4.4.1.12).

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	5.53 ⁻⁵	5.26	.078	.025
(B) Stress Transitorio	1	3.89 ⁻⁵	3.7	.056	.059
A x B Interazione	1	1.42 ⁻⁵	1.39	.022	.243
Errore (between groups)	62				
(C) Tipo di mazzo	1	5.06 ⁻⁷	.143	.002	.707
A x C Interazione	1	1.06 ⁻⁶	.303	.005	.584
B x C Interazione	1	1.12 ⁻⁶	.321	.005	.573
A x B x C Interazione	1	3.45 ⁻⁶	.979	.016	.326
Errore (within groups)	62				

Figura 4.4.1.11 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Genere sui valori medi delle Onde Beta del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0026 (.0004)	.0032 (.0019)
	No	.0036 (.0017)	.0031 (.00208)
No	Si	.0038 (.0032)	.0034 (.0013)
	No	.0055 (.0036)	.0054b (.0046)

Tabella 4.4.1.12 Punteggi medi (e Deviazione Standard) nell'attivazione delle Onde Beta registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

4.4.2 Onde Alpha

La stessa tipologia di analisi è stata condotta sulla risposta precedente le scelte registrata a livello delle Onde Alpha per osservare effetti a livello cognitivo dello stress transitorio. Bassi valori nelle Onde Alpha sono indice di un elevato livello attentivo (vedi Paragrafo 4.4.2 del Capitolo 4).

Per quanto riguarda le onde Alpha registrate a livello del canale frontale destro (FP1) non è stato osservato alcun effetto principale significativo né un'interazione significativa tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.2.1 e nella Tabella 4.4.2.2.

Fattore	Df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	1.09 ⁻⁵	3.17	.047	.079
(B) Stress Transitorio	1	4.17 ⁻⁶	1.2	.019	.276
Ax B Interazione	1	7.15 ⁻⁶	2.07	.031	.155
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	5.77 ⁻⁸	.17	.003	.682
A x C Interazione	1	2.27 ⁻⁷	.688	.01	.417
B x C Interazione	1	9.77 ⁻⁹	.029	.000	.866
A x B x C Interazione	1	2.17 ⁻⁵	.028	.000	.068
Errore (within groups)	64				

Tabella. 4.4.2.1 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt).

Gli stessi risultati sono stati osservati nella prima fase del test, ossia la Learning Phase, dove non è emerso alcun effetto principale significativo né un'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.3 e Tabella 4.4.2.4).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0026 (.0008)	.0027 (.001)
	No	.0025 (.0006)	.0026 (.001)
No	Si	.0028 (.001)	.0028 (.0009)
	No	.0036 (.0021)	.0036 (.0022)

Tabella 4.4.2.2 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso stress cronico, stress transitorio e tipo di mazzo.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	1.49 ⁻⁵	3.18	.047	.079
(B) Stress Transitorio	1	4.66 ⁻⁶	.991	.015	.323
Ax B Interazione	1	9.3 ⁻⁶	1.97	.03	.165
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	5.24 ⁻⁷	1.01	.016	.319
A x C Interazione	1	3.56 ⁻⁷	.658	.01	.42
B x C Interazione	1	4.33 ⁻⁸	.081	.001	.777
A x B x C Interazione	1	5.37 ⁻⁷	.007	.000	.932
Errore (within groups)	64				

Tabella. 4.4.2.3 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0027 (.0009)	.003 (.0011)
	No	.0026 (.0007)	.0028 (.0015)
No	Si	.003 (.0023)	.003 (.001)
	No	.0039 (.0013)	.0039 (.0026)

Tabella 4.4.2.4 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Learning Phase* dell'IGT.

Anche nella seconda fase del test, la *Performance Phase*, non sono emersi risultati statisticamente significativi (Tabella 4.4.2.5 e Tabella 4.4.2.6).

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	4.49 ⁻⁶	1.47	.023	.229
(B) Stress Transitorio	1	8.99 ⁻⁷	.296	.005	.588
A x B Interazione	1	3.51 ⁻⁶	1.15	.018	.286
Errore (between groups)	62				
(C) Tipo di mazzo	1	7.85 ⁻⁸	.128	.002	.721
A x C Interazione	1	8.44 ⁻⁸	.138	.002	.712
B x C Interazione	1	3.04 ⁻⁷	.497	.008	.484
A x B x C Interazione	1	7.01 ⁻⁸	.114	.002	.114
Errore (within groups)	62				

Tabella. 4.4.2.5 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0023 (.0011)	.0024 (.0012)
	No	.0022 (.0006)	.0022 (.0004)
No	Si	.0024 (.0009)	.0024 (.0012)
	No	.003 (.0022)	.0028 (.0015)

Tabella 4.4.2.6 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Destro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Performance Phase* dell'IGT.

Per quanto riguarda le onde Alpha registrate, invece, a livello del canale frontale sinistro (FP2) è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 64) = 7.9, p < .01, \eta_p^2 = .11$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Alpha prima della selezione delle carte significativamente minori, indice di un maggiore livello attentivo (stress transitorio, $M = .0027, DS = 2.03^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0036, DS = 2.32^{-4}$) (Figura 4.4.2.1)

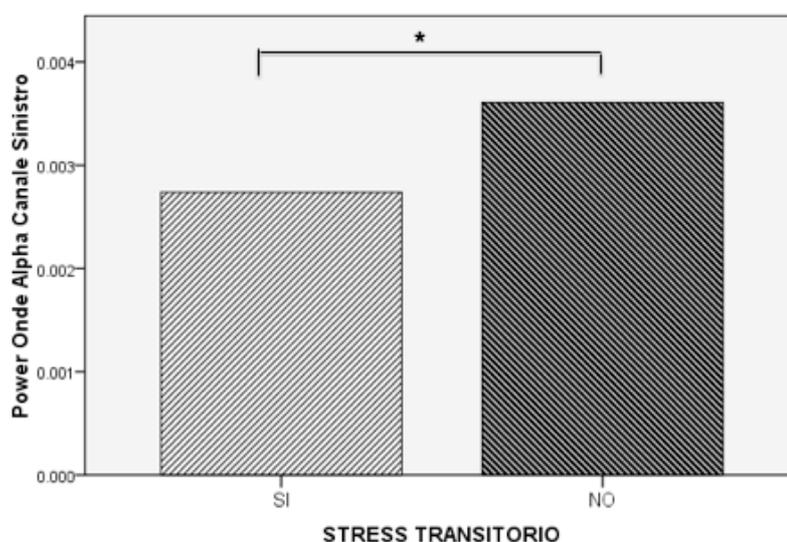


Figura 4.4.2.1 Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso per Stress Transitorio.

Non è stato, invece, osservato un effetto principale né dello stress cronico né del tipo di mazzo né interazioni significative tra i fattori. I risultati completi sono riportati nella Tabella 4.4.2.7.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	9.52 ⁻⁶	3.06	.047	.085
(B) Stress Transitorio	1	2.41 ⁻⁵	7.9	.11	.007**
A x B Interazione	1	6.14 ⁻⁶	1.97	.03	.165
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	1.39 ⁻⁸	.029	.000	.866
A x C Interazione	1	9.85 ⁻⁷	2.11	.032	.151
B x C Interazione	1	1.17 ⁻⁸	.025	.000	.874
A x B x C Interazione	1	2.98 ⁻⁵	2.26	.034	.137
Errore (within groups)	64				

Tabella. 4.4.2.7 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi nell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0026 (.0009)	.0027 (.0007)
	No	.0039 (.0014)	.0032 (.0014)
No	Si	.0027 (.0007)	.0028 (.0007)
	No	.0042 (.0019)	.0039 (.002)

Tabella 4.4.2.8 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso stress cronico, stress transitorio e tipo di mazzo.

Nella *Learning Phase* del test è stato osservato un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 64) = 5.96$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .085$. In particolare, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice di una meno intensa risposta di attivazione emotiva prima della scelta dai

mazzi (stress transitorio, $M = .0029$, $DS = 2.38^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0038$, $DS = 2.72^{-4}$) (Figura 4.4.2.2).

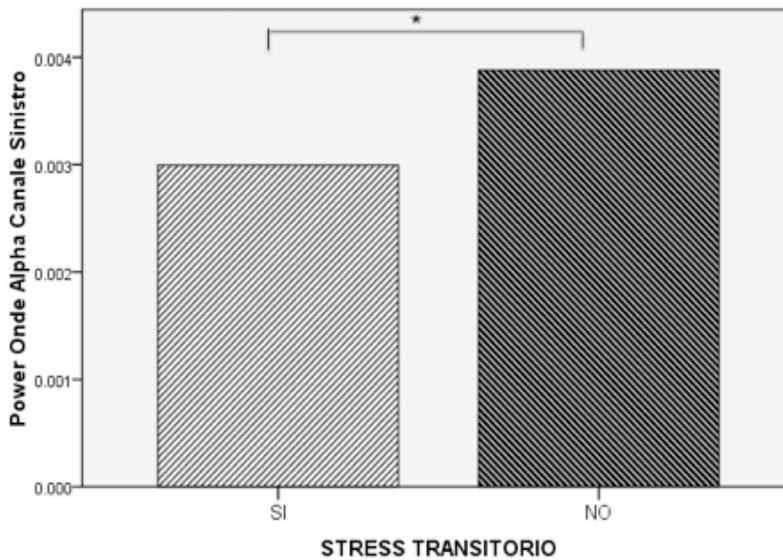


Figura 4.4.2.2 Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio.

In questa fase dell'IGT non è emerso un effetto principale significativo del tipo di mazzo, né un'interazione significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.9 e Tabella 4.4.2.10).

Fattore	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	η^2	<i>p</i>
(A) Stress Cronico	1	6.93^{-6}	1.62	.025	.208
(B) Stress Transitorio	1	2.55^{-5}	5.96	.085	.017*
A x B Interazione	1	1.12^{-5}	7.73	.04	.109
Errore (between groups)	64				
(C) Tipo di mazzo	1	1.89^{-6}	1.71	.026	.195
A x C Interazione	1	1.07^{-6}	.972	.015	.972
B x C Interazione	1	4.09^{-8}	.037	.001	.848
A x B x C Interazione	1	3.02^{-6}	2.73	.041	.103
Errore (within groups)	64				

Tabella. 4.4.2.9 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Learning Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.0027 (.0009)	.003 (.0011)
	No	.0026 (.0007)	.0028 (.0015)
No	Si	.003 (.0023)	.003 (.001)
	No	.0039 (.0013)	.0039 (.0026)

Tabella 4.4.2.10 Punteggi medi (e Deviazione Standard) nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Learning Phase* dell'IGT.

Infine, nella *Performance Phase* del test, è emerso un fattore principale statisticamente significativo dello stress cronico, $F(1, 62) = 5.06$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .076$. In particolare, i partecipanti affetti da stress cronico hanno mostrato valori di Onde Beta significativamente minori, indice di una meno intensa risposta di *arousal* prima della scelta dai mazzi (stress cronico, $M = .0023$, $DS = 2.51^{-4}$; no stress cronico, $M = .0031$, $DS = 2.31^{-4}$) (Figura 4.4.2.3).

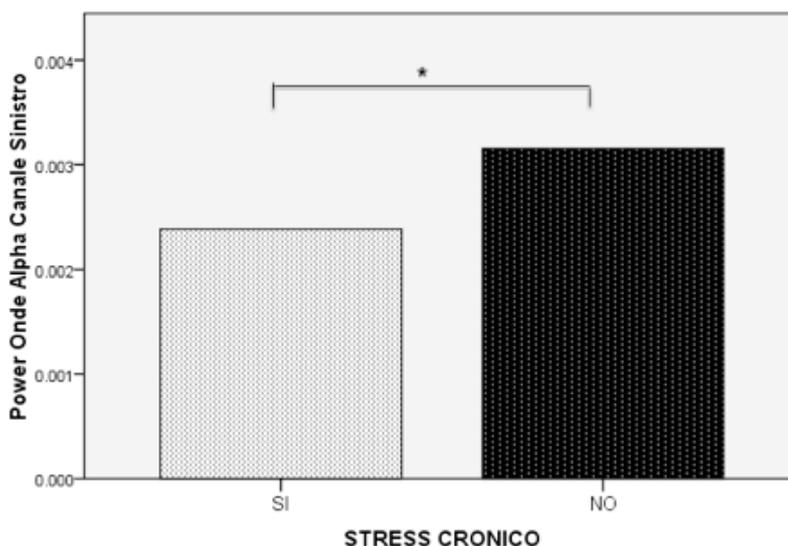


Figura 4.4.2.3 Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Cronico.

Inoltre, è emerso un effetto principale significativo dello stress transitorio, $F(1, 62) = 3.93$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .06$. I partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato

valori di Onde Beta prima della selezione delle carte significativamente minori di quelli non esposti allo stressor (stress transitorio, $M = .0024$, $DS = 2.2^{-4}$; no stress transitorio, $M = .0031$, $DS = 2.61^{-4}$) (Figura 4.4.2.4).

Dai risultati delle analisi, infine, non è emersa alcun'interazione statisticamente significativa tra i fattori (Tabella 4.4.2.11 e Tabella 4.4.2.12).

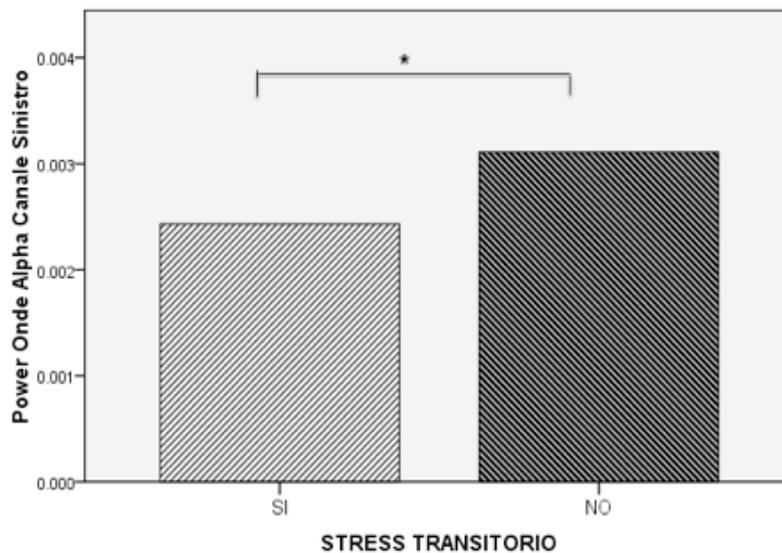


Figura 4.4.2.4 Differenze nell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT nel campione diviso per Stress Transitorio.

Fattore	df	Mean Square	F	η^2	p
(A) Stress Cronico	1	1.84^{-5}	5.06	.076	.028*
(B) Stress Transitorio	1	1.43^{-5}	3.93	.06	.05*
A x B Interazione	1	8.13^{-7}	.223	.004	.638
Errore (between groups)	62				
(C) Tipo di mazzo	1	2.93^{-6}	2.77	.043	.101
A x C Interazione	1	1.15^{-6}	1.05	.017	.309
B x C Interazione	1	1.33^{-6}	1.28	.02	.261
A x B x C Interazione	1	1.54^{-7}	.146	.002	.704
Errore (within groups)	62				

Tabella. 4.4.2.11 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione delle Onde Alpha del Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nella *Performance Phase* dell'IGT.

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	.002 (.0003)	.0022 (.0006)
	No	.0028 (.0014)	.0024 (.0006)
No	Si	.0029 (.0023)	.0025 (.0009)
	No	.0038 (.0024)	.0032 (.0018)

Tabella 4.4.2.12 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione delle Onde Alpha registrate nel Canale Sinistro dell'EEG (registrate in microvolt) nel campione diviso Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo nella *Performance Phase* dell'IGT.

4.5 Risposta alle punizioni

Durante la registrazione dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio ottenuta attraverso l'elettromiografia facciale (fEMG) i dati di 6 partecipanti sono stati esclusi per errori nel segnale e le analisi sono state condotte su un campione di 71 individui, 47 di genere femminile (66.2%) e 24 di genere maschile (33.8%).

L'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio è stata utilizzata per osservare la risposta emotiva alle punizioni. Alti valori di attivazione sono indice di un'elevata risposta emotiva negativa (vedi Paragrafo 4.5 del Capitolo 4).

Un'ANOVA di tipo 2 (stress cronico: si, no) x 2 (stress transitorio: si, no) X 2 (tipo di mazzo: vantaggioso, svantaggioso) mista è stata condotta per osservare i possibili effetti principali e di interazione dei fattori sulla risposta alle punizioni durante il test decisionale.

È stato osservato un effetto principale significativo del fattore stress transitorio, $F(1, 67) = 3.91, p < .05, \eta_p^2 = .055$. In particolare, i valori di attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio seguenti alle punizioni sono risultati minori nei partecipanti esposti a stress transitorio ($M = 3.67, DS = .505$) rispetto a quelli osservati nei partecipanti non esposti a stress transitorio ($M = 5.16, DS = .505$) (Figura 4.5.1).

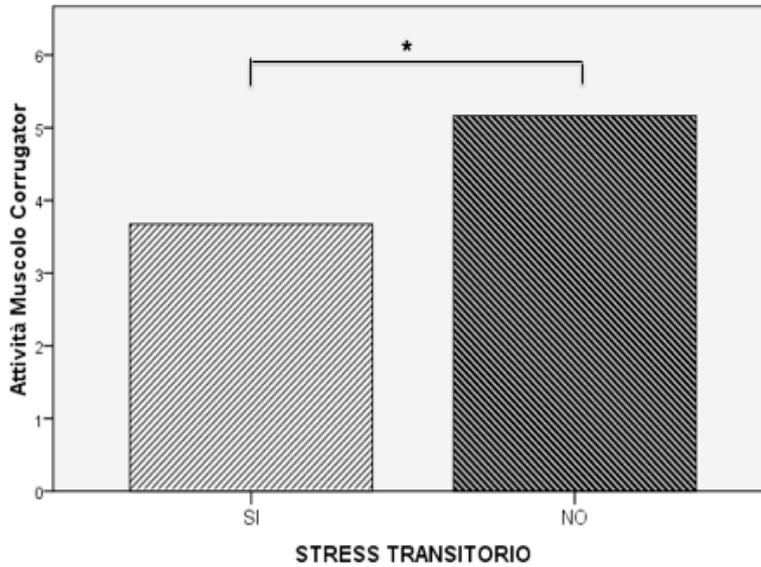


Figura 4.5.1. Differenze nell'attivazione registrata a livello del muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts) nel campione diviso per Stress Transitorio.

Inoltre, è emersa un'interazione tendente alla significatività fra stress cronico x tipo di mazzo, $F(1, 67) = 3.34, p = .07, \eta_p^2 = .048$. In particolare, mentre gli individui non stressati cronici hanno mostrato un'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, indice di risposta emotiva negativa, maggiore dopo le punizioni seguenti dai mazzi svantaggiosi ($M = 4.19, DS = .508$) rispetto a quelli vantaggiosi ($M = 4.07, DS = .505$). I partecipanti stressati cronici, al contrario, hanno avuto un'attivazione maggiore dopo le punizioni seguenti ai mazzi vantaggiosi ($M = 4.76, DS = .55$) rispetto a quelle che seguivano i mazzi vantaggiosi ($M = 4.64, DS = .563$) (Figura 4.5.2).

Stress Cronico	Stress Transitorio	Tipo di mazzo	
		Svantaggiosi	Vantaggiosi
Si	Si	4.14 (1.59)	4.24 (1.58)
	No	5.14 (4.59)	5.28 (4.38)
No	Si	3.23 (1.04)	3.07 (1.22)
	No	5.15 (4.17)	5.07 (4.22)

Tabella 4.5.1 Punteggi medi (e Deviazione Standard) dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts) nel campione diviso per Stress Cronico, Stress Transitorio e Tipo di Mazzo.

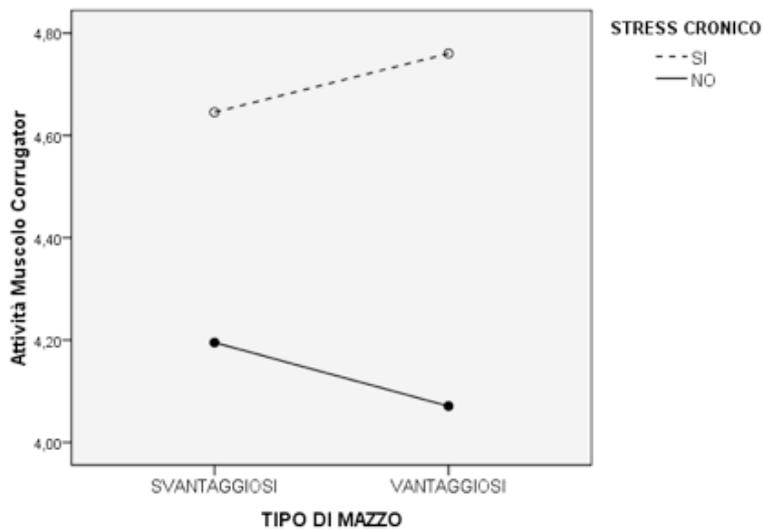


Figura 4.5.2. Differenze nell'attivazione registrata a livello del muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts) prima dei mazzi svantaggiosi e vantaggiosi nel campione diviso per Stress Cronico

I risultati completi delle analisi sono riportati nella Tabella 4.5.1.

Fattore	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	η^2	<i>p</i>
(A) Stress Cronico	1	10.9	.572	.008	.452
(B) Stress Transitorio	1	74.9	3.91	.055	.05*
A x B Interazione	1	7.39	.386	.006	.536
Errore (between groups)	67				
(C) Tipo di mazzo	1	.001	.005	.000	.943
A x C Interazione	1	.482	3.34	.048	.07
B x C Interazione	1	.025	.177	.003	.676
A x B x C Interazione	1	9.63	.03	.000	.864
Errore (within groups)	67				

Tabella. 4.5.2 Analisi della Varianza Stress Cronico x Stress Transitorio x Tipo di mazzo sui valori medi dell'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio (espressa in microvolts).

5 Discussione

Come pre-condizione necessaria per interpretare i risultati legati all'effetto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale, lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935), selezionato come stimolo per l'induzione di stress, è risultato efficace. I risultati delle analisi condotte sui questionari per la misura dell'ansia di stato, STAI-Y1 (Spielberger, Gorsuch et al. 1970) e VAS-A, hanno mostrato, infatti, un aumento significativo della media dei punteggi solo fra i partecipanti esposti allo stress transitorio. Analogamente, i risultati sugli indici psicofisiologici hanno evidenziato un aumento statisticamente significativo nei valori di HR e una tendenza verso la diminuzione nei valori di NN50 nei partecipanti esposti allo stressor, indici di un'attivazione del sistema nervoso simpatico.

Tale risultato è in linea con studi precedenti, che hanno dimostrato che stressor cognitivi come lo *Stroop Task* aumentano il livello d'ansia esperito dagli individui (MacLeod 1991; Renaud and Blondin 1997; Roelofs, Elzinga et al. 2005).

In accordo alla nostra prima ipotesi principale e ai risultati di precedenti studi sul tema (Miu, Heilman et al. 2008; de Visser, van der Knaap et al. 2010), lo stress cronico ha avuto un impatto negativo sulla prestazione decisionale all'IGT.

Nel nostro campione è stata osservata una performance decisionale peggiore, seppur a livello statisticamente non significativo, negli individui stressati cronici rispetto a quelli non stressati cronici. Inoltre, tale differenza è emersa nella prima fase del test, la *Learning Phase*, dove i partecipanti stressati cronici hanno avuto prestazioni peggiori, a livello statisticamente quasi significativo, rispetto ai non stressati cronici, ma non nella seconda fase del test, la *Performance Phase*, nella quale non si è osservata alcuna differenza in base alla presenza/assenza di stress cronico.

Tale risultato offre preliminari evidenze a supporto dell'ipotesi avanzata nello studio, secondo la quale le aree cerebrali che governano i processi emotivi automatici alla base dei compiti decisionali ambigui, in particolar modo la PFC nella sua porzione ventromediale (VMPFC) (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), particolarmente coinvolte nella prima fase dell'IGT (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007), vengono danneggiate

nel loro funzionamento da stati di stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008).

Per quanto riguarda le differenze nell'impatto dello stress cronico in base al genere degli individui, in accordo a quanto ipotizzato e ai risultati emersi in un precedente studio condotto sul tema (Miu, Heilman et al. 2008), nel nostro studio non abbiamo osservato un effetto diverso su uomini e donne di tale condizione sulla performance decisionale complessiva all'IGT.

Inoltre, a supporto dell'ipotesi avanzata nel nostro studio sulla base di uno studio precedente (de Visser, van der Knaap et al. 2010) circa la possibilità che lo stress cronico potesse avere ricadute diverse su uomini e donne nelle diverse fasi del test, i risultati emersi hanno mostrato un effetto negativo di tale condizione particolarmente negativo nei maschi nelle prime selezioni del compito, mentre nelle donne tale effetto è emerso in una fase più avanzata dell'IGT. Nel nostro campione, infatti, uomini stressati cronici hanno mostrato performance peggiori rispetto ai non stressati cronici in particolar modo nelle selezioni compiute durante la *Learning Phase*. Al contrario, donne stressate a livello disposizionale hanno avuto prestazioni maggiormente svantaggiose rispetto a quelle non stressate croniche nella seconda fase dell'IGT, la *Performance Phase*.

Tale fatto potrebbe essere spiegato alla luce di quanto osservato in letteratura circa l'effetto diverso dello stress cronico sul funzionamento della PFC in base al genere degli individui (Baran, Armstrong et al. 2009). Tale ipotesi, pur non essendo presente in letteratura studi riguardo a questo fenomeno specifico, si basa sull'osservazione che, mentre la prima fase del test è collegata principalmente al corretto funzionamento delle aree della VMPFC (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), alla base dei processi emotivi automatici alla base dei compiti decisionali ambigui, la seconda fase, ovvero la *Performance Phase* si lega al funzionamento di aree cerebrali come la corteccia dorsolaterale prefrontale (dlPFC) (Brand, Labudda et al. 2006), legata a processi cognitivi superiori (Brand, Labudda et al. 2006).

Per quanto riguarda la seconda ipotesi principale del nostro studio, ovvero che la presenza di stress cronico modifichi l'impatto dello stress transitorio sulla prestazione decisionale, i risultati offrono preliminari evidenze a sfavore di tale supposizione.

Nello studio, infatti, non sono emerse interazioni significative a livello statistico fra stress cronico e stress transitorio sulla prestazione decisionale all'IGT. Tale evidenza potrebbe essere collegata al fatto che nel nostro studio i partecipanti stressati cronici non hanno mostrato una risposta più intensa allo stressor, né dal punto di vista soggettivo, misurato attraverso i questionari psicometrici di stato, né dal punto di vista fisiologico, come hanno mostrato gli indici cardiaci. Tale risultato sembra essere in disaccordo a quanto osservato in precedenti studi, in cui era stato dimostrato che lo stress cronico può indurre una sensibilizzazione dell'asse HPA, alterando la regolazione del sistema neuroendocrino ed immunitario, sia in animali (Hauger, Millan et al. 1988; Hauger, Lorang et al. 1990) che in uomini (Pardine and Napoli 1983; Brosschot, Benschop et al. 1994; Pike, Smith et al. 1997; Cacioppo, Bureson et al. 2000).

Per quanto riguarda le differenze di genere osservate nell'interazione fra stress cronico e stress transitorio, i risultati emersi nello studio, in accordo a quanto ipotizzato, indicano un impatto dell'interazione fra queste due tipologie di stress incidentale diverso fra uomini e donne.

A supporto di tale ipotesi, in questo studio mentre donne stressate a livello disposizionale hanno mostrato prestazioni addirittura migliori all'IGT dopo essere state esposte a stress transitorio, uomini stressati cronici, viceversa, hanno mostrato performance migliori quando non esposti a tale condizione. Inoltre, a differenza di quanto osservato nel primo studio, in cui erano stati esclusi dal campione individui stressati a livello disposizionale, in questo studio si è osservato un effetto significativo dello stress transitorio. Sulla base di tali risultati e di precedenti studi sul tema (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007), è possibile supporre che, mentre lo stress transitorio non ha effetti diversi su uomini e donne non cronicamente stressati, nel caso di individui cronicamente stressati l'esposizione ad uno stress transitorio ha effetti negativi su individui di genere maschile, ma, al contrario, per quanto riguarda le donne, tale tipologia di stress può addirittura migliorare la prestazione decisionale.

Dal momento che, come sottolineato in precedenza, uomini e donne si differenziano nelle ricadute dello stress sul funzionamento cerebrale della PFC, sia transitorio (Wang, Rao et al. 2005; Lighthall, Sakaki et al. 2012) che cronico (Baran, Armstrong et al. 2009), la diversa interazione di queste due tipologie di stress incidentale in uomini e donne potrebbe essere collegata a ricadute differenti sul

funzionamento cerebrale delle aree coinvolte nei compiti decisionali caratterizzati da alti livelli di ambiguità.

Riguardo alla terza ipotesi principale del nostro studio, ovvero che la presenza di stress cronico e/o l'interazione di questo con lo stress transitorio possa modificare meccanismi psicofisiologici sottostanti la prestazione all'IGT, il nostro studio offre preliminari evidenze a supporto di tale supposizione.

Innanzitutto, per quanto riguarda il funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte collegate ad un *arousal* emotivo, i risultati emersi, a differenza di quanto ipotizzato sulla base di quanto osservato in un precedente studio sul tema (Miu, Heilman et al. 2008), indicano che lo stress cronico ha modificato il funzionamento di tale risposte. Inoltre, in accordo a quanto ipotizzato e ai risultati emersi nel primo studio sperimentale, lo stesso effetto negativo si è osservato in individui esposti a stress transitorio.

In particolare, nel nostro studio sia i partecipanti stressati cronicamente che quelli esposti a stress transitorio hanno mostrato, a livello del lobo frontale sinistro, valori di attivazione delle onde Beta, indice puntuale di attivazione emotiva (Nikulin and Brismar 2004), significativamente minori, rispettivamente, di quelle osservate negli individui non stressati cronici e di quelli non esposti allo stressor. Tale effetto è stato osservato, per quanto riguarda lo stress cronico, nella seconda fase dell'IGT, mentre, al contrario, lo stress transitorio ha avuto un impatto nella prima fase del compito.

Inoltre, mentre in generale i partecipanti non cronicamente stressati hanno mostrato attivazioni delle onde Beta del lobo frontale sinistro maggiori prima della selezione dai mazzi svantaggiosi rispetto a quelli vantaggiosi, viceversa gli individui stressati a livello disposizionale hanno avuto un'attivazione maggiore prima della selezione dai mazzi vantaggiosi rispetto a quelli svantaggiosi. In accordo a quanto ipotizzato, inoltre, i partecipanti esposti a stress transitorio, sia stressati cronici sia non stressati cronici, non hanno mostrato un'attivazione nelle onde Beta frontali diversa a seconda della tipologia dei mazzi dell'IGT (vantaggiosi/svantaggiosi).

Complessivamente, tali risultati offrono preliminari evidenze a sostegno del fatto che, come sostenuto dall'*Ipotesi del Marcatore Somatico* di Damasio (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara and Damasio 2005), mentre normalmente in compiti

decisionali ambigui gli individui sono caratterizzati da valori di *arousal* emotivo precedenti la selezione delle carte diverso a seconda della valenza dei mazzi e che guidano il processo decisionale in una direzione favorevole, stati somatici non collegati alle scelte, come quelli legati ad una condizione di stress incidentale, sia transitorio che cronico, influenzano in modo negativo tali risposte pre-scelta indice di attivazione emotiva (Bechara and Damasio 2005).

Inoltre, poiché lo stress cronico e quello transitorio hanno avuto ricadute in fasi diverse dell'IGT, sulla base di quanto riportato in letteratura circa gli effetti di tali tipologie di stress incidentale sul funzionamento della PFC (REF) è possibile ipotizzare che lo stress transitorio e lo stress cronico modifichino aree di quest'area cerebrale differenti.

In secondo luogo, riguardo l'ipotesi sull'effetto negativo dello stress cronico e dell'interazione di questo con lo stress transitorio sulla capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile i risultati emersi offrono preliminari evidenze a favore di tale ipotesi.

In analogia a quanto osservato nel primo nostro studio, i partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato, immediatamente prima della selezione dai mazzi dell'IGT, un'attivazione delle onde Alpha, indice del funzionamento cerebrale collegato ai processi attentivi (Klimesch, Doppelmayr et al. 1998; Klimesch 1999), registrate a livello del lobo frontale sinistro, significativamente maggiore rispetto a quella registrata nei partecipanti non esposti allo stress transitorio, sia a livello complessivo che nelle singole due fasi dell'IGT. A differenza di quanto ipotizzato, infatti, lo stress transitorio ha avuto un impatto negativo significativo non solo nella *Learning Phase*, ma anche nella *Performance Phase*.

Inoltre, è interessante notare che anche individui stressati a livello disposizionale sono stati caratterizzati da un'attivazione maggiore rispetto ai non stressati cronici in questo tipo di onde, in questo caso solo nella seconda parte del test, la *Performance Phase*.

Complessivamente, sulla base di quanto osservato in precedenti studi (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009), tali risultati suggeriscono che sia l'esposizione a stressor acuti sia la presenza di stress cronico, possono danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile, con effetti negativi in un compito decisionale in cui, come nel caso dell'IGT, è necessario essere in grado di

spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005). Tale effetto, sulla base delle ricadute dello stress cronico e transitorio in fasi differenti dell'IGT, potrebbe essere diverso a seconda della specifica tipologia di stress incidentale, con effetti differenti sui meccanismi cerebrali legati al funzionamento della PFC.

Infine, riguardo l'ipotesi investigata nel nostro studio circa l'effetto dello stress cronico e transitorio sulla sensibilità degli individui alle punizioni, i risultati sull'attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio, utilizzato nello studio come indice puntuale di risposta emotiva negativa (Larsen, Norris et al. 2003; Blumenthal, Cuthbert et al. 2005), offrono preliminari evidenze circa il fatto che entrambe le tipologie di stress incidentale causino una minore sensibilità alle perdite negli individui.

In particolare nel nostro studio, in linea a quanto osservato nel primo studio e a quanto riportato in studi precedenti (van den Bos and den Heijer 2009; Putman, Antypa et al. 2010), partecipanti esposti a stress transitorio hanno mostrato risposte emotive negative meno intense alle punizioni rispetto ai partecipanti non esposti allo stressor.

Inoltre, individui cronicamente stressati hanno avuto risposte negative maggiori dopo la selezione dai mazzi vantaggiosi rispetto a quelli svantaggiosi, al contrario di quanto osservato in individui stressati cronici, suggerendo una sensibilità alle perdite scollegata dall'entità della punizione. Sulla base della letteratura, tale fatto potrebbe essere collegato a modifiche importanti indotta da stati stress cronico sul sistema mesolimbico dopaminergico (DA) (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Sinha 2008), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello, che potrebbe compromettere la capacità degli individui di percepire correttamente le punizioni in base alla loro entità.

Riassumendo brevemente, i risultati emersi nel presente studio suggeriscono che lo stress cronico ha un impatto negativo sulla prestazione decisionale all'IGT, con ricadute specifiche differenti a seconda del genere degli individui. Inoltre, la presenza di stress cronico non modifica a livello generale l'effetto dello stress transitorio su tale compito, ma l'interazione di queste tipologie di stress è diversa negli uomini e nelle donne.

Inoltre, lo stress cronico, così come lo stress transitorio, modifica il funzionamento di diversi meccanismi psicofisiologici sottostanti tale processo

decisionale, in particolare delle risposte di *arousal* emotivo e dei livelli di attenzione sostenuta che precedono le scelte durante l'IGT, così come cambia e la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose .

È importante evidenziare, tuttavia, che i nostri studi presentano alcuni limiti, che limitano la generalizzabilità di quanto osservato o che potrebbero aver influenzato i risultati emersi.

Innanzitutto, il campione considerato ha compreso individui appartenenti a una specifica fascia di età (18-34 anni) e, dal momento che in letteratura sono state osservate differenze importanti nella capacità decisionale in base all'età (Light 2000), i risultati ottenuti sono da considerare solo in riferimento ad una popolazione compresa in questo *range* di età.

In secondo luogo, nel nostro studio abbiamo utilizzato uno stress di tipo cognitivo, lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935), che ha caratteristiche specifiche diverse rispetto ad altri tipologie di stressor utilizzati in laboratorio, come quelli psicologici o fisici, che potrebbero aver ricadute differenti sul funzionamento dei processi decisionali.

Bisogna sottolineare, inoltre, che la numerosità del campione degli studi è relativamente limitata e tale fatto potrebbe aver avuto un impatto negativo sulla potenza statistica delle analisi compiute. Di conseguenza, non è attualmente possibile trarre conclusioni certe sulla base dei risultati emersi e, nel futuro, il campione sarà ampliato in modo tale che sia possibile verificare le preliminari evidenze emerse nel presente lavoro.

Infine, è necessario ricordare il fatto che in questo momento in letteratura non sono presenti altre ricerche che hanno utilizzato la metodologia creata ad hoc e utilizzata in questo lavoro per lo studio dei meccanismi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità.

Nel futuro sarà, innanzitutto, necessario verificare possibili differenze legate all'utilizzo di questa specifica metodologia rispetto a quella utilizzata in studi precedenti. Inoltre, sarà necessario indagare se gli indici psicofisiologici adottati e le finestre temporali selezionate siano effettivamente le misure migliori possibili per lo studio dei meccanismi psicofisiologici che intervengono nella presa di decisione.

Nonostante le limitazione sovra-elencate, il presente studio appare di forte rilevanza, dal momento che offre un avanzamento significativo circa la comprensione scientifica degli effetti dello stress cronico e dell'interazione di questo con lo stress transitorio sulla presa decisionale in compiti ambigui, una condizione che, spesso, interviene nella vita quotidiana degli individui, con ricadute importanti sia a livello personale sia in ambito professionale.

CAPITOLO 6 - CONCLUSIONI E FUTURE LINEE DI RICERCA

Lo stress e la presa di decisione sono fenomeni intimamente connessi. Spesso, infatti, decidere è fonte di stress, così come, frequentemente, le persone si trovano costrette a prendere importanti decisioni in condizioni di stress, con ricadute che possono influenzare negativamente la qualità delle scelte.

Se nel primo caso si parla di *stress integrale*, ovvero di uno stress collegato alle possibili conseguenze della stessa decisione, il secondo caso è definito, invece, *stress incidentale*, uno stress indipendente dalla decisione da prendere e che include lo *stress transitorio* (acuto e temporaneo) e lo *stress cronico* (o stress disposizionale).

Fino ad oggi, la maggior parte delle ricerche presenti in letteratura sul tema si sono limitate a studiare gli effetti dello *stress incidentale* sulla presa di decisione in *condizioni di rischio*, ossia in compiti decisionali con regole esplicite, governati principalmente dal funzionamento dei processi esecutivi (Al'Absi, Hugdahl et al. 2002; Het, Ramlow et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007; Starcke, Wolf et al. 2008). Nella vita quotidiana, tuttavia, spesso le persone si trovano a decidere in *condizioni ambigue*, senza avere a disposizione elementi completi sui quali basare le proprie scelte, come quando ad esempio, devono scegliere fra carriera e famiglia o se accettare o rifiutare un nuovo lavoro.

Durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che, come dimostrato in numerosi studi, sono modificate nel loro funzionamento sia dallo stress transitorio (Bandler, Keay et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009) che dallo stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008).

Come descritto nel Paragrafo 3 del Capitolo 2, durante tale tipologia di compito decisionale, svolgono un ruolo importante diverse aree della corteccia prefrontale (Bechara, Damasio et al. 1994; Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara, Damasio et al. 2000), regioni cerebrali che, come dimostrato in numerosi studi, sono modificate nel loro funzionamento sia dallo stress transitorio (Bandler, Keay et al. 2000;

Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Arnsten 2009) che dallo stress cronico (Radley, Rocher et al. 2006; Cerqueira, Mailliet et al. 2007; Holmes and Wellman 2008 (vedi anche Paragrafo 2 del Capitolo 3).

Lo stress, inoltre, ha ricadute differenti sul funzionamento della PFC negli uomini e nelle donne (Herman, Prewitt et al. 1996; Herman and Cullinan 1997) (vedi Paragrafo 1.3 del Capitolo 3) e non sorprende, perciò, che studi precedenti abbiano osservato effetti diversi dello stress incidentale sui processi decisionali in base al genere degli individui (vedi Paragrafo 3.3 del Capitolo 3).

Sono diversi i meccanismi psicofisiologici alla base della presa di decisione che in letteratura si ipotizza possano essere danneggiati da stressor incidentali (Starcke and Brand 2012) (vedi Paragrafo 3.1 e 3.2 del Capitolo 3).

In primo luogo, lo stress incidentale può avere un effetto distruttivo sul funzionamento delle risposte immediatamente precedenti le scelte ad un *arousal* emotivo (Bechara and Damasio 2005), definite da Damasio in termini di *marcatori somatici* (Bechara, Damasio et al. 1994; Damasio 1996).

Inoltre, lo stress transitorio, così come una condizione di stress cronico, può danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile (Tsigos and Chrousos 2002; Liston, McEwen et al. 2009) con conseguenze negative in compiti in cui è necessario che gli individui siano in grado di spostare il focus attentivo e apprendere nuove informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005).

Infine, alcuni studi sostengono che lo stress incidentale, attraverso modifiche nel funzionamento del sistema mesolimbico dopaminergico (DA), può modificare la sensibilità degli individui agli esiti di scelte svantaggiose (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Petzold, Plessow et al. 2010; Lighthall, Sakaki et al. 2012), anch'essa collegata al comportamento esibito in compiti decisionali ambigui (Bechara and Damasio 2002).

Nonostante tali evidenze e la rilevanza del tema, attualmente gli studi riguardo l'impatto dello stress incidentale sulla presa di decisione in condizione di ambiguità sono numericamente limitati e ancora poco si conosce sulle ricadute e sui possibili effetti d'interazione dello stress transitorio e cronico su tale tipologia di decisioni.

Inoltre, nonostante la rilevanza dell'*Ipotesi del Marcatore Somatico* e l'impatto che questa ha avuto nello studio dell'influenza delle risposte pre-scelta sulla presa decisionale, sono numerosi i limiti metodologici che la caratterizzano, legati allo

strumento di indagine utilizzato, l'Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara, Damasio et al. 1994) e all'indice psicofisiologico adottato come misura delle risposte fisiologiche automatiche, la Risposta di Conduttanza Cutanea (RCC) (vedi Paragrafo 3.3 del Capitolo 2).

All'interno di questa cornice, il presente lavoro ha offerto, innanzitutto, un avanzamento significativo nella comprensione dell'impatto dello stress incidentale sulla presa di decisione in compiti ambigui. Inoltre, grazie alla messa a punto di una metodologia sperimentale in grado di superare i limiti delle ricerche precedenti nell'ambito dello studio sul funzionamento dei meccanismi psicofisiologici che intervengono durante la presa decisionale, i nostri studi hanno definito una metodologia innovativa di indagine, che potrà essere utilizzata in ricerche future.

Riassumendo brevemente, i risultati emersi nei nostri studi suggeriscono che lo stress incidentale, sia transitorio che cronico, può avere un impatto negativo sulla presa di decisione in compiti ambigui, riprodotta in laboratorio attraverso l'Iowa Gambling Task (Bechara, Damasio et al. 1994).

In particolare, in accordo a quanto ipotizzato sulla base della letteratura sul tema (Preston, Buchanan et al. 2007; Miu, Heilman et al. 2008) nei nostri studi sia i partecipanti esposti a stress transitorio che quelli cronicamente stressati hanno mostrato prestazioni decisionali scadenti, suggerendo che entrambe le tipologie di stress transitorio possono avere un impatto negativo in compiti decisionali ambigui. Dal momento che tale fenomeno è emerso in entrambi gli studi nella prima fase del test (*Learning Phase*), la più sensibile al corretto funzionamento di processi emotivi automatici (Stansfield, Preston et al. 2003; Preston, Buchanan et al. 2007), ma non nella seconda (*Performance Phase*), collegata principalmente a processi cognitivi superiori (Brand, Labudda et al. 2006), sulla base dei nostri risultati si potrebbe ipotizzare che lo stress incidentale, transitorio e cronico, abbia un impatto negativo soprattutto sugli aspetti emotivi che sono coinvolti durante compiti decisionali ambigui.

Negli studi, inoltre l'effetto dello stress incidentale sulla prestazione complessiva all'IGT, sia transitorio che cronico, non è stato diverso in base al genere degli individui.

Lo stress cronico, tuttavia, ha avuto un impatto diverso sugli uomini e sulle donne del nostro campione nelle diverse fasi dell'IGT. In particolare, i partecipanti di genere maschile stressati cronici hanno mostrato performance peggiori rispetto a quelli non stressati cronici nella *Learning Phase* del compito. Al contrario, donne cronicamente stressate hanno avuto prestazioni maggiormente svantaggiose rispetto a quelle non stressate croniche nella fase più avanzata dell'IGT, la *Performance Phase*. Tale risultato offre preliminari evidenze circa il fatto che lo stress cronico potrebbe avere, in base al genere degli individui, un impatto negativo sul funzionamento di processi diversi coinvolti nel processo decisionale in compiti ambigui, legato, ipoteticamente, a ricadute differenti sulle aree cerebrali alla base di tale tipologia di presa di decisione.

Inoltre è da evidenziare che nel secondo studio, a differenza di quanto osservato nel primo, in cui erano stati esclusi dal campione individui stressati cronici, è stata osservata un'interazione fra stress transitorio e genere. Tali risultati suggeriscono, in accordo a quanto osservato in precedenti studi sul tema (Stout, Rock et al. 2005; Preston, Buchanan et al. 2007) che lo stress transitorio potrebbe non avere effetti diversi sulla prestazione decisionale in condizioni di ambiguità in uomini e donne non stressati a livello disposizionale. Al contrario, nel caso si considerino anche individui cronicamente stressati, tale tipologia di stress potrebbe influenzare in modo negativo in particolar modo gli individui di genere maschile.

Per quanto riguarda l'interazione fra stress transitorio e stress cronico, nei nostri studi, in generale, non è stato osservato un effetto congiunto fra le due tipologie di stress incidentale sulla prestazione decisionale, a differenza di quanto ipotizzato sulla base di ricerche precedenti.

Tuttavia, è interessante notare che, dividendo il campione in base al genere dei partecipanti, mentre donne cronicamente stressate hanno mostrato prestazioni addirittura migliori all'IGT dopo essere state esposte a stress transitorio, uomini stressati cronici, viceversa, hanno mostrato performance migliori quando non esposti allo stressor.

Tali risultati, complessivamente, offrono preliminari evidenze circa il fatto che lo stress transitorio ha un impatto negativo sulla prestazione decisionale in un compito ambiguo negli individui cronicamente stressati di genere maschile. Viceversa, nel caso

di donne con stress cronico, l'esposizione a uno stress transitorio può addirittura migliorare la presa di decisione in condizione di ambiguità.

Lo stress cronico, così come lo stress transitorio, nei nostri studi ha modificato il funzionamento di diversi meccanismi psicofisiologici sottostanti al processo decisionale, in particolare delle risposte di *arousal* emotivo e dei livelli di attenzione sostenuta che precedevano le scelte e la sensibilità degli individui alle punizioni incontrate durante il completamento dell'IGT.

In particolare, per quanto riguarda il funzionamento delle risposte pre-scelta legate ad un'attivazione emotiva, registrate negli studi attraverso l'attivazione delle onde Beta frontali, i risultati emersi, in linea con quanto riportato in una ricerca precedente (Preston, Buchanan et al. 2007), hanno offerto preliminari evidenze a sostegno del fatto che, come affermato dall'*Ipotesi del Marcatore Somatico* di Damasio (Bechara, Damasio et al. 1999; Bechara and Damasio 2005), mentre normalmente in compiti decisionali ambigui gli individui sono guidati favorevolmente dalle risposte emotive automatiche che precedono le scelte, stati somatici non collegati alle scelte, come quelli legati ad una condizione di stress incidentale, sia transitorio che cronico, influenzano in modo negativo il funzionamento di tali risposte automatiche (Bechara and Damasio 2005).

Inoltre, nei nostri studi lo stress transitorio e lo stress cronico hanno avuto ricadute su tali risposte emotive in fasi diverse dell'IGT, suggerendo, sulla base di quanto riportato in letteratura circa gli effetti di tali tipologie di stress incidentale sul funzionamento della PFC (Sousa, Lukoyanov et al. 2000; Cerqueira, Mailliet et al. 2007) che, mentre lo stress transitorio modifichi aree di quest'area cerebrale importanti i processi emotivi non coscienti, come ad esempio la corteccia orbitofrontale (OFC), lo stress cronico, diversamente, abbia ricadute sul funzionamento di regioni diverse, maggiormente legate a processi cognitivi di tipo superiore, come la corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC).

In secondo luogo, lo stress transitorio, così come lo stress cronico ha significativamente aumentato il livello di attivazione delle onde Alpha frontali, suggerendo che sia l'esposizione a stressor acuti che la presenza di stress cronico, possono danneggiare la capacità degli individui di spostare l'attenzione in modo flessibile, con effetti negativi in un compito decisionale in cui, come nel caso dell'IGT, è necessario essere in grado di spostare il focus attentivo e apprendere nuove

informazioni (Brand, Fujiwara et al. 2005). Il fatto che nei presenti lavori tale effetto sia stato osservato in fasi differenti dell'IGT a seconda che lo stress fosse di tipo transitorio o cronico, suggerisce, inoltre, che l'impatto sul funzionamento dei meccanismi attentivi precedenti le scelte potrebbe essere differente a seconda della tipologia di stress incidentale.

Infine, negli studi gli individui esposti a stress transitorio hanno mostrato una minor attivazione del muscolo corrugatore del sopracciglio in seguito alle punizioni durante l'IGT, indice di una minor sensibilità agli esiti sfavorevoli delle scelte. Inoltre, individui cronicamente stressati hanno avuto risposte emotive negative indipendenti dall'entità della punizione, al contrario di quanto osservato in individui non stressati cronici, suggerendo che lo stress cronico possa causare una sensibilità alle perdite scollegata dall'entità della punizione. Tali risultati offrono preliminari evidenze a favore dell'ipotesi avanzata in studi precedenti (Marinelli and Piazza 2002; Koob and MJ 2007; Sinha 2008) secondo la quale sia lo stress transitorio che quello cronico possono portare modifiche importanti nel sistema mesolimbico dopaminergico (DA), al centro del sistema di ricompensa e punizione del cervello.

È importante evidenziare, tuttavia, che i nostri studi presentano alcuni limiti, che limitano la generalizzabilità di quanto osservato o che potrebbero aver influenzato i risultati emersi.

Innanzitutto, il campione considerato ha compreso individui appartenenti a una specifica fascia di età (18-34 anni) e, dal momento che in letteratura sono state osservate differenze importanti nella capacità decisionale in base all'età (Light 2000), i risultati ottenuti sono da considerare solo in riferimento ad una popolazione compresa in questo *range* di età.

In secondo luogo, nel nostro studio abbiamo utilizzato uno stress di tipo cognitivo, lo *Stroop Color-Word Interference Test* (Stroop 1935), che ha caratteristiche specifiche diverse rispetto ad altre tipologie di stressor utilizzati in laboratorio, come quelli psicologici o fisici, che potrebbero aver ricadute differenti sul funzionamento dei processi decisionali.

È necessario sottolineare, inoltre, che la numerosità del campione degli studi è relativamente limitata e tale fatto potrebbe aver avuto un impatto negativo sulla potenza statistica delle analisi compiute. Di conseguenza, non è attualmente possibile trarre

conclusioni certe sulla base dei risultati emersi e, nel futuro, il campione sarà ampliato in modo sia possibile verificare le preliminari evidenze emerse nel presente lavoro.

Infine, è necessario ricordare il fatto che in questo momento in letteratura non sono presenti altre ricerche che hanno utilizzato la metodologia creata ad hoc e utilizzata in questo lavoro per lo studio dei meccanismi psicofisiologici coinvolti nella presa di decisione in condizione di ambiguità. Nel futuro, sarà, innanzitutto, necessario verificare possibili differenze legate all'utilizzo di questa specifica metodologia rispetto a quella utilizzata in studi precedenti. Inoltre, sarà necessario indagare se gli indici psicofisiologici adottati e le finestre temporali selezionate siano effettivamente le misure migliori possibili per lo studio dei meccanismi psicofisiologici che intervengono nella presa di decisione.

Nonostante le limitazioni sovra-elencate, il presente lavoro appare di forte rilevanza, dal momento che offre un avanzamento significativo circa la comprensione scientifica degli effetti dello stress cronico e transitorio e degli effetti congiunti di queste tipologie di stress incidentale sulla presa decisionale in compiti ambigui, una condizione che, spesso, interviene nella vita quotidiana degli individui, con ricadute importanti sia a livello personale sia in ambito professionale. Inoltre, i risultati raccolti offrono preliminari indicazioni per l'ideazione di programmi d'intervento finalizzati a ridurre le conseguenze negative dello stress sulla presa decisionale, con un impatto che potenzialmente rilevante sia a livello di salute pubblica che dal punto di vista economico.

Dal momento che le ipotesi avanzate circa gli effetti a livello neurale dello stress incidentale sulla presa decisionale si è basata in questi studi così come, più in generale, nella maggior parte della letteratura su tale tematica, su dati ottenuti in modo indiretto, futuri studi potrebbero utilizzare strumenti di indagine dei processi neurali specifici, quale la risonanze magnetica funzionale o la PET.

In secondo luogo, nel futuro sarebbe interessante indagare la relazione quantitativa fra la concentrazione nell'organismo di ormoni dello stress e specifiche ricadute sulla presa decisionale, al fine di poter identificare fenomeni quantitativamente oggettivabili.

A un livello più generale, inoltre, sarebbe interessante verificare gli effetti dello stress incidentale nella vita quotidiana delle persone, un contesto che, come è noto, è molto diverso dal setting di laboratorio. Attraverso studi condotti in ambito naturalistico, oltre alla verifica dei fenomeni osservati in ambito di laboratorio, sarebbe possibile studiare l'impatto dello stress integrale sulla presa di decisione, che, essendo per la sua stessa natura collegato alle scelte che gli individui devono compiere, è una tipologia di stress difficilmente simulabile in compiti decisionali di laboratorio.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adinoff, B., M. D. S. Devous, et al. (2003). "Resting regional cerebral blood flow and gambling task performance in cocaine-dependent subjects and healthy comparison subjects." *American Journal of Psychiatry* **160**(10): 1892-1894.
- Adler, C. M., I. Elman, et al. (2000). "Effects of acute metabolic stress on striatal dopamine release in healthy volunteers." *Neuropsychopharmacology* **22**: 545-550.
- Al'Absi, M., K. Hugdahl, et al. (2002). "Adrenocortical stress responses and altered working memory performance." *Psychophysiology* **39**(1): 95-99.
- Alderson, A. L. and T. A. Novack (2002). "Neurophysiological and Clinical Aspects of Glucocorticoids and Memory: A Review." *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* **24**(3): 335-355.
- Alexander, G. E., M. R. DeLong, et al. (1986). "Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex." *Annual Review of Neuroscience* **9**: 357-381.
- Anderson, S. W., A. Bechara, et al. (1999). "Impairment of social and moral behavior related to early damage in the human prefrontal cortex." *Nature Neuroscience* **2**(11): 1032-1037.
- Antoni, M. H., S. K. Lutgendorf, et al. (2006). "The influence of bio-behavioural factors on tumors etiology: pathways and mechanism." *Nature Review Cancer* **6**(3): 240-248.
- Arkes, H. R., L. T. Herren, et al. (1988). "The role of potential loss in the influence of affect on risk-taking behavior." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **42**(181-193).
- Armony, J. L., D. Servan-Schreiber, et al. (1995). "An anatomically-constrained neural network model of fear conditioning." *Behavioral Neuroscience* **109**: 246-256.
- Armony, J. L., D. Servan-Schreiber, et al. (1997). "Computational modeling of emotion: Explorations through the anatomy and physiology of fear conditioning." *Trends in Cognitive Sciences* **1**: 28-34.
- Arnsten, A. F. T. (2009). "Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function." *Nature Reviews Neuroscience* **10**: 410-422.
- Arnsten, A. F. T. and P. S. Goldman-Rakic (1998). "Noise stress impairs prefrontal cortical cognitive function in monkeys: evidence for a hyperdopaminergic mechanism." *Archives of General Psychiatry* **55**: 362-369.
- Bagic, A. I., R. C. Knowlton, et al. (2011). "American Clinical Magnetoencephalography Society Clinical Practice Guideline 1: Recording and Analysis of Spontaneous Cerebral Activity." *Journal of Clinical Neurophysiology* **28**(4): 348-354.
- Bagic, A. I., R. C. Knowlton, et al. (2011). "American Clinical Magnetoencephalography Society Clinical Practice Guideline 3: MEG-EEG Reporting." *Journal of Clinical Neurophysiology* **28**(4): 362-363.

- Balmer, N. J., A. M. Nevill, et al. (2007). "Influence of crowd noise on soccer refereeing consistency in soccer." Journal of Sport Behavior **30**: 140-145.
- Bandler, R., K. A. Keay, et al. (2000). "Central circuits mediating patterned autonomic activity during active vs. passive emotional coping." Brain Research Bulletin **53**(1): 95-104.
- Baradell, J. G. and K. Klein (1993). "Relationship of life stress and body consciousness to hypervigilant decision making." Journal Of Personality and Social Psychology **64**: 267-273.
- Baran, S. E., C. E. Armstrong, et al. (2009). "Chronic Stress and Sex Differences on the Recall of Fear Conditioning and Extinction." Neurobiology of Learning and Memory **9**(13).
- Beach, L. R. and T. R. Mitchell (1987). "Image Theory: Principles, goals and plans in decision making." Acta Psychologica **66**: 201-220.
- Beattie, J. and S. Barlas (2001). Predicting perceived differences in tradeoff difficulty. Conflict and tradeoff in decision making E. U. Weber, J. Baron and G. Loomes. Cambridge, Cambridge University Press.
- Bechara, A. (2003). "Risky business: Emotion, decision-making and addiction." Journal in Gambling Studies **19**(2): 23-51.
- Bechara, A. (2003). "Risky business: Emotion, decision-making, and addiction." Journal of Gambling Studies **19**: 23-51.
- Bechara, A. (2004). "The role of emotion in judgment and decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage." Brain Cognition **55**(2): 30-40.
- Bechara, A. and A. R. Damasio (2002). "Decision-making and addiction (part I): impaired activation of somatic states in substance dependent individuals when pondering decisions with negative future consequences " Neuropsychologia **40**: 1675-1689.
- Bechara, A. and A. R. Damasio (2005). "The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision." Games and Economic Behavior **52**: 336-372.
- Bechara, A., A. R. Damasio, et al. (1994). "Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex." Cognition **50**: 7-15.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (2000). "Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex." Cerebral Cortex **10**: 295-307.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (2000). "Emotion, decision-making, and the orbitofrontal cortex." Cerebral Cortex **10**(3): 295-307.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (2000). "Role of the amygdala in decision-making." Annals of the New York Academy of Sciences **985**: 356-369.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (2003). "Role of the amygdala in decision making." Annals of the New York Academy of Sciences **985**: 356-369.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (1999). "Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making." Journal of Neuroscience **19**: 5473-5481.
- Bechara, A., H. Damasio, et al. (1997). "Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy." Science **275**: 1293-1295.
- Bechara, A., S. Dolan, et al. (2001). "Decision- making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in alcohol and stimulant abusers." Neuropsychologia **39**: 376-389.
- Bechara, A., S. Dolan, et al. (2001). "Decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in alcohol and stimulant abusers." Neuropsychologia **39**: 376-389.

- Bechara, A. and E. M. Martin (2004). "Impaired decision making related to working memory deficits in individuals with substance addictions." Neuropsychology **18**(1): 152-162.
- Bechara, A., D. Tranel, et al. (2002). The somatic marker hypothesis and decision-making. Amsterdam, Elsevier.
- Bechara, A., D. Tranel, et al. (2000). "Characterization of the decision-making impairment of patients with bilateral lesions of the ventromedial prefrontal cortex." Brain **123**: 2189-2202.
- Bechara, A., D. Tranel, et al. (1996). "Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex." Cerebral Cortex **6**: 215-225.
- Beck, A. T., G. Emery, et al. (1985). Anxiety Disorders and Phobias: A Cognitive Perspective. New York, Basic Books.
- Bell, D. E. (1982). "Regret in decision making under uncertainty." Operations Research **30**: 961-981.
- Bell, D. E. (1985). "Putting a premium on regret." Management Science **31**: 117-120.
- Bernoulli, D. (1738). "Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk." Econometrica (The Econometric Society) **22**(1): 22-36.
- Bierman, D. J. and D. I. Radin (1997). "Anomalous anticipatory response on randomized future conditions." Perceptual and Motor Skills **84**: 689-690.
- Bishop, S. (2008). "Neural mechanisms underlying selective attention to threat." Annals of the New York Academy of Sciences **1129**: 141-152.
- Blumenthal, T. D., B. N. Cuthbert, et al. (2005). "Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies." Psychophysiology **42**(1): 1-15.
- Bodenhausen, G. V. (1993). Emotions, arousal, and stereotypic judgments: A heuristic model of affect and stereotyping. Affect, cognition, and stereotyping: Interactive processes in group perception D. M. Mackie and D. L. Hamilton. San Diego, CA, Academic Press: 13-37.
- Bolla, K. I., D. A. Eldreth, et al. (2004). "Sex-related Differences in a Gambling Task and Its Neurological Correlates." Cerebral Cortex **14**(11): 1226-1232.
- Bower, G. H. (1981). "Mood and memory." American Psychologist **36**: 129-148.
- Bowman, C. H., C. E. Evans, et al. (2005). "Artificial time constraints on the Iowa Gambling Task: The effects on behavioural performance and subjective experience." Brain And Cognition **57**(1): 21-25.
- Bowman, C. H., C. E. Y. Evans, et al. (2005). "Artificial time constraints on the Iowa Gambling Task: The effects on behavioural performance and subjective experience." Brain And Cognition **57**: 21-25.
- Bradley, M. M., M. Codispoti, et al. (2001). "Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing." Emotion **1**(3): 276-298.
- Bradley, M. M., M. Codispoti, et al. (2001). "Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing." Emotion **1**: 276-298.
- Brand, M., E. Fujiwara, et al. (2005). "Decision-Making Deficits of Korsakoff Patients in a New Gambling Task With Explicit Rules: Associations With Executive Functions." Neuropsychology **19**(3): 267-277.
- Brand, M., K. Heinze, et al. (2008). "The role of strategies in deciding advantageously in ambiguous and risky situations." Cognitive Processes **9**: 159-173.
- Brand, M., E. Kalbe, et al. (2004). "Organic and psychogenic factors leading to executive dysfunctions in a patient suffering from surgery of a colloid cyst of the Foramen of Monro." Neurocase **10**: 420-425.

- Brand, M., K. Labudda, et al. (2006). "Neuropsychological correlates of decision-making in ambiguous and risky situations." Neural Networks **19**: 1266-1276.
- Brim, O. G. e. a. (1962). Personality and Decision Processes: Studies in the Social Psychology of Thinking. Standford.
- Brosschot, J. F., R. J. Benschop, et al. (1994). "Influence of life stress on immunological reactivity to mild psychological stress." Psychosomatic Medicine **56**(3): 216-224.
- Brown, S. M., S. Henning, et al. (2005). "Mild, short-term stress alters dendritic morphology in rat medial prefrontal cortex." Cerebral Cortex **15**: 1714-1722.
- Butler, G. and A. Mathews (1987). "Anticipatory anxiety and risk perception." Cognitive Therapy and Research **11**(5): 551-565.
- Butts, K. A., J. Weinberg, et al. (2011). "Glucocorticoid receptors in the prefrontal cortex regulate stress-evoked dopamine efflux and aspects of executive function." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **108**(45): 18459-18464.
- Cacioppo, J. T., M. H. Burlison, et al. (2000). "Autonomic and neuroendocrine responses to mild psychological stressors: effects of chronic stress on older women." Annals of Behavioral Medicine **22**(2): 140-148.
- Cacioppo, J. T., L. G. Tassinary, et al. (2007). Handbook of Psychophysiology, Cambridge University Press.
- Cahill, L., R. J. Haier, et al. (2001). "Sex-related difference in amygdala activity during emotionally influenced memory storage." Neurobiology of Learning and Memory **75**: 1-9.
- Camm, A. J., M. Malik, et al. (1996). "Heart rate variability - Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use." Circulation **93**(5): 1043-1065.
- Campbell, M. C., J. C. Stout, et al. (2004). "Reduced autonomic responsiveness to gambling task losses in Huntington's disease." Journal of the International Neuropsychological Society **10**: 239-245.
- Cannon, W. B. (1935). "Stresses and strains and homesostasis." American Journal of Medical Science **189**: 1-14.
- Carson, T. P. and H. E. Adams (1980). "Activity valence as a function of mood change." Journal of Abnormal Psychology **89**: 368-377.
- Cavedini, P., G. Riboldi, et al. (2002). "Decision- making heterogeneity in obsessive-compulsive disorder: Ventromedial prefrontal cortex function predicts different treatment outcomes." Neuropsychologia **40**(205-211).
- Cavedini, P., G. Riboldi, et al. (2002). "Frontal lobe dysfunction in pathological gambling patients." Biological Psychiatry **51**: 334-341.
- Cella, M., S. Dymond, et al. (2010). "Impaired flexible decision-making in major depressive disorder." Journal of Affective Disorders **125**: 207-210.
- Cella, M., S. Dymond, et al. (2007). "Effects of decision-phase time constraints on emotion-based learning in the Iowa Gambling Task." Brain And Cognition **64**: 164-169.
- Cerqueira, J. J., F. Mailliet, et al. (2007). "The prefrontal cortex as a key target of the maladaptive response to stress." Journal of Neuroscience **27**: 2781-2787.
- Cerqueira, J. J., F. Mailliet, et al. (2007). "The prefrontal cortex as a key target of the maladaptive response to stress." Journal of Neuroscience **27**: 2781-2787.
- Cerqueira, J. J., F. Mailliet, et al. (2007). "The Prefrontal Cortex as a Key Target of the Maladaptive Response to Stress " The Journal of Neuroscience **27**(11): 2781-2787.

- Christianson, S.-Å. (1992). "Emotional stress and eyewitness memory: A critical review." Psychological Bulletin **112**(2): 284-309.
- Chudasama, Y. and T. W. Robbins (2006). "Functions of frontostriatal systems in cognition: Comparative neuropsychopharmacological studies in rats, monkeys and humans." Biological Psychology **73**(1): 19-38.
- Clark, M. S. and A. M. Isen (1982). Toward understanding the relationship between feelings states and social behavior. Cognitive social psychology. A. Hastorf and A. M. Isen. New York, Elsevier: 133-163.
- Cohen, M. X. and C. Ranganath (2007). "Reinforcement Learning Signals Predict Future Decisions." The Journal of Neuroscience **27**(2): 371-378.
- Cohen, S., D. Janicki-Deverts, et al. (2007). "Psychological Stress and Disease." Journal of the American Medical Association (JAMA) **298**: 1685-1687.
- Coles, M. E. and R. G. Heimberg (2002). "Memory biases in the anxiety disorders: current status." Clinical Psychology Review **22**(4): 587-627.
- Collins, A. and M. Frankenhaeuser (1978). "Stress responses in male and female engineering students." Journal of Human Stress **4**: 43-48.
- Conway, M. and C. Giannopoulos (1993). "Dysphoria and decision making: Limited information use for evaluations of multiattribute targets." Journal of Personality and Social Psychology **64**(613-624).
- Crone, E. A., R. J. Somsen, et al. (2004). "Heart rate and skin conductance analysis of antecedents and consequences of decision making." Psychophysiology **41**(4): 531-540.
- Crone, E. A. and M. W. van der Molen (2004). "Developmental changes in real life decision making: performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex." Developmental Neuropsychology **25**(3): 251-279.
- Cumming, S. R. and L. M. Harris (2001). "The impact of anxiety on the accuracy of diagnostic decision-making." Stress & Health **17**(5): 281-286.
- Cummings, J. L. (1985). Clinical Neuropsychiatry. New York, NY, Grune & Stratton Inc.
- Cummings, J. L. (1993). "Frontal-Subcortical Circuits and Human Behavior." Archives of Neurology **50**(8): 873-880.
- Cunningham, M. R. (1988). "What do you do when you are unhappy or blue? Mood, expectancies, and behavior." Motivation and Emotion **12**: 309-331.
- Dalgleish, T. (2004). "The emotional brain." Nature Neuroscience Reviews **5**(7): 583-589.
- Dalley, J. W., R. N. Cardinal, et al. (2004). "Prefrontal executive and cognitive functions in rodents: neural and neurochemical substrates." Neuroscience and Biobehavioral Reviews **28**: 771-784.
- Damasio, A. R. (1991). Somatic markers and the guidance of behavior: Theory and preliminary testing. Frontal Lobe Function and Dysfunction H. S. Levin and e. al., Oxford University Press.
- Damasio, A. R. (1994). Descartes' error: Emotion, Reason, and the Human Brain. New York, G.P. Putnam 's Sons
- Damasio, A. R. (1995). "Toward a neurobiology of emotion and feeling: operational concepts and hypotheses." Neuroscience **1**: 19-25.
- Damasio, A. R. (1996). "The somatic marker hypothesis and the possible functions of prefrontal cortex." Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B(351): 1413-1420.

- Damasio, A. R. (1999). The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness. New York, US, Harcourt Brace & Co.
- Damasio, A. R. (2003). Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain. New York, US, HarcourtBrace & Co.
- Damasio, A. R., R. Adolphs, et al. (2003). The contributions of the lesion method to the functional neuroanatomy of emotion. Handbook of Affective Sciences. R. J. Davidson, K. R. Scherer and H. H. Goldsmith. Oxford, Oxford University Press: 66-92.
- Damasio, A. R., D. Tranel, et al. (1990). "Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli." Behavioral Brain Researches **41**: 81-94.
- Damasio, H., T. Grabowski, et al. (1994). "The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient." Science **264**(5162): 1102-1105.
- Dawson, M. E., A. M. Schell, et al. (2011). "The skin conductance response, anticipation, and decision-making." Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics **4**(2): 111-116.
- de Visser, L., L. J. van der Knaap, et al. (2010). "Trait anxiety affects decision-making differently in healthy men and women: Towards gender-specific endophenotypes of anxiety." Neuropsychologia **48**: 1598-1606.
- Denburg, N. L., E. C. Recknor, et al. (2006). "Psychophysiological anticipation of positive outcomes promotes advantageous decision-making in normal older persons." International Journal of Psychophysiology **61**(1): 19-25.
- Dewey, J. (1978). How we think. The middle works, 1899-1924. J. A. Boydston. Carbondale, IL, Southern Illinois University Press. **6**: 177-356.
- Di Chiara, G., P. Loddo, et al. (1999). "Reciprocal changes in prefrontal and limbic dopamine responsiveness to aversive and rewarding stimuli after chronic mild stress: implications for the psychobiology of depression." Biological Psychiatry **46**(12): 1624-1633.
- Di Nuovo, S., L. Rispoli, et al. (2000). Misurare lo stress. Milano, Franco Angeli.
- Diorio, D., V. Viau, et al. (1993). "The role of the medial prefrontal cortex (cingulate gyrus) in the regulation of hypothalamic-pituitary-adrenal responses to stress." Journal of Neuroscience **13**: 3839-3847.
- Dorner, D. and F. Pfeifer (1993). "Strategic thinking and stress." Ergonomics **36**(11): 1345-1360.
- Doya, K. (2008). "Modulators of decision-making." Nature Neuroscience **11**: 410-416.
- Dukas, R. and C. W. Clark (1995). "Sustained vigilance and animal performance " Animal Behaviour **49**(5).
- Dunn, B. D., T. Dalgleish, et al. (2006). "The somatic marker hypothesis: a critical evaluation." Neuroscience and biobehavioral reviews **30**(2): 239-271.
- Earle, T. L., W. Linden, et al. (1999). "Differential effects of harassment on cardiovascular and salivary cortisol stress reactivity and recovery in women and men." Journal of Psychosomatic Research **46**: 125-141.
- Easterbrook, J. A. (1959). "The effects of emotion on cue utilization and the organization of behavior." Psychological Review **66**: 183-201.
- Ellenbogen, M. A., A. E. Schwartzman, et al. (2002). "Stress and selective attention: the interplay of mood, cortisol levels, and emotional information processing." Psychophysiology **39**(6): 723-732.
- Ellis, H. C. and P. W. Ashbrook (1988). Resource allocation model of the effects of depressed mood states on memory. Affect, cognition, and social behavior K. Fiedler and J. P. Forgas. Toronto, Hogrefe: 25-43.

- Eysenck, M. W. (1982). Attention and arousal, cognition and performance. New York, Springer.
- Eysenck, M. W. (1997). Anxiety and cognition : a unified theory. Hove, East Sussex, UK, Psychology Press.
- Eysenck, M. W., N. Derakshan, et al. (2007). "Anxiety and cognitive performance: attentional control theory." Emotion **7**(2): 336-353.
- Farhadbeigia, P., F. Bagherianb, et al. (2012). "The effect of stress on accuracy and speed of judgment." Procedia - Social and Behavioral Sciences **32**: 49-52.
- Feldman, S. and N. Conforti (1985). "Modifications of adrenocortical responses following frontal cortex simulation in rats with hypothalamic deafferentations and medial forebrain bundle lesions." Neuroscience **15**: 1045-1047.
- Figner, B. and R. O. Murphy (2011). Using skin conductance in judgment and decision making research. A handbook of process tracing methods for decision research. M. Schulte-Mecklenbeck, A. Kuehberger and R. Ranyard. New York, NY, Psychology Press: 163-184.
- Forbes, E. E., J. C. M. Siegle, et al. (2006). "Reward-related decision-making in pediatric major depressive disorder: an fMRI study." Journal of Child Psychology and Psychiatry **47**: 1031-1040.
- Forgas, J. R. and G. H. Bower (1988). Affect in social and personal judgments. Affect, cognition and social behaviour. K. Fiedler and J. P. Forgas. Toronto, Hogrefe.
- Frankel, R. J. and J. S. Jenkins (1975). "Pituitary hormone response to brain stimulation in man." Journal of Endocrinology **67**: 113-117.
- Frijda, N. H. and B. Mesquita (1994). The social roles and functions of emotions. Emotion and culture: Empirical studies of mutual influence. S. Kitayama and H. R. Markus. Washington, DC, US, American Psychological Association: 51-87.
- Fukui, H., T. Murai, et al. (2005). "Functional activity related to risk anticipation during performance of the Iowa Gambling Task." Neuroimage **24**: 253-259.
- Fuster, J. M. (2001). "The Prefrontal Cortex—An Update Time Is of the Essence." Neuron **30**(2): 319-333.
- Gaspar, K. (2004). "Do you see what I see? Affect and visual information processing." Cognition & Emotion **18**(3): 405-421.
- Gaspar, K. and G. L. Clore (1998). "The persistent use of negative affect by anxious individuals to estimate risk." Journal of Personality and Social Psychology **74**: 1350-1363.
- Gillis, J. S. (1993). "Effects of life stress and dysphoria on complex judgments." Psychological Reports **72**: 1355-1363.
- Gilovich, T. and V. H. Medvec (1995). "The experience of regret: What, when, and why." Psychological Review **102**(2): 379-395.
- Goldber, J. H., J. S. Lerner, et al. (1999). "Rage and reason : the psychology of the intuitive prosecutor." European journal of social psychology **29**(5-6): 781-795.
- Goldman-Racic, P. (1995). "Architecture of the Prefrontal Cortex and the Central Executive." Annals of the New York Academy of Sciences **769**: 71-84.
- Gotman, M. J. and B. Milner (1977). "Design fluency: The invention of nonsense drawings after focal cortical lesions." Neuropsychologia **15**(4): 653-674.
- Grant, S., C. Contoreggi, et al. (2000). "Drug abusers show impaired performance in a laboratory test of decision making." Neuropsychologia **38**: 1180-1187.
- Gross, J. J. and R. W. Levenson (1995). "Emotion Elicitation Using Films." Cognition and Emotion **9**(1): 87-108.
- Guillaume, S. b., F. Jollant, et al. (2009). "Somatic markers and explicit knowledge are both involved in decision-making." Neuropsychologia **47**(10): 2120-2124.

- Haleem, D. J., G. Kennett, et al. (1988). "Adaptation of female rats to stress: shift to male pattern by inhibition of corticosterone synthesis." Brain Research **458**: 339-347.
- Hamilton, V. (1982). Cognition and stress: An information processing model. Handbook of Stress. L. Goldberger and S. Breznitz. New York, Macmillan.
- Hammen, C. (2005). "Stress and depression." Annual Review in Clinical Psychology **1**: 293-319.
- Hanoch, Y. (2001). "'Neither an angel nor an ant': Emotion as an aid to bounded rationality." Journal of Economic Psychology **23**: 1-25.
- Harsanyi, J. (1977). Rational Behavior and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hauger, R. L., M. Lorang, et al. (1990). "CRF receptor regulation and sensitization of ACTH responses to acute ether stress during chronic intermittent immobilization stress." Brain Reserach **532**(1-2): 34-40.
- Hauger, R. L., M. A. Millan, et al. (1988). "Corticotropin-releasing factor receptors and pituitary adrenal responses during immobilization stress." Endocrinology **123**(1): 396-405.
- Hebb, D. (1945). "Man's frontal lobe A critical review." Archives of Neurology and Psychiatry **54**: 421-438.
- Hebb, D. O. (1955). "Drives and the CNS (conceptual nervous system)." Psychological Review **62**: 243-254.
- Heinsbroek, R. P., F. Van Haaren, et al. (1991). "Sex- and time-dependent changes in neurochemical and hormonal variables induced by predictable and unpredictable footshock." Physiology & Behavior **49**: 1251-1256.
- Herman, J. P. and W. E. Cullinan (1997). "Neurocircuitry of stress: central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis." Trends in Neurosciences **20**: 78-84.
- Herman, J. P., C. M. Prewitt, et al. (1996). "Neuronal circuit regulation of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical stress axis." Critical Reviews in Neurobiology **10**: 371-394.
- Het, S., G. Ramlow, et al. (2005). "A meta-analytic review of the effects of acute cortisol administration on human memory." Psychoneuroendocrinology **30**: 771-784.
- Hinson, J. M., T. L. Jameson, et al. (2002). "Somatic markers, working memory, and decision making." Cognitive Behavioural & Affective Neuroscience **2**(4): 341-353.
- Hjortskov, N., D. Rissén, et al. (2004). "The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work." European Journal of Applied Physiology **92**(1-2): 84-89.
- Hoefl, F., C. L. Watson, et al. (2008). "Gender differences in the mesocorticolimbic system during computer game-play." Journal of Psychiatric Research **42**: 253-258.
- Holmes, A. and C. L. Wellman (2008). "Stress-induced prefrontal reorganization and executive dysfunction in rodents." Neuroscience & Biobehavioral Reviews **33**(6): 773-783.
- Isen, A. M. and K. A. Daubman (1984). "The influence of affect on categorization." Journal **47**: 1206-1217.
- Isen, A. M., T. E. Shalcker, et al. (1978). "Affect, accessibility of material in memory, and behavior: A cognitive loop? ." Journal of Personality and Social Psychology **36**: 1-12.

- Izquierdo, A., C. L. Wellman, et al. (2006). "Brief uncontrollable stress causes dendritic retraction in infralimbic cortex and resistance to fear extinction in mice." Journal of Neuroscience **26**: 5733-5738.
- Jackson, J. S., K. M. Knight, et al. (2010). "Race and unhealthy behaviors: chronic stress, the HPA axis, and physical and mental health disparities over the life course." Am J Public Health **100**(5): 933-939.
- Jameson, T. L., J. M. Hinson, et al. (2004). "Components of working memory and somatic markers in decision making." Psychonomic Bulletin & Review **11**(3): 515-520.
- Jamieson, J. P., W. B. Mendes, et al. (2010). "Turning the knots in your stomach into bows: Reappraising arousal improves performance on the GRE." Journal of Experimental Social Psychology **46**: 208-212.
- Janis, I. J. and L. Mann (1977). Decision-making: a psychological analysis of conflict, choice and commitment. New York, Free Press.
- Janis, I. L. and L. Mann (1977). Decision Making: A Psychological Analysis of Conflict, Choice, and Commitment. New York, Free Press.
- Janis, I. L. and L. Mann (1997). Decision Making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment. New York, Free Press.
- Johnson, E. J. and A. Tversky (1983). "Affect, generalization, and the perception of risk." Journal of Personality and Social Psychology **45**: 20-31.
- Josephs, R. A., R. P. Larrick, et al. (1992). "Protecting the self from the negative consequences of risky decisions." Journal of Personality and Social Psychology **62**: 26-37.
- Juster, R. P., B. S. McEwen, et al. (2010). "Allostatic load biomarkers of chronic stress and impact on health and cognition." Neuroscience & Biobehavioral Reviews **35**: 2-16.
- Kahneman, D. and A. Tversky (1979). "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." Econometrica **47**(2): 263-292.
- Kassam, K. S., K. Koslov, et al. (2009). "Decisions under distress: stress profiles influence anchoring and adjustment." Psychological Science **20**: 1394-1399.
- Keinan, G. (1987). "Decision making under stress: scanning of alternatives under controllable and uncontrollable threats." Journal Of Personality and Social Psychology **52**: 639-644.
- Keinan, G. (1995). "Decision Making Under Stress: Scanning of A lternatives U nder C ontrollable and Uncontrollable Threats." Journal of Personality and Social Psychology **52**(3): 639-644.
- Kelley, H. H., J. C. J. Condrey, et al. (1965). "Collective behavior in a simulated panic situation." Journal of Experimental Social Psychology **1**: 20-54.
- Keltner, D., P. C. Ellsworth, et al. (1993). "Beyond simple pessimism: Effects of sadness and anger on social perception." Journal of Personality and Social Psychology **64**(5): 740-752.
- Killgore, W. D. and D. A. Yurgelun-Todd (2001). "Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect." Neuroreport **12**: 2543-2547.
- Kirschbaum, C., K.-M. Pirke, et al. (1993). "The "Trier Social Stress Test": A tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting." Neuropsychobiology **28**(1-2): 76-81.
- Kirschbaum, C., K. M. Pirke, et al. (1995). "Preliminary evidence for reduced cortisol responsivity to psychological stress in women using oral contraceptive medication." Psychoneuroendocrinology **20**: 509-514.

- Kirschbaum, C., N. Schommer, et al. (1996). "Short-term estradiol treatment enhances pituitary-adrenal axis and sympathetic responses to psychosocial stress in healthy young men." The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism **81**: 3639-3643.
- Klein, G. (1992). Decision making in complex military environments. San Diego, CA, Naval Command, Control and Ocean Surveillance Center. **Final Contract Summary Report**.
- Klein, G. (1993). A recognition primed decision (RPD) model of rapid decision making. Decision making in action: Models and methods New Jersey, Ablex Publishing Corporation: 138-147.
- Klein, G. (1999). Applied decision making. Human performance and ergonomics P. A. Hancock. San Diego, CA, Academic Press: 87-107.
- Klein, G. and R. Calderwood (1991). "Decision models: lessons from the field." IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics **21**(5): 1018-1026.
- Klimesch, W. (1999). "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis." Brain Research Reviews **29**(2-3): 169-195.
- Klimesch, W., M. Doppelmayr, et al. (1998). "Induced alpha band power changes in the human EEG and attention." Neuroscience Letters **244**(2): 73-76.
- Koob, G. and K. MJ (2007). "Stress, dysregulation of drug reward pathways, and the transition to drug dependence." American Journal of Psychiatry **164**: 1149-1159.
- Kozena, L. and E. Frantik (2001). "Psychological and physiological response to job stress in emergency ambulance personnel." Homeostasis in Health and Disease **41**: 121-122.
- Kudielka, B. M. and C. Kirschbaum (2005). "Sex differences in HPA axis responses to stress: a review." Biological Psychology **69**: 113-132.
- Kudielka, B. M. and C. Kirschbaum (2005). "Sex differences in HPA axis responses to stress: a review." Biological Psychology **69**: 113-132.
- Kurzban, R. and D. Houser (2001). "Individual differences in cooperation in a circular public goods game." European Journal of Personality **15**(1): 37-52.
- Landman, J. (1993). Regret. New York, Oxford University Press.
- Larsen, J. T., C. J. Norris, et al. (2003). "Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator supercilii." Psychophysiology **40**(5): 776-785.
- Lawrence, N. S., F. Jollant, et al. (2009). "Distinct roles of prefrontal cortical subregions in the Iowa Gambling Task." Cerebral Cortex **19**: 1134-1143.
- Lazarus, R. S. and S. Folkman (1984). Stress, appraisal, and coping. New York, Springer Pub. Co.
- LeDoux, J. (1996). The emotional brain. New York, Simon & Shuster.
- Lejuez, C. W., J. P. Read, et al. (2002). "Evaluation of a behavioral measure of risk-taking: the Balloon Analogue Risk Task (BART)." Journal of Experimental Psychology Applied **8**: 75-84.
- Lerner, J. S. and D. Keltner (2000). "Beyond valence: Toward a model of emotion specific influences on judgment and choice." Cognition and Emotion **14**: 473-493.
- Lerner, J. S. and D. Keltner (2001). "Fear, anger, and risk." Journal of Personality and Social Psychology **81**(146-159).
- Lerner, J. S. and L. Z. Tiedens (2006). "Portrait of the angry decision maker: how appraisal tendencies shape anger's influence on cognition." Journal of Behavioral Decision Making **19**(2): 115-137.

- Leserman, J., J. M. Petitto, et al. (2002). "Progression to AIDS, a clinical AIDS condition and mortality: psychosocial and physiological predictors." Psychological Medicine **32**(6): 1059-1073.
- Light, L. L. (2000). Memory changes in adulthood. Psychology and the aging revolution: How we adapt to longer life. S. H. Qualls and N. Abeles. Washington, DC, US, American Psychological Association: 73-97.
- Lighthall, N. R., M. Mather, et al. (2009). "Acute stress increases sex differences in risk seeking in the Balloon Analogue Risk Task." PLoS ONE: e6002.
- Lighthall, N. R., M. Sakaki, et al. (2012). "Gender differences in reward-related decision processing under stress." Social Cognitive and Affective Neuroscience **7**(4): 476-484.
- Lipshitz, R., G. Klein, et al. (2001). "Taking stock of Naturalistic Decision Making." Journal of Behavioral Decision Making **14**: 331-352.
- Liston, C., B. S. McEwen, et al. (2009). "Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control." PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **106**(3): 912-917.
- Liston, C., B. S. McEwen, et al. (2009). "Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **106**: 912-917.
- Loomes, G., C. Starmer, et al. (1991). "Observing Violations of Transitivity by Experimental Methods." Econometrica **59**(2): 425-439.
- Loomes, G. and R. Sugden (1982). "Regret theory: an alternative theory of rational choice under uncertainty." Economic Journal **92**: 805-824.
- Lovallo, W. R. and T. L. Thomas (2000). Stress hormones in psycho- physiological research: Emotional, behavioral, and cognitive implications. Handbook of psychophysiology. J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary and G. G. Berntson. New York, Cambridge University Press: 342-367.
- Lupien, S. J. and M. Lepage (2001). "Stress, memory, and the hippocampus: can't live with it, can't live without it." Behavior Brain Research **127**: 137-158.
- Lupien, S. J., I. Ouellet-Morin, et al. (2006). Beyond the stress concept: Allostatic load-a developmental biological and cognitive perspective. Developmental psychopathology. D. J. Cohen. Hoboken, NJ, US, John Wiley & Sons Inc: 578-628.
- Luu, P., D. M. Tucker, et al. (1998). "Anxiety and the motivational basis of working memory." Cognitive Therapy and Research **22**: 577-594.
- MacLeod, C. M. (1991). "Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review." Psychological Bulletin **109**: 163-203.
- Macor, A., L. Pedrabissi, et al. (1990). "Ansia di stato e di tratto: ulteriore contributo alla verifica della validità psicométrica e teorica dello S.T.A.I. forma Y di Spielberger." Psychological Science **15**: 67-74.
- Magagnin, V., M. Mauri, et al. (2010). "Heart Rate Variability and Respiratory Sinus Arrhythmia Assessment of Affective States by Bivariate Autoregressive Spectral Analysis." Comput Cardiol (2010) **37**(5737930): 145-148.
- Magagnin, V., M. Mauri, et al. (2010). "Heart Rate Variability and Respiratory Sinus Arrhythmia Assessment of Affective States by Bivariate Autoregressive Spectral analysis." Computing in Cardiology **37**: 145-148.
- Maia, T. V. and J. L. McClelland (2004). "A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: what participants really know in the Iowa gambling task." Proceedings of the National Academy for Science USA **101**(45): 16075-16080.

- Maia, T. V. and J. L. McClelland (2005). "The somatic marker hypothesis: still many questions but no answers." Trends in Cognitive Science **9**(4): 162-164.
- Mandler, G. (1982). Stress and Thought Processes. Handbook of Stress: Theoretical and Clinical Aspects. L. Goldberger and S. Breznitz. New York, The Free Press.
- Manes, F., B. Sahakian, et al. (2002). "Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex." Brain **125**(3): 624-639.
- Mansour, V. M., D. J. Wilkinson, et al. (1998). "Panic disorder: Coronary spasm as a basis for cardiac risk?" Medical Journal of Australia **168**: 390-392.
- Marin, M. F., C. Lord, et al. (2011). "Chronic stress, cognitive functioning and mental health." Neurobiol Learn Mem **96**(4): 583-595.
- Marinelli, M. and P. V. Piazza (2002). "Interaction between glucocorticoid hormones, stress and psychostimulant drugs." European Journal of Neuroscience **16**: 387-394.
- Matthews, K. A., B. B. Gump, et al. (2001). "Chronic stress influences cardiovascular and neuroendocrine responses during acute stress and recovery, especially in men." Health Psychology **20**: 403-410.
- Mauri, M., P. Cipresso, et al. (2011). "Why Is Facebook So Successful? Psychophysiological Measures Describe a Core Flow State While Using Facebook." Cyberpsychology Behavior and Social Networking **14**(12): 723-731.
- Mauri, M., V. Magagnin, et al. (2010). Psychophysiological signals associated with affective states. Conference Proceedings - IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- McCabe, K., D. Houser, et al. (2001). "A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **98**(20): 11832-11835.
- McCormick, C. M., E. Lewis, et al. (2007). "Individual differences in cortisol levels and performance on a test of executive function in men and women." Physiology & Behavior **91**(1): 87-94.
- McCraty, R., M. Atkinson, et al. (1995). "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability." The American Journal of Cardiology **76**(14): 1089-1093.
- McEwen, B. S. (1998). "Protective and damaging effects of stress mediators." The New England Journal of Medicine **338**: 171-179.
- McEwen, B. S. (2000). "The neurobiology of stress: from serendipity to clinical relevance." Brain Research **886**: 172-189.
- McEwen, B. S. (2008). "Mental effects of stress hormones in health and disease, Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators." European Journal of Pharmacology **583**: 174-185.
- McMenamin, J. J. (1992). Operational decision making: The impact of time and information. Newport, RI, Naval War College.
- Melamed, S., U. Ugarten, et al. (1999). "Chronic burnout, somatic arousal and elevated salivary cortisol levels." Journal of Psychosomatic Research **46**(6): 591-598.
- Mellers, B. A., A. Schwartz, et al. (1997). "Decision affect theory: Emotional reactions to the outcomes of risky options." Psychological Science **8**(6): 423-429.
- Mercer, M. E. and M. D. Holder (1997). "Food cravings, endogenous opioid peptides, and food intake: a review." Appetite **29**: 325-352.
- Miller, G. E., E. Chen, et al. (2007). "If it goes up, must it come down? Chronic stress and the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis in humans." Psychological Bulletin **133**(1): 25-45.

- Mitte, K. (2008). "Memory bias for threatening information in anxiety and anxiety disorders: A meta-analytic review." Psychological Bulletin **134**(6): 886-911.
- Miu, A. C., R. M. Heilman, et al. (2008). "Anxiety impairs decision-making: Psychophysiological evidence from an Iowa Gambling Task." Biological Psychiatry **77**: 353-358.
- Murphy, B. L., A. F. T. Arnsten, et al. (1996). "Increased dopamine turnover in the prefrontal cortex impairs spatial working memory performance in rats and monkeys." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **93**: 1325-1329.
- Naliboff, B. D., S. Berman, et al. (2003). "Sex-related differences in IBS patients: central processing of visceral stimuli." Gastroenterology **124**(7): 1738-1747.
- Nikulin, V. V. and T. Brismar (2004). "Long-range temporal correlations in alpha and beta oscillations: effect of arousal level and test-retest reliability." Clinical Neurophysiology **115**(8): 1896-1908.
- Oliver, G., J. Wardle, et al. (2000). "Stress and food choice: a laboratory study." Psychosomatic Medicine **62**: 853-865.
- Overman, W. H. (2004). "Sex differences in early childhood, adolescence, and adulthood on cognitive tasks that rely on orbital prefrontal cortex." Brain and Cognition **55**(1): 134-147.
- Pardine, P. and A. Napoli (1983). "Physiological reactivity and recent life-stress experience." Journal of Consulting and Clinical Psychology **51**(3): 467-469.
- Pascal, B. (1670). Pensées, Penguin Classics.
- Petzold, A., F. Plessow, et al. (2010). "Stress reduces use of negative feedback in a feedback-based learning task." Behavioral Neuroscience **124**: 248-255.
- Pike, J. L., T. L. Smith, et al. (1997). "Chronic life stress alters sympathetic, neuroendocrine, and immune responsivity to an acute psychological stressor in humans." Psychosomatic Medicine **59**: 447-457.
- Plaisted, K. C. and B. J. Sahakian (1997). "Dementia of frontal type—living in the here and now." Aging & Mental Health **1**: 293-295.
- Porcelli, A. J. and M. R. Delgado (2009). "Acute stress modulates risk taking in financial decision making." Psychological Science **20**: 278-283.
- Poulton, E. C. (1976). "Arousing environmental stresses can improve performance, whatever people say." Aviation, Space, and Environmental Medicine **47**: 1193-1204.
- Powell, D. A., K. Watson, et al. (1994). "Involvement of subdivisions of the medial prefrontal cortex in learned cardiac adjustments in rabbits." Behavioral Neuroscience **108**: 294-307.
- Preston, S. D., T. W. Buchanan, et al. (2007). "Effects of anticipatory stress on decision making in a gambling task." Behavioral Neuroscience **121**(2): 257-263.
- Pruessner, J. C., K. Dedovic, et al. (2008). "Deactivation of the limbic system during acute psychosocial stress: evidence from positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging studies." Biol Psychiatry **63**(2): 234-240.
- Pruessner, J. C., D. H. Hellhammer, et al. (1999). "Burnout, perceived stress, and cortisol responses to awakening." Psychosomatic Medicine **61**(2): 197-204.
- Putman, P., N. Antypa, et al. (2010). "Exogenous cortisol acutely influences motivated decision making in healthy young men." Psychopharmacology **208**: 257-263.
- Putman, P., N. Antypa, et al. (2010). "Exogenous cortisol acutely influences motivated decision making in healthy young men." Psychopharmacology **208**: 257-263.
- Quarantello, E. L. (1954). "The nature and conditions of panic." American Journal of Sociology **60**: 267-275.

- Radley, J. J., C. M. Arias, et al. (2006). "Regional differentiation of the medial prefrontal cortex in regulating adaptive responses to acute emotional stress." Journal of Neuroscience **26**: 12967-12976.
- Radley, J. J., A. B. Rocher, et al. (2006). "Repeated stress induces dendritic spine loss in the rat medial prefrontal cortex." Cerebral Cortex **16**(3): 312-320.
- Raghunathana, R. and M. T. Phamb (1999). "All Negative Moods Are Not Equal: Motivational Influences of Anxiety and Sadness on Decision Making." Organizational Behavior and Human Decision Processes **79**(1): 56-77.
- Rahman, S., B. J. Sahakian, et al. (1999). "Specific cognitive deficits in mild frontal variant frontotemporal dementia." Brain **122**(8): 1469-1493.
- Rauch, S. L., L. M. Shin, et al. (2003). "Selectively reduced regional cortical volumes in post-traumatic stress disorder." Neuroreport **14**: 913-916.
- Reavis, R. and W. H. Overman (2001). "Adult sex differences on a decision-making task previously shown to depend on the orbital prefrontal cortex." Behavioral Neuroscience **115**(1): 196-206.
- Renaud, P. and J.-P. Blondin (1997). "The stress of Stroop performance: physiological and emotional responses to color-word interference, task pacing, and pacing speed." International Journal of Psychophysiology **27**(2): 87-97.
- Richard, R., J. van der Pligt, et al. (1996). "Anticipated regret and time perspective: Changing sexual risk-taking behaviour." Journal of Behavioral Decision Making **9**(3): 185-199.
- Roelofs, K., B. M. Elzinga, et al. (2005). "The effects of stress-induced cortisol responses on approach-avoidance behavior." Psychoneuroendocrinology **30**: 665-677.
- Rogers, R. D., B. J. Everitt, et al. (1999). "Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers: Evidence for monoaminergic mechanisms." Neuropsychopharmacology **20**: 322-339.
- Rogers, R. D., A. M. Owen, et al. (1999). "Choosing between small, likely rewards and large, unlikely rewards activates inferior and orbital prefrontal cortex." Journal of Neuroscience **20**: 9029-9038.
- Rolls, E. T. (1999). The Brain and emotion. Oxford, Oxford University Press.
- Roozendaal, B., J. R. McReynolds, et al. (2004). "The basolateral amygdala interacts with the medial prefrontal cortex in regulating glucocorticoid effects on working memory impairment." Journal of Neuroscience **24**: 1385-1392.
- Rozanski, A., J. A. Blumenthal, et al. (1999). "Impact of psychological factors on the pathogenesis of cardiovascular disease and implication for therapy." Circulation **99**(16): 2192-2217.
- Saal, D., Y. Dong, et al. (2003). "Drugs of abuse and stress trigger a common synaptic adaptation in dopamine neurons." Neuron **37**: 577-582.
- Sage, A. P. and F. B. White (1983). "Decision and information structures in regret: Models of judgment and choice." IEEE: Transactions on Systems, Man, and Cybernetics **13**: 136-143.
- Sailer, U., S. Robinson, et al. (2008). "Altered reward processing in the nucleus accumbens and mesial prefrontal cortex of patients with posttraumatic stress disorder." Neuropsychologia **46**: 2836-2844.
- Salo, I. and C. M. Allwood (2011). "Decision-making styles, stress and gender among investigators." Policing: An International Journal of Police Strategies & Management **34**: 97-119.

- Sapolsky, R. M. (1992). Stress, the aging brain, and the mechanisms of neuron death. Cambridge, MA, MIT Press.
- Sapolsky, R. M. (2004). Stress and cognition. The cognitive neurosciences. M. Gazzaniga. Cambridge, MA, MIT Press: 1031-1040.
- Savage, L. J. (1951). "The theory of statistical decision." Journal of the American Statistical Association **46**: 66-67.
- Schaeffer, M. H. (1989). "Environmental stress and individual decision-making: Implications for the patient." Patient Education and Counseling **13**(3): 221-235.
- Schaufeli, W. and D. Enzmann (1998). The Burnout Companion To Study And Practice: A Critical Analysis. Padstow (United Kingdom), International Ltd.
- Schoofs, D., O. T. Wolf, et al. (2009). "Cold pressor stress impairs performance on working memory tasks requiring executive functions in healthy young men." Behavioral Neuroscience **123**(5): 1006-1075.
- Schwabe, L., O. T. Wolf, et al. (2010). "Memory formation under stress: Quantity and quality." Neuroscience & Biobehavioral Reviews **34**(4): 584-591.
- Segal, U. (1988). "Does the Preference Reversal Phenomenon Necessarily Contradict the Independence Axiom?" American Economic Review **72**: 233-236.
- Segerstrom, S. C. and G. E. Miller (2004). "Psychological Stress and the Human Immune System: A Meta-Analytic Study of 30 Years of Inquiry." Psychological Bulletin **130**(4): 601-630.
- Selye, H. (1956). The stress of life. New York, McGraw-Hill.
- Shansky, R. M., K. Rubinow, et al. (2006). "The effects of sex and hormonal status on restraint-stress-induced working memory impairment." Behavioral and Brain Function **2**(8).
- Shin, L. M., P. J. Whalen, et al. (2001). "An fMRI study of anterior cingulate function in posttraumatic stress disorder." Biological Psychiatry **50**: 932-942.
- Shors, T. J., C. Chua, et al. (2001). "Sex differences and opposite effects of stress on dendritic spine density in the male versus female hippocampus." Journal of Neuroscience **21**: 6292-6297.
- Shurman, B., W. P. Horan, et al. (2005). "Schizophrenia patients demonstrate a distinctive pattern of decision-making impairment on the Iowa Gambling Task." Schizophrenia Research **72**: 215-224.
- Shutter, D. J. L. G., E. H. F. de Haan, et al. (2004). "Anterior asymmetrical alpha activity predicts Iowa gambling performance: distinctly but reversed." Neuropsychologia **42**(7): 939-943.
- Simon, H. A. (1955). "A behavioral model of rational choice." Quarterly Journal of Economics **69**: 99-118.
- Simon, H. F. (1955). "A behavioral model of rational choice." The Quarterly Journal of Economics **69**(1): 99-118.
- Simon, H. F. (1960). The New Science Of Management Decision. New York, Harper.
- Simonson, I. (1992). "The influence of anticipating regret and responsibility on purchase decisions." Journal of Consumer Research **19**: 105-118.
- Sinha, R. (2008). "Chronic stress, drug use, and vulnerability to addiction." Annals of the New York Academy of Sciences **1141**: 105-130.
- Sinha, R. (2009). "Stress and addiction: A dynamic interplay of genes, environment, and drug intake." Biological Psychiatry **66**(2): 100-101.
- Sousa, N., N. V. Lukoyanov, et al. (2000). "Reorganization of the morphology of hippocampal neurites and synapses after stress-induced damage correlates with behavioral improvement." Neuroscience **97**(2): 253-266.

- Spencer, S. J., K. Ebner, et al. (2004). "Differential involvement of rat medial prefrontal cortex dopamine receptors in modulation of hypothalamic–pituitary–adrenal axis responses to different stressors." European Journal of Neuroscience **20**: 1008-1016.
- Spielberger, C. D., R. L. Gorsuch, et al. (1970). Manual for the state- trait anxiety inventory. Palo Alto, Consulting Psychologists Press
- Spottiswoode, S. J. P. and E. C. P. May (2003). "Skin conductance prestimulus response: Analyses, artifacts and a pilot study." Journal of Scientific Exploration **17**: 617-642.
- Stalnaker, T. A., R. A. Espana, et al. (2009). "Coping behavior causes asymmetric changes in neuronal activation in the prefrontal cortex and amygdala." Synapse **63**: 82-85.
- Stansfield, R. B., S. Preston, et al. (2003). Normative gambling task data: Analysis summary. University of Iowa.
- Starcke, K. and M. Brand (2012). "Decision making under stress: A selective review." Neuroscience and Biobehavioral Reviews **36**: 1288-1248.
- Starcke, K., O. T. Wolf, et al. (2008). "Anticipatory stress influences decision making under explicit risk conditions." Behavioral Neuroscience **122**: 1352-1360.
- Steiner, H., E. Ryst, et al. (2002). "Boys' and girls' responses to stress: Affect and heart rate during a speech task." Journal of Adolescent Health **30**(4): 14-21.
- Stout, J. C., S. L. Rock, et al. (2005). "Psychological Processes Underlying Risky Decisions in Drug Abusers." Psychology of Addictive Behaviors **19**(2): 148-157.
- Stroop, J. R. (1935). "Studies of Interference in Serial Verbal Reactions " Journal of Experimental Psychology **18**: 643-662.
- Stroud, L. R., P. Salovey, et al. (2002). "Sex differences in stress responses: social rejection versus achievement stress." Biological Psychiatry **52**: 318-327.
- Stuss, D. T. and D. F. Benson (1987). The frontallobes and control of cognition and memory. The frontal lobes revisited. E. Perecman. New York, IRBN Press: 141-158.
- Sullivan, R. M. (2004). "Hemispheric asymmetry in stress processing in rat prefrontal cortex and the role of mesocortical dopamine." Stress **7**: 131-143.
- Sullivan, R. M. and A. Gratton (1999). "Lateralized effects of medial prefrontal cortex lesions on neuroendocrine and autonomic stress responses in rats." Journal of Neuroscience **19**: 2834-2840.
- Sullivan, R. M. and A. Gratton (2002). "Prefrontal cortical regulation of hypothalamic-pituitary-adrenal function in the rat and implications for psychopathology: side matters." Psychoneuroendocrinology **27**(1-2): 99-114.
- Suzuki, A., A. Hirota, et al. (2003). "Application of the somatic marker hypothesis to individual differences in decision making." Biological Psychology **65**(1): 81-88.
- Svenson, O. and A. J. Maule (1993). Time pressure and stress in human judgment and decision making. New York, NY, Plenum Press.
- Takahashi, T., M. Shinada, et al. (2010). "Stress hormones predict hyperbolic time-discount rates six months later in adults." Neuroendocrinology Letters **31**: 616-621.
- Taylor, S. E., L. C. Klein, et al. (2000). "Biobehavioral responses to stress in females: tend-and-befriend, not fight-or-flight." Psychological Review **107**(3): 411-429.
- Teigen, K. H. (1994). "Yerkes-Dodson: A Law for all Seasons." Theroy & Psychology **4**(4): 525-547.

- Tomb, I., M. Hauser, et al. (2002). "Do somatic markers mediate decisions on the gambling task? ." Nature Neuroscience **5**(11): 1103-1104.
- Tranel, D., A. Bechara, et al. (1999). Decision making and the somatic marker hypothesis. The new cognitive neurosciences. M. S. Gazzaniga. Cambridge, Massachusetts, MIT Press: 1047-1061.
- Tranel, D., H. Damasio, et al. (2005). "Does gender play a role in functional asymmetry of ventromedial prefrontal cortex? ." Brain **128**: 2872–2881.
- Tsigos, C. and G. P. Chrousos (2002). "Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress." Journal of Psychosomatic Research **53**: 865-871.
- Turnbull, O. H., H. Berry, et al. (2003). "Direct versus indirect emotional consequences on the Iowa Gambling Task." Brain and Cognition, **53**(2): 389-392.
- Tversky, A. and D. Kahneman (1974). "Judgement under uncertainty: heuristics and biases." Science **185**: 1124-1131.
- Tversky, A. and D. Kahneman (1981). "The Framing of Decisions and the Psychology of Choice." Science **211**(4481): 453-458.
- Ungless, M. A., E. Argilli, et al. (2010). "Effects of stress and aversion on dopamine neurons: Implications for addiction." Neuroscience & Biobehavioral Reviews **35**: 151-156.
- Uylings, H. B., H. J. Groenewegen, et al. (2003). "Do rats have a prefrontal cortex?" Behavior Brain Research **146**(1-2): 3-17.
- van den Bos, R. and E. den Heijer (2009). Exploring gender differences in decision-making using the Iowa Gambling Task. Encyclopedia of Psychology of Decision Making D. Murphy and L. Danielle, Nova Science Publishers: 1149-1168.
- van den Bos, R., M. Hartevel, et al. (2009). "Stress and decision-making in humans: Performance is related to cortisol reactivity, albeit differently in men and women." Psychoneuroendocrinology **34**: 1449-1458.
- Van den Bos, R., M. Hartevel, et al. (2009). "Stress and decision-making in humans: Performance is related to cortisol-reactivity, albeit differently in men and women." Psychoneuroendocrinology **34**: 1449-1458.
- Van den Bos, R., B. B. Houx, et al. (2006). "The effects of reward magnitude differences on choosing disadvantageous decks in the Iowa gambling task." Biological Psychology **71**: 155-161.
- van Honk, J., E. J. Hermans, et al. (2002). "Defective somatic markers in sub-clinical psychopathy." Cognitive Neuroscience And Neuropsychology **18**(8): 1025-1027.
- van Honk, J., D. J. Schutter, et al. (2003). "Low cortisol levels and the balance between punishment sensitivity and reward dependency." Neuroreport **14**: 1993-1996.
- Von Neumann, J. and O. Morgenstern (1943). Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press.
- Wang, J., H. Rao, et al. (2005). "Perfusion functional MRI reveals cerebral blood flow pattern under psychological stress." Proc Natl Acad Sci U S A **102**(49): 17804-17809.
- Wilder, K. E., D. R. Weinberger, et al. (1998). "Operant conditioning and the orbitofrontal cortex in schizophrenic patients: Unexpected evidence for intact functioning." Schizophrenia Research **30**: 169-174.
- Williams, J. M. G., F. N. Watts, et al. (1988). Cognitive psychology and emotional disorders. Oxford, England, John Wiley & Sons.
- Wizemann, T. M. and M. L. Pardue (2001). Exploring the Biological Contributions to Human Health. Does Sex Matter? Washington, DC, National Academy Press.

- Wolf, O. T. (2009). "Stress and memory in humans: Twelve years of progress? ." Brain Research **1293**: 142-154.
- Wolf, O. T., N. C. Schommer, et al. (2001). " The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women." Psychoneuroendocrinology **26**: 711-720.
- Wood, S. and M. A. Kisley (2006). "The negativity bias is eliminated in older adults: Age-related reduction in event-related brain potentials associated with evaluative categorization." Psychology and Aging **21**(4): 815-820.
- Wright, W. F. and G. H. Bower (1992). "Mood effects on subjective probability assessment." Organizational Behavior and Human Decision Processes **52**: 276-291.
- Xue, Z., J. Li, et al. (2006). Using ICA to Remove Eye Blink and Power Line Artifacts in EEG Innovative Computing, Information and Control.
- Yerkes, R. M. and J. D. Dodson (1908). "The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation." Journal of Comparative Neurology and Psychology **18**: 459-482.
- Yoshimura, S., S. Sakamoto, et al. (2003). "Sex-differences in adreno- cortical responsiveness during development in rats." Steroids **68**: 439-445.
- Zajonc, R. B. (1980). "Feeling and thinking: Preferences need no inference." American Psychologist **35**: 151-175.
- Zajonc, R. B. (1984). On primacy of affect. Approaches to emotion. K. R. Scherer and P. Ekman. Hillsdale, NJ, Erlbaum: 259-270.
- Zeelenberg, M., J. Beattie, et al. (1996). "Consequences of regret aversion: Effects of expected feedback on risky decision making." Organizational Behavior and Human Decision Processes **65**: 148-158.
- Zeelenberg, M., W. W. Van Dijk, et al. (1998). "Emotional reactions to the outcomes of decisions: The role of counterfactual thought in the experience of regret and disappointment." Organizational Behavior and Human Decision Processes **75**: 117-141.
- Zellner, D. A., S. Loaiza, et al. (2006). "Food selection changes under stress." Physiology & Behavior **87**: 789-793.
- Zilles, K. and A. Wree (1995). Cortex: areal and laminar structure. The rat nervous system. G. Paxinos. San Diego, Academic Press: 649-685.