



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di laurea Triennale in
Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche**

Elaborato finale

**CONFRONTO FRA CONTROLLO SEMANTICO E ATTENTIVO
IN UN COMPITO DI FLESSIBILITÀ COGNITIVA**

**Semantic and attentional control: comparison in a
cognitive flexibility task**

Relatore:

Prof. Ettore Ambrosini

Laureando: Alice Zanzi

Matricola: 1221225

Anno Accademico 2021/2022

Indice

ABSTRACT	1
CAPITOLO I - Presupposti teorici	2
1. Cognizione semantica	2
1.1. Rappresentazione dell'informazione semantica	3
1.2. Controllo semantico	8
2. Controllo cognitivo e funzioni esecutive	11
2.1. Flessibilità cognitiva: paradigma di task-switching	12
CAPITOLO II – Studio sperimentale.....	15
1. Obiettivi e ipotesi	15
2. Metodi.....	15
2.1. Partecipanti	15
2.2. Disegno sperimentale e materiali	16
2.3. Procedura.....	18
2.4. Analisi dei dati	19
3. Risultati.....	20
CAPITOLO III – Discussione	23
Bibliografia	26

ABSTRACT

Nella vita di tutti i giorni è spesso necessario dirigere deliberatamente il focus attentivo verso informazioni non dominanti, o effettuare rapidi spostamenti dello stesso in base alle mutevoli richieste ambientali. Tali meccanismi di controllo attentivo sono generalmente studiati tramite compiti di flessibilità cognitiva utilizzando stimoli visuospatiali, ma risultano altresì essenziali nei processi di selezione dell'informazione semantica e di recupero controllato di significati appropriati al contesto. In riferimento a tali processi è stato definito in letteratura il costrutto di controllo semantico, andando a sottolinearne il carattere dominio-specifico e l'indipendenza rispetto a processi più generali di controllo cognitivo. Tuttavia, tale indipendenza rimane ancora poco chiara, rendendo complessa la definizione dei ruoli specifici di tali meccanismi nel recupero dalla memoria semantica e nella spiegazione dei deficit che si osservano in pazienti con afasia semantica. Col presente studio si è inteso verificare la specificità di tali processi di controllo ponendoli in diretto confronto tramite il paradigma di task-switching, costruendone due versioni parallele contenenti rispettivamente stimoli semantici o visuospatiali, e somministrandole poi a 202 partecipanti sani. È stata riscontrata una correlazione significativa fra i valori di switching cost (i.e., la caduta della performance in cambi di compito rispetto a condizioni di ripetizione) nei due compiti, il che suggerisce un possibile substrato comune di controllo cognitivo per le informazioni semantiche e visuospatiali.

CAPITOLO I - Presupposti teorici

1. Cognizione semantica

Col termine memoria ci si riferisce all'insieme di funzioni cognitive che permettono di codificare, immagazzinare e recuperare un'informazione. Classicamente si distinguono tre diversi tipi di memoria sulla base della specifica capacità, durata e contenuto rappresentato: memoria sensoriale, a breve termine e a lungo termine.

All'interno del magazzino mnestico a lungo termine dichiarativo si differenziano memoria episodica e semantica. La memoria episodica riguarda le esperienze passate autobiografiche di cui si è fatta esperienza consapevole, codificate sotto forma di eventi multidimensionali connotati da precise caratteristiche spazio-temporali. Per memoria semantica s'intende invece l'insieme organizzato delle conoscenze dichiarative riguardo il mondo, proprie di un individuo.

I contenuti semantici sono privi di una caratterizzazione autobiografica spazio-temporale. Essi sono infatti concetti o significati: rappresentazioni ampie, legate a simboli linguistici condivisibili, che racchiudono sotto di sé una moltitudine di singoli eventi o entità (Binder & Desai, 2011). La vastità di tale magazzino mnestico ne evidenzia facilmente il ruolo centrale che assume in una miriade di attività quotidiane, dal mero riconoscimento percettivo di oggetti, ad attività più sofisticate ed astratte, più tipicamente umane, fra le quali il linguaggio stesso (Binder & Desai, 2011). La memoria semantica, di fatto, può essere considerata parte integrante del sistema cognitivo linguistico.

Si definisce linguaggio il sistema complesso e regolato di simboli che rende possibile la trasmissione di significati. In quest'ottica si può descrivere il significato come ciò che lega il simbolo al referente, ovvero al concetto, alla rappresentazione mentale semantica di un oggetto o evento del mondo. Clark (2006) descrive il linguaggio come "artefatto finale", ambiente mentale che si presta ad ampie strutturazioni e manipolazioni interne, atte all'utilizzo del medesimo come estensione o complemento del mondo esterno e, pertanto, in ultima analisi, come modellizzazione dell'ampia mole di dati catturata in ogni istante dai nostri organi sensoriali (Andrews et al., 2014). Il linguaggio inteso come modello del mondo esterno permetterebbe complesse simulazioni e manipolazioni della realtà, consentendo dunque un'interazione più

adattiva con la stessa.

Nella codifica e nel mantenimento in memoria delle rappresentazioni semantiche è racchiuso dunque un complesso processo di categorizzazione e astrazione di significati sul mondo. Tali rappresentazioni costituiscono i contenuti essenziali per il linguaggio e ne sono al contempo plasmati e strutturati.

1.1. Rappresentazione dell'informazione semantica

Nello studio del linguaggio, l'analisi semantica si occupa di studiare la somiglianza tra i significati, o concetti, con lo scopo di comprendere come questi siano rappresentati e organizzati nel cervello. Attraverso diversi approcci si possono costruire, come approssimazioni della memoria semantica, delle reti, aventi come nodi i vari concetti semantici. Si può poi testare sperimentalmente la bontà di tali modelli tramite misure classiche come i tempi di risposta (TR) in compiti di priming semantico.

Vi sono tre principali livelli di analisi: esperienziale, lessicale (o distribuzionale), associativo.

Il primo si basa sull'assunto che il significato di ogni concetto venga definito dall'insieme di caratteristiche attribuibili a tale concetto (approccio *features-based*). Tali caratteristiche possono essere di natura sensoriale, motoria, funzionale, enciclopedica, tassonomica. Quante più caratteristiche vengono condivise da due concetti tanto più questi saranno simili e prossimi a livello di rappresentazione semantica. Sulla base di questo modello esperienziale sono stati validati ampi database o norme semantiche (McRae et al., 2005; Montefinese et al., 2013). Questo livello di analisi sembra particolarmente adatto a spiegare la rappresentazione di concetti concreti.

Il secondo livello di analisi adotta invece un approccio di tipo linguistico, andando a costruire una rappresentazione delle distanze semantiche sulla base di co-occorrenze lessicali. Risulta soprattutto utile nella spiegazione della rappresentazione di concetti astratti.

Il terzo livello di analisi si pone a metà fra i precedenti, andando a costruire rappresentazioni semantiche sulla base delle associazioni fra concetti, chiedendo ad ampi campioni di partecipanti di recuperare, dato un concetto, altri concetti ad esso associati o selezionare fra varie alternative quella con associazione più forte.

Nello studio dei correlati anatomo-funzionali della memoria semantica, si può evidenziare una macro-opposizione fra una visione *embodied* o distribuita della memoria semantica, e un approccio distribuzionale o *disembodied*.

Teorie più recenti, supportate da un ampio set di evidenze neurobiologiche, cognitive e computazionali, hanno proposto diversi modelli che fanno propri alcuni dei punti centrali di entrambi questi approcci e li riconciliano in una visione ampia e integrata della memoria semantica.

1.1.1. Visione embodied: rappresentazione semantica distribuita

Secondo questi modelli, la rappresentazione dei concetti a livello neurale sarebbe *embodied*, incorporata, ovvero intrinsecamente fondata sulle esperienze sensori-motorie di interazione con il mondo. L'importanza dei network sensori-motori non si ridurrebbe solo alla codifica e produzione dell'informazione (linguistica), bensì quest'ultimi sarebbero direttamente coinvolti nel network di rappresentazione semantica (Binder & Desai, 2011). Essi sarebbero innanzitutto essenziali per la creazione di concetti: "a partire dal ripetersi di molteplici esperienze fra loro assimilabili con oggetti o eventi attribuibili ad una medesima categoria, andrebbero ad astrarre e costruire una rappresentazione sensoriale e motoria prototipica (concettuale) attraverso un processo di generalizzazione dei vari esemplari unici" (Binder & Desai, 2011). Secondo i modelli *embodied*, le rappresentazioni semantiche sarebbero, pertanto, distribuite fra molteplici aree della corteccia cerebrale.

Un ruolo centrale viene inoltre attribuito alle cortecce sensori-motorie nei processi di comprensione e di recupero di concetti semantici: secondo gli approcci '*full embodied*' sarebbe infatti, almeno in parte, necessaria una simulazione di stati sensoriali o motori riguardanti un determinato concetto, o, in altre parole, una riattivazione delle rappresentazioni modalità-specifiche (Binder & Desai, 2011; Andrews et al., 2014). Alcune evidenze a supporto sono, per esempio, l'interferenza fra percezione visiva del movimento e comprensione linguistica di verbi motori; oltre all'attivazione di cortecce sensoriali e motorie, primarie e secondarie, nel recupero di concetti semantici (Binder & Desai, 2011).

Alcune delle principali critiche mosse verso tale approccio sono: l'incapacità di render conto di deficit semantici generali, la difficoltà nello spiegare la rappresentazione di concetti astratti, non direttamente esperibili attraverso i sensi né manipolabili tramite

le azioni, e l'improbabilità della necessità di simulazioni sensori-motorie nella comprensione di concetti familiari o molto frequenti (la comprensione del linguaggio risulterebbe rallentata più che agevolata) (Andrews et al., 2014).

1.1.2. Modelli distribuzionali: rappresentazione semantica simbolica

I modelli distribuzionali (o *disembodied*) propongono una separazione totale fra percezione-azione e cognizione semantica: il processamento dei concetti sarebbe basato interamente su rappresentazioni amodali, puramente simboliche o linguistiche (Binder & Desai, 2011). La conoscenza dei significati viene vista come apprendimento di pattern statistici: le parole sarebbero pertanto simboli il cui comportamento statistico (frequenza d'uso, co-occorrenza, tipicità) può essere o meno associato a quello di altri simboli, ma non direttamente a stati percettivi o motori (fisici o simulati) (Andrews et al., 2014).

Partendo da tale approccio teorico, negli anni sono stati costruiti molteplici modelli computazionali di elaborazione e produzione del linguaggio, con efficacia sempre maggiore. In generale, i modelli distribuzionali si sono rivelati particolarmente utili nella descrizione dell'elaborazione e generalizzazione dei concetti astratti e della loro suddivisione in categorie, ma al contempo incapaci di render conto della relazione fra i concetti e le loro caratteristiche esperienziali. In tal senso, i concetti semantici descritti tramite tale approccio sono stati definiti come 'vuoti', privi di contenuto, e talvolta questi modelli sono stati relegati al ruolo di semplici strumenti metodologici (Andrews et al., 2014).

Recentemente, si sta sempre più sottolineando l'utilità dei modelli distribuzionali come di quelli *embodied*, approcci in apparenza ortogonali e opposti, ma che di fatto potrebbero star semplicemente raccontando parti diverse della stessa storia: non sembrerebbero dunque da scartare, bensì da riconciliare, integrandoli l'un l'altro in un quadro più ampio.

1.1.3. Integrazione gerarchica dell'informazione semantica: zone di convergenza e modello 'hub and spoke'

➤ *Zone di convergenza multimodali*

Nella rappresentazione dell'informazione semantica, le simulazioni sensori-motorie

non sembrano essere tanto fondamentali, quanto centrale l'integrazione dell'informazione proveniente da diverse modalità (sensoriali e motorie) in zone di convergenza multimodali.

Un recente studio di neuroimaging funzionale (Fernandino et al., 2016) descrive bene tale visione, supportata da ampie evidenze nell'ambito delle neuroscienze cognitive. I dati raccolti in tale ricerca dipingono come substrato neurale della rappresentazione semantica un sistema gerarchico di *pathways* sensoriali e motori convergenti, evidenziando l'importanza centrale di network cross-modali con diversi livelli di convergenza. Al livello inferiore troviamo cortecce unimodali primarie fortemente attivate da esperienze sensori-motorie, coinvolte nella codifica di caratteristiche percettive elementari e nella programmazione di comandi motori. Queste sono poi strettamente interconnesse ad aree specializzate che codificano rappresentazioni modali di più alto livello (per esempio: colore, movimento, forma, schemi motori), le quali, a loro volta, vengono poi integrate in aree bimodali, trimodali e multimodali, nelle quali si osserva una convergenza della codifica fra diverse modalità percettive e motorie. Infine, la convergenza delle informazioni codificate nelle precedenti aree permette un'integrazione fra tutte le modalità: si ottengono così delle cortecce eteromodali. Durante i processi percettivi o motori, l'informazione fluisce prevalentemente dalle cortecce di basso livello fino a tali zone di convergenza. Viceversa, durante il recupero dell'informazione semantica, il flusso di attivazione segue le medesime relazioni gerarchiche, ma con una direzione opposta (Fernandino et al, 2016).

Ci sono diverse evidenze a supporto della necessità di aree di convergenza di alto livello nella rappresentazione semantica. Una metanalisi di 120 studi di imaging funzionale circa l'elaborazione semantica generale, piuttosto che quella legata a specifiche modalità, ha identificato zone di convergenza di alto livello nelle cortecce parietale inferiore, temporale laterale e ventrale (Binder et al., 2009). Un'ulteriore evidenza a supporto si può ritrovare negli studi neuropsicologici sulla demenza semantica. I pazienti affetti da tale disturbo presentano infatti una neurodegenerazione progressiva del lobo temporale, associata a una perdita multimodale, non specifica per categoria, di concetti semantici.

La suddetta ricerca appare in linea con la prospettiva, definita 'embodied abstraction' da Binder e Desai (2011), che vede le rappresentazioni semantiche come derivanti da

molteplici livelli di astrazione, e sottolinea l'importanza al contempo di aree unimodali sensori-motorie e di aree multimodali di convergenza.

Questa prospettiva sottolinea, inoltre, come l'attivazione dei suddetti livelli di astrazione vari in funzione di diversi fattori: situazionali, quali il contesto e le richieste ambientali, e semantici, quali la frequenza, familiarità e tipicità dei concetti. I livelli di rappresentazione più elevati conterrebbero informazioni schematiche, altamente generalizzate, sottoposte ad un alto grado di astrazione. In contesti o con concetti familiari queste rappresentazioni sarebbero di fatto sufficienti di per sé e più adatte nella produzione di risposte rapide ed efficaci rispetto al coinvolgimento di aree sottostanti, modalità specifiche, e alla riattivazione di simulazioni sensori-motorie. Al contrario, i sistemi sensori-motori risulterebbero particolarmente utili in contesti nuovi o con compiti che richiedano un grado di elaborazione più profondo, oltre che per il recupero di concetti concreti, piuttosto che astratti.

➤ *Zone amodali di rappresentazione: il modello 'Hub and spokes'*

Il modello 'Hub and spokes' (Ralph et al., 2016) assume, da un lato, la prospettiva *embodied*, ponendo l'esperienza diretta, e la sua codifica distribuita nelle diverse cortecce modali (*spokes*), a nucleo fondante della rappresentazione semantica. Dall'altro lato, però, integra tale prospettiva con quella distribuzionale ponendo particolarmente l'accento sulla necessità di una singola area transmodale (*hub*) che funga da "mediatore" delle interazioni cross-modali fra le diverse tipologie di caratteristiche e informazioni. L'esistenza di un hub amodale fornirebbe una valida spiegazione dei processi di generalizzazione, astrazione e verbalizzazione dei concetti.

Secondo questo modello, tale hub sarebbe localizzato bilateralmente nei lobi temporali anteriori (ATLs). I deficit propri della demenza semantica sarebbero conseguenti alla neurodegenerazione di questa area. L'hub sarebbe fortemente interconnesso con ogni *spoke* tramite fasci di materia bianca.

La funzionalità delle diverse sottoregioni dell'hub varierebbe in maniera graduale sulla base della differente interconnettività con i diversi *spokes*. La zona ventro-laterale dell'ATL sarebbe il centro più fortemente amodale dell'hub; man mano che ci si allontana da tale area si trovano invece regioni sempre più legate a specifiche modalità (paragonabili alle suddette zone di convergenza multimodali).

Gli autori di questo modello sottolineano inoltre la necessità di un network di controllo che coadiuvi tale sistema rappresentazionale nella cognizione semantica. In questo contesto teorico, nasce il costrutto del controllo semantico.

1.2. Controllo semantico

Nella vita di tutti i giorni, l'ampia variabilità delle richieste ambientali e situazionali gioca un ruolo centrale nella cognizione semantica. In tal senso, i concetti non possono essere rappresentati in una struttura rigida e cristallizzata, ma è necessario un certo grado di flessibilità e malleabilità. Si rivela, pertanto, di fondamentale importanza la presenza di meccanismi di controllo, in grado di modulare l'attivazione del network semantico adattandola ai diversi contesti e compiti cognitivi. In particolare, il controllo risulta necessario in contesti non frequenti e in presenza di informazioni ambigue (si pensi per esempio a quanto può variare in diversi contesti il significato di una stessa parola). Esso ha inoltre un ruolo centrale nella soppressione di risposte o associazioni sovrapprese in favore di concetti o caratteristiche atipiche, scarsamente codificate, poco salienti o non dominanti (Ralph et al., 2016).

Prendiamo ora in analisi le differenze a livello di aree lesionate e di deficit comportamentali in due disturbi neuropsicologici: la demenza semantica e l'afasia semantica. Il confronto fra questi è infatti centrale nel sottolineare la distinzione fra rappresentazione e controllo semantico e nel rimarcare l'importanza di quest'ultimo.

Con demenza semantica (semantic dementia, SD) si fa riferimento a una forma di demenza frontotemporale, una sindrome neurodegenerativa con progressiva atrofia del lobo temporale anteriore dominante (sinistro per i destrimani), correlata a deficit semantici non specifici per categorie. Fluenza e grammatica sono risparmiate, ma si osserva una progressiva perdita del significato di concetti, con conseguenti problemi di comprensione e denominazione e il progredire di un'anomia sempre più grave. I deficit coinvolgono prevalentemente informazioni semantiche relative a item specifici, con perdita di caratteristiche atipiche o poco frequenti o aggiunte di caratteristiche tipiche scorrette nella descrizione di concetti. La maggior parte dei dati e fenomeni comportamentali converge nella descrizione di un danno che coinvolge direttamente le rappresentazioni semantiche, con progressiva perdita o degradazione delle stesse (Mirman & Britt, 2014).

Per afasia semantica (o semantic aphasia, SA) s'intende un disturbo di produzione

del linguaggio orale, con eziologia generalmente di natura cerebrovascolare (ictus ischemico dell'arteria celebrale media). I pazienti affetti da questa patologia mostrano prevalentemente deficit in compiti semantici (verbali e non). Le regioni cerebrali lesionate in tale disturbo sono generalmente aree prefrontali e temporo-parietali (Ralph et al., 2016). I deficit che si osservano nella SA sembrerebbero riflettere una compromissione nel controllo dell'attivazione del network rappresentazionale semantico: le rappresentazioni dei concetti sarebbero intatte, mentre l'accesso a queste risulterebbe compromesso, poco efficace, saltuario (Mirman & Britt, 2014).

Alcuni deficit comportamentali specifici che differenziano la SA dalla SD sono: l'inconsistenza della performance fra test, effetti facilitatori legati alla velocità di presentazione degli stimoli, una maggiore sensibilità -associata a un calo della performance- per il numero e la forza di stimoli distrattori in compiti di selezione, forti effetti di ambiguità della parola (calo della prestazione per concetti con significati multipli). In particolare, differenze centrali nella dissociazione dei due disturbi sono la presenza, solo in SA, di errori associativi semantici, e la forte sensibilità alla presenza o meno di *cue* nel recupero di concetti semantici (Ralph et al., 2016). Inoltre, i pazienti afasici mostrano deficit anche in compiti di controllo esecutivo classici, con una forte correlazione delle prestazioni di questi pazienti in compiti semantici verbali e in test esecutivi, che non si osserva nei pazienti con SD (Mirman & Britt, 2014).

Classicamente, le suddette differenze fra SA e SD sono state spiegate in termini di deficit di accesso contrapposti a deficit di mantenimento in memoria (storage). Se quindi, da un lato, nella SD si avrebbe una degradazione delle rappresentazioni semantiche, quindi dell'informazione stessa in memoria, nella SA tale informazione sarebbe preservata mentre i danni coinvolgerebbero la possibilità di accedervi, ovvero i processi di recupero.

Tale visione nasce nel contesto più ampio dello Human Information Processing (HIP) che, con la metafora cervello-computer, vedeva possibile una divisione netta fra contenuti mnestici e meccanismi di accesso a questi (Rogers et al, 2015). I più recenti modelli connessionisti spiegano invece il mantenimento e l'elaborazione delle informazioni nel cervello in termini di connessioni fra nodi all'interno di ampi network modificabili attraverso l'apprendimento. Tale prospettiva, oltre ad avere una maggiore plausibilità biologica, ha portato ad un rapido sviluppo delle neuroscienze computazionali, con ampi risultati in diversi ambiti di indagine. In linea con questa

prospettiva, i deficit caratteristici della SA sono stati recentemente spiegati in termini non tanto di mancato accesso, quanto di compromissione di meccanismi di controllo cognitivo sull'informazione semantica, necessari per un recupero e un uso appropriato dell'informazione semantica in funzione delle specifiche richieste ambientali.

A partire da questa idea si è teorizzato il costrutto del controllo semantico all'interno del modello teorico della Controlled Semantic Cognition (CSC). Secondo il modello CSC, la cognizione semantica necessita di network rappresentazionali e di controllo fra loro separati, ma strettamente interconnessi. Il primo sarebbe distribuito a livello della neocorteccia e suddiviso in aree modali e non, come descritto dal modello Hub and Spokes, precedentemente illustrato.

Secondo questo modello, i deficit nella SD derivano da lesioni all'hub semantico localizzato nel lobo temporale anteriore. Il network di controllo avrebbe invece un ruolo centrale nel modulare il flusso di attivazione del network rappresentazionale, in funzione del contesto o degli obiettivi del compito corrente (Rogers et al., 2015). Codificando e mantenendo attive in memoria di lavoro le rappresentazioni del compito, questo network permette di generare risposte appropriate alle richieste ambientali andando ad inibire o potenziare le interazioni fra le diverse sottocomponenti del network hub-and-spoke (Rogers et al., 2015). Secondo questo modello, la compromissione di base nella SA risiede in tale sistema di controllo, con entità dei deficit peggiore in compiti che richiedono un maggiore grado di controllo cognitivo.

Il sistema di controllo semantico sarebbe distribuito a livello di diverse aree della neocorteccia: dalla più classica corteccia prefrontale laterale (IPFC) ad aree temporoparietali, inclusi pMTG, IPS, preSMA; aree solitamente lesionate nella SA. Esso, inoltre, avrebbe un'organizzazione funzionale graduata: le regioni inferiori (quali per esempio vPFC e pMTG), in virtù della stretta interconnessione con il network rappresentazionale, avrebbero una funzione dominio-specifica di controllo semantico, mentre quelle superiori, prossime alla corteccia cingolata e ad aree premotorie, sarebbero coinvolte in meccanismi generali di controllo cognitivo (Ralph et al., 2016). Quest'ultime spiegherebbero i deficit in compiti esecutivi puri che si osservano nella SA. Un'ulteriore conferma di ciò si riscontra in pazienti con sindrome disesecutiva, un disturbo che deriva da lesioni ad aree prefrontali coinvolte nel controllo cognitivo. In un recente studio (Thompson et al., 2018), tali pazienti, nonostante fossero stati selezionati per deficit esecutivi e non semantici, hanno tuttavia mostrato pattern di

errori paralleli ai casi di SA in compiti semantici, fra i quali, per esempio, forti effetti di distrattori, *cue* e *miscue*.

Intendo, dunque, descrivere ora brevemente i processi a cui si fa riferimento quando si parla di controllo cognitivo o attentivo.

2. Controllo cognitivo e funzioni esecutive

Si possono delineare due classi opposte ma complementari di processi che competono per il controllo del comportamento: il controllo cognitivo e quello ambientale. Se da un lato il controllo ambientale (esogeno) è altamente adattivo per la velocità e prontezza di risposta, talvolta risulta impossibile (per esempio in mancanza di stimoli salienti o se non si sono ancora apprese forti associazioni stimolo-risposta) o inappropriato, rendendo così necessario un controllo 'attivo' o endogeno.

Si definisce, pertanto, controllo cognitivo o attentivo l'insieme di tutti quei processi e meccanismi cognitivi atti alla regolazione endogena del comportamento finalizzato (*goal-directed*) e alla produzione di risposte adattive in situazioni nuove, complesse o ambigue. Il controllo attentivo si presenta come un costrutto ampio, che racchiude al suo interno diverse sotto-funzioni più specifiche, denominate funzioni esecutive (FE). Fra queste, vi sono vari processi e funzioni di più basso livello: quali, per esempio, la memoria di lavoro e il suo *updating*, il mantenimento *online* di obiettivi e criteri (*task-set*), il monitoraggio di regole ed errori, e, poi, in particolare, i meccanismi di resistenza all'interferenza e di flessibilità cognitiva (*switching o shifting*).

Le FE includono inoltre processi di livello superiore, risultanti dalla co-attivazione ed interazione dei precedenti meccanismi: pianificazione, *problem solving*, ragionamento induttivo, intelligenza fluida.

Molti modelli, spesso in contrasto fra loro, cercano di spiegare in una visione integrata le diverse FE e i meccanismi di controllo cognitivo. Da un lato, vi sono teorie unitarie che mirano ad evidenziare le basi comuni alle varie FE e ipotizzano la presenza di un unico sistema di controllo cognitivo generale (multiple-demand network, MD) (Duncan, 2010). Tale sistema vedrebbe ugualmente coinvolti il network fronto-parietale (FPN) e quello cingolo-opercolare (CON), riconfermando il ruolo centrale della corteccia prefrontale laterale nel controllo (IPFC), ma evidenziando altresì l'importanza di altre aree, fra le quali la corteccia parietale posteriore (in particolare IPS), l'insula e la

corteccia cingolata anteriore (ACC). Dall'altro lato, vi sono teorie cosiddette frazionarie che sottolineano il ruolo distinto delle singole FE.

Recentemente, è stato proposto un modello misto che integri le suddette prospettive. Il controllo cognitivo dipenderebbe dunque, al contempo, da un fattore comune e da singoli processi (Miyake & Friedman, 2012). La componente comune di controllo riguarderebbe il mantenimento e l'organizzazione degli obiettivi, insieme all'utilizzo di tali informazioni nel modulare i processi di basso livello più specifici. Due processi specifici parzialmente distinguibili sarebbero invece il meccanismo di *updating* della memoria di lavoro e quello di *shifting*. Quest'ultimo concerne l'abilità di passare in maniera rapida ed elastica da un compito ad un altro, viene pertanto nominato flessibilità cognitiva.

2.1. Flessibilità cognitiva: paradigma di task-switching

Moltissimi compiti della vita di tutti i giorni, e tendenzialmente tutti quelli *goal-directed*, necessitano di una configurazione appropriata delle risorse cognitive, o di un cosiddetto 'schema' procedurale, '*script*' o '*task-set*'. Più precisamente, per *task-set* si intende un'associazione stimolo-risposta, mantenuta in memoria di lavoro. Spesso le richieste ambientali e gli obiettivi interni rendono necessari frequenti *shifts* fra diversi compiti cognitivi e, di conseguenza, la rapida riconfigurazione di un *task-set* appropriato allo specifico compito del momento.

Come detto, l'abilità di passare velocemente da un compito ad un altro viene denominata flessibilità cognitiva e rientra nelle FE. Tale abilità viene studiata a livello comportamentale attraverso il paradigma sperimentale di task-switching.

L'invenzione del paradigma di task-switching viene attribuita a Jersild. Egli valutava il costo cognitivo del cambio di compito confrontando le tempistiche di completamento di un blocco di singole prove sperimentali (trial), in cui veniva chiesto al soggetto di alternare il più velocemente possibile due compiti, con quelle di un blocco in cui veniva ripetuto sempre lo stesso compito (Monsell, 2003).

A partire dalla metà degli anni '90 del secolo scorso, in parallelo ad un crescente interesse generale per lo studio delle FE, si è visto un aumento delle ricerche riguardanti la flessibilità cognitiva. Sono state pertanto costruite diverse varianti del paradigma di task-switching. Innanzitutto, il paradigma è stato ripensato in modo tale

da permettere il confronto diretto di trial con ripetizione dello stesso compito e trial di switch all'interno del medesimo blocco sperimentale. Si è inoltre iniziato a usare misurazioni discrete dei tempi di risposta (TR) relativi a ogni singolo trial piuttosto che all'intero blocco (Monsell, 2003).

Nei recenti paradigmi di task switching, ai soggetti sperimentali si sottopongono dunque due distinte tipologie di blocchi di trial. In ognuno dei primi blocchi presentati, ai soggetti viene chiesto di svolgere un solo compito semplice per tutti i trial. Tali blocchi vengono definiti blocchi singoli e fungono da *baseline* o controllo per il successivo blocco sperimentale di switching (o blocco misto). Nel blocco misto, i singoli trial possono richiedere di svolgere il compito del primo o secondo blocco singolo. Il compito può dunque ripetersi o variare fra un trial e il successivo.

Questa struttura del paradigma permette di prevenire effetti confondenti dovuti al maggior costo cognitivo sulla memoria di lavoro determinato dal contemporaneo mantenimento in memoria della sequenza dei task, da un lato, e della doppia tipologia di compiti richiesti, dall'altro. Nello specifico, questo permette la differenziazione dei costi di switching di compito (fra singoli trial) e di mixing (rispetto ai blocchi singoli di controllo). Per costo di switching (o vantaggio di ripetizione) s'intende il fenomeno per cui si osservano TR più lunghi nei trial in cui il compito cambia ('switch trial') rispetto che in quelli in cui si ripete ('task-repetition trial'). Negli switch trial generalmente si registra anche una minore accuratezza. Tale costo cognitivo di switching potrebbe essere spiegato come un'interferenza prodotta dal mantenimento parziale nella memoria di lavoro del criterio previsto dal compito svolto nel trial precedente (Monsell, 2003). Nonostante il costo di switching sia transitorio, i TR rimangono in ogni caso maggiori nel blocco misto rispetto che nei blocchi singoli. Si osserva dunque un costo cognitivo nel mantenere contemporaneamente attivi, anche se non allo stesso livello o con la stessa priorità, due compiti in memoria di lavoro. Tale fenomeno viene definito costo di mixing.

Le attuali varianti dei paradigmi di task switching si differenziano fra loro per la prevedibilità o meno dei trial di switch. I paradigmi 'alternating-runs' prevedono che il compito cambi ogni N trial, dove N è costante e prevedibile (Monsell, 2003). Viceversa, nei paradigmi 'task-cueing' la sequenza di compiti è randomizzata in modo che il soggetto non possa prevedere quando avverrà il cambio di compito. Ad ogni trial, immediatamente prima o in contemporanea allo stimolo, compare un *cue* indicante la

regola da seguire. Quest'ultima versione del paradigma risulta particolarmente utile per la possibilità di manipolare in maniera indipendente l'intervallo temporale fra il *cue* e lo stimolo (intervallo di preparazione attiva) e l'intervallo fra risposta e *cue* (intervallo di dissipazione passiva della regola precedente in memoria di lavoro). Se si aumenta la durata dell'intervallo di preparazione attiva, il costo medio di switching diminuisce. Tale fenomeno, definito effetto di preparazione, viene spiegato facendo riferimento ai processi di riconfigurazione del *task-set* (processi TSR) in memoria di lavoro. I processi TSR possono includere diversi meccanismi di controllo, fra i quali lo spostamento dell'attenzione sulle diverse caratteristiche salienti dello stimolo, il recupero dell'obiettivo e del *task-set* propri del compito corrente, l'inibizione degli elementi caratteristici del precedente compito (Monsell, 2003).

I processi di flessibilità cognitiva sono stati generalmente studiati utilizzando stimoli visuospatiali, ma risultano altresì essenziali nei processi di controllo sull'informazione semantica.

Nell'esperimento trattato in questo elaborato di tesi si sono confrontate due versioni parallele, una esecutiva e l'altra semantica, di tale paradigma. Per entrambe le versioni, si è adottata la variante *task-cueing* del paradigma.

CAPITOLO II – Studio sperimentale

1. Obiettivi e ipotesi

Pazienti con sindrome disesecutiva presentano deficit in compiti a contenuto semantico simili a quelli osservati in pazienti con SA. La somiglianza tra questi due gruppi di pazienti supporta l'ipotesi che processi esecutivi di dominio generale interagiscano con le rappresentazioni semantiche nel regolare aspetti di controllo nella cognizione semantica (Thompson et al., 2018). Nonostante i deficit in questi processi spesso coesistano nella SA, si ritiene comunemente che il controllo semantico possa essere indipendente dal controllo attentivo dominio-generale, evidenziando il ruolo di regioni attive unicamente nel primo, come pMTG e il giro frontale inferiore (IFG) anteriore laterale (Ralph et al., 2016). Al contempo però, diverse evidenze indicano come l'elaborazione controllata dell'informazione semantica sia altresì supportata da regioni, come IPFC ed aree parietali, classicamente associate a processi dominio-generalisti di controllo esecutivo (Ralph et al., 2016). Pertanto, l'indipendenza fra questi due sistemi di controllo rimane ancora poco chiara, rendendo complessa la definizione dei loro rispettivi ruoli nel recupero dalla memoria semantica e nella spiegazione dei deficit propri della SA.

Col presente studio si è inteso verificare la specificità di tali processi di controllo ponendoli in diretto confronto tramite il paradigma di task-switching, costruendone due versioni parallele contenenti rispettivamente stimoli e compiti semantici o visuospatiali, e somministrandole poi ad un ampio campione di partecipanti sani. Nello specifico, s'intende effettuare un confronto, a livello di prestazione, fra la condizione semantica e quella esecutiva (stimoli visuospatiali) al fine di valutare se vi sia una correlazione significativa fra questi processi e fino a che punto possano essere quindi considerati indipendenti o determinati da un substrato comune.

2. Metodi

2.1. Partecipanti

Il campione sperimentale comprendeva 202 soggetti sani ($M = 23.7$ anni, $SD = 6.1$ anni, range = 18-57 anni). Di questi, 61 partecipanti erano di sesso maschile e 141

di sesso femminile. Nella fase iniziale dell'esperimento, ai partecipanti veniva chiesto di svolgere un questionario di valutazione della dominanza manuale. Il campione comprendeva 18 partecipanti mancini, 9 partecipanti ambidestri e la restante parte destrimani.

2.2. Disegno sperimentale e materiali

Lo studio prevedeva l'esecuzione di alcuni compiti brevi (da 4 a 10 minuti), di diversa difficoltà, da svolgere al computer online. Tra questi, al partecipante veniva chiesto di svolgere due versioni di task-switching, uno di tipo visuospatiale e uno di tipo semantico. Ciascuna versione comprendeva tre compiti, divisi in blocchi: due compiti singoli da usare come controllo e un compito misto per valutare l'abilità di task switching. Tali compiti erano intervallati da schermate di pausa, dove veniva indicata la percentuale di completamento dell'esperimento e veniva lasciata al partecipante l'autonomia di decidere il tempo per lui necessario prima di cominciare il compito successivo.

2.2.1. Versione esecutiva

In questa versione, ciascun compito richiedeva al partecipante di prendere una semplice decisione in base alle caratteristiche visuospatiali di uno stimolo. Gli stimoli consistevano in figure geometriche che variavano secondo due caratteristiche: la forma (quadrato o rombo) e il colore (blu o rosso).

Ogni blocco singolo era composto da una serie di trial, o singole prove sperimentali, ognuno dei quali era composto da una coppia di schermate:

- schermata di fissazione, contenente una croce di fissazione nera su sfondo azzurro, della durata di 1000 ms.
- comparsa di uno dei quattro possibili stimoli visuospatiali che rimaneva sullo schermo fino a che il partecipante non forniva una risposta, e in ogni caso per un tempo massimo di 2000 ms, oltre al quale la risposta veniva considerata mancante.

I due blocchi singoli erano del tutto simili per quanto riguardava le istruzioni, le schermate dei trial e gli stimoli utilizzati, si differenziavano invece per il criterio decisionale di risposta.

Il primo compito singolo chiedeva infatti al partecipante di valutare lo stimolo secondo la dimensione FORMA: al soggetto veniva chiesto di mantenere entrambi gli indici sui tasti C ed M della tastiera e premere rispettivamente il primo o il secondo al comparire di un quadrato piuttosto che di un rombo, indipendentemente dal colore degli stessi. Nel secondo compito singolo, il partecipante valutava lo stimolo secondo il criterio COLORE, premendo il tasto C per figure blu, M per figure rosse.

Il compito misto (task switching) comprendeva entrambi i criteri decisionali dei due compiti precedenti: al partecipante veniva dunque chiesto ad ogni trial di valutare lo stimolo secondo la dimensione FORMA o COLORE.

I trial erano costituiti dalle medesime schermate dei blocchi singoli, con l'aggiunta di una schermata contenente un *cue* verbale che indicava il criterio decisionale secondo cui fornire la risposta. Tale schermata compariva dopo la croce di fissazione, immediatamente prima dello stimolo da valutare, con una durata di 300 ms.

Fra un trial e l'altro il criterio decisionale poteva cambiare (switch trial) o mantenersi invariato (task-repetition trial). Per tale blocco sono stati utilizzati solo gli stimoli "ambigui" (rombo blu e quadrato rosso). Tali figure, infatti, richiedevano al partecipante di rispondere con tasti differenti al variare del criterio decisionale (rombo = M, blu = C, quadrato = C, rosso = M). In questo modo non era quindi possibile rispondere in maniera corretta ad uno switch trial usando la regola del trial precedente.

2.2.2. Versione semantica

Gli stimoli semantici erano costituiti da parole selezionate dalla norma semantica italiana raccolta sperimentalmente (Montefinese et al., 2013). In particolare, sono stati utilizzati i concetti appartenenti a quattro categorie della norma: animali, piante, veicoli, oggetti. Ognuna di queste categorie comprendeva 12 concetti, per un totale di 48 stimoli verbali. Gli stimoli apparivano al centro dello schermo con la seguente formattazione: font calibri a 44 punti in grassetto.

La struttura della versione semantica ricalcava quella della versione esecutiva. Le due differivano infatti solo a livello di stimoli e compiti utilizzati. Vi erano dunque due compiti singoli di controllo distinti fra loro per il criterio decisionale: al partecipante veniva chiesto di valutare i concetti secondo le caratteristiche VIVENTE (tasto C) / NON

VIVENTE (tasto M), nel primo compito, o SI MUOVE (tasto C) / NON SI MUOVE (tasto M), nel secondo compito.

Il compito misto prevedeva sempre un compito di decisione semantica, ma il criterio decisionale non valeva per l'intero blocco, veniva bensì fornito prima di ogni singolo trial e poteva dunque ripetersi o variare. Appena prima della comparsa dello stimolo semantico, appariva una schermata contenente un *cue* verbale (VIVENTE? Oppure SI MUOVE?) che indicava il criterio da seguire.

Nel blocco misto sono stati utilizzati solo gli stimoli semantici appartenenti alle categorie PIANTE e VEICOLI. Rimanendo invariato il numero totale di trial in questo blocco ogni concetto appariva due volte. Tali categorie prevedevano l'utilizzo di diversi tasti di risposta a seconda dello specifico criterio decisionale, ed erano quindi stimoli ambigui come nella versione visuospatiale.

L'esperimento è stato creato usando PsyToolkit (Stoet, 2017; Stoet, 2010; www.psychtoolkit.org)

2.3. Procedura

L'esperimento si svolgeva online e i partecipanti vi accedevano tramite un link. I partecipanti sono stati reclutati tramite la condivisione del suddetto link, sia attraverso le dirette reti sociali degli sperimentatori sia su social network quali gruppi WhatsApp e Facebook.

Prima dell'inizio del compito, il partecipante veniva indirizzato ad una pagina contenente le informazioni di contatto e un'introduzione generale all'esperimento, oltre ai requisiti tecnici (svolgere l'esperimento su un dispositivo (pc o tablet) fornito di tastiera fisica) e ai criteri di inclusione, quali la maggior età e l'essere madrelingua italiani. Successivamente, insieme al consenso informato, veniva chiesto di fornire (in modo non obbligatorio) una serie di informazioni anagrafiche (età, genere, grado di scolarità).

A questo punto il partecipante accedeva all'effettivo esperimento che veniva visualizzato a schermo intero. Innanzitutto, compariva una schermata contenente una serie di raccomandazioni circa il corretto posizionamento del dispositivo, l'adozione di una postura comoda e la necessità di un ambiente privo di distrazioni sonore o visive durante lo svolgimento del compito. A questa prima schermata seguivano le istruzioni

specifiche riguardanti il compito, associate a immagini-esempio per facilitare la comprensione. Venivano descritti gli stimoli e indicati i tasti da premere per fornire le risposte. Si raccomandava al partecipante di rispondere il più velocemente e accuratamente possibile.

Per ogni compito, era prevista una fase di addestramento esplicito supervisionato, in cui alle risposte del partecipante seguiva un feedback (risposta corretta, errata, mancante). Tale fase di training si superava solo al raggiungimento di un'accuratezza di almeno il 75%, e comunque non prima del completamento di 10 trial e per un massimo di 32 trial.

I soggetti sperimentali potevano interrompere la partecipazione allo studio in qualsiasi momento. Nell'analisi dei dati sono stati considerati solo i dati di chi ha concluso l'intero esperimento.

2.4. Analisi dei dati

La variabile misurata erano i tempi di risposta (TR). I TR non hanno una distribuzione normale, sono stati dunque trasformati in velocità di risposta (VR) con la formula $-1000/TR$. Il segno negativo è stato introdotto per rendere più chiaro il significato della misura di VR così ottenuta, facendo corrispondere ad un tempo minore una misura di VR minore. Le misure più basse di VR riflettono dunque risposte più rapide, efficienti.

Nell'analisi sono stati scartati tutti i trial dei sotto-blocchi di addestramento, tutti i trial con risposte errate (6.8% dei trial), con risposte non date (1.2% dei trial) e quelli con TR minori di 200 ms (0.1% dei trial).

L'analisi statistica è stata eseguita tramite il software Excel e il software Jamovi 1.6.15. Una prima analisi è stata fatta per indagare la presenza di un effetto di switching (repetition vs switch trial), di un effetto della tipologia di informazione manipolata (esecutivo vs semantico) e dell'interazione fra questi due effetti. Il disegno sperimentale era a misure ripetute, entro i soggetti. Si è pertanto effettuato un test di analisi della varianza (ANOVA) a due fattori within.

La seconda e principale analisi era volta a indagare la relazione fra controllo esecutivo e semantico a livello di flessibilità cognitiva. Innanzitutto, si è misurato il costo di switching dei due blocchi misti, esecutivo e semantico. Tale misura è stata ottenuta, per ogni soggetto, effettuando la differenza fra la VR media dei trial di switch e quella

dei trial di ripetizione. Si è poi analizzata la somiglianza della variazione inter-individuale fra costo di switching esecutivo e semantico, calcolando il coefficiente di correlazione fra queste due variabili. Tale correlazione è stata poi sottoposta ad un t test per campione singolo.

3. Risultati

Tramite l'ANOVA si è riscontrato un forte effetto della tipologia di trial ($F(1,201) = 724.14, p < .001, \eta^2_p = 0.78$) e un forte effetto di interazione ($F(1,201) = 405.78, p < .001, \eta^2_p = 0.67$). È risultato altresì significativo l'effetto dovuto alla tipologia di stimoli, ma con un effetto meno forte ($F(1,201) = 4.62, p = .033, \eta^2_p = 0.02$).

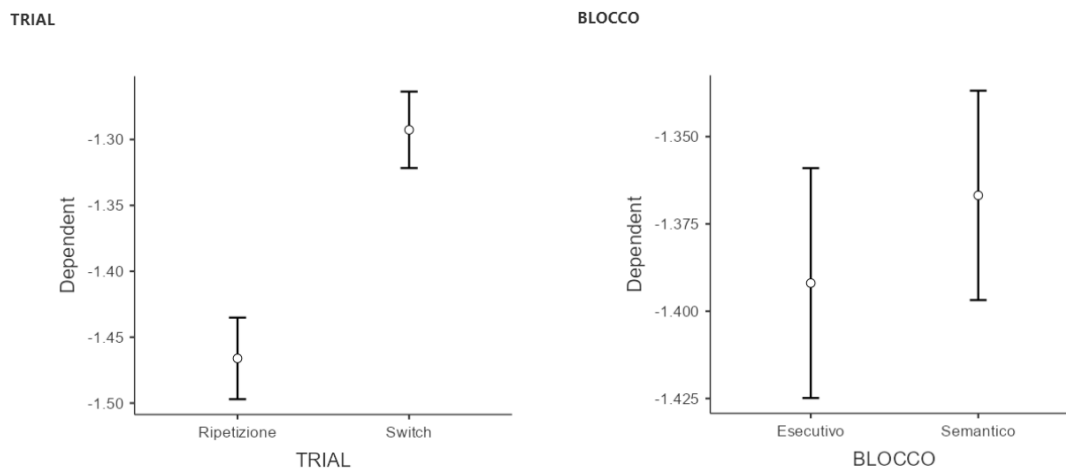


Figura 1 Nel primo grafico (TRIAL) si osserva la differenza di VR a seconda della tipologia di trial. Nel secondo grafico (BLOCCO) la differenza di VR fra i due blocchi misti sperimentali esecutivo e semantico.

TRIAL * BLOCCO

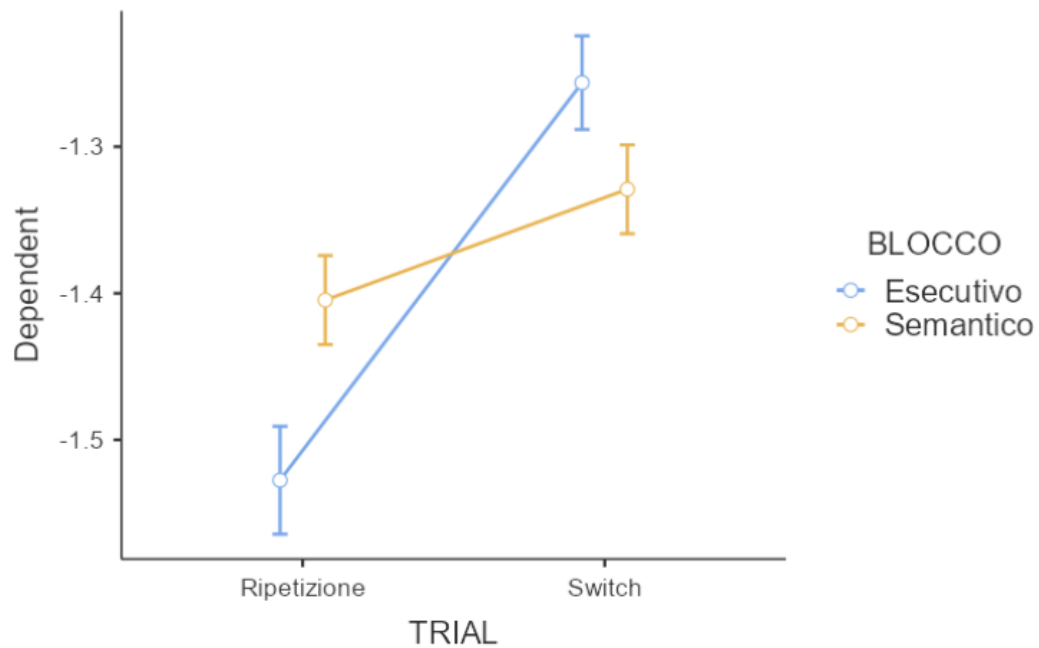


Figura 2 In questo grafico a linee si osserva l'interazione fra i due effetti sperimentali. Si nota in particolare un maggior effetto di switching sui VR nel blocco esecutivo rispetto al blocco semantico. Nei trial di ripetizione, i partecipanti mostrano tempi di risposta medi minori nel blocco esecutivo rispetto che nel blocco semantico.

La correlazione fra switching cost esecutivo e semantico è risultata significativa: $r(202) = .36$, $p < .001$ (coefficiente di correlazione di Pearson), $\rho(202) = .23$, $p < .001$ (Spearman). In figura 3 si può osservare la distribuzione dei dati attraverso un grafico scatterplot.

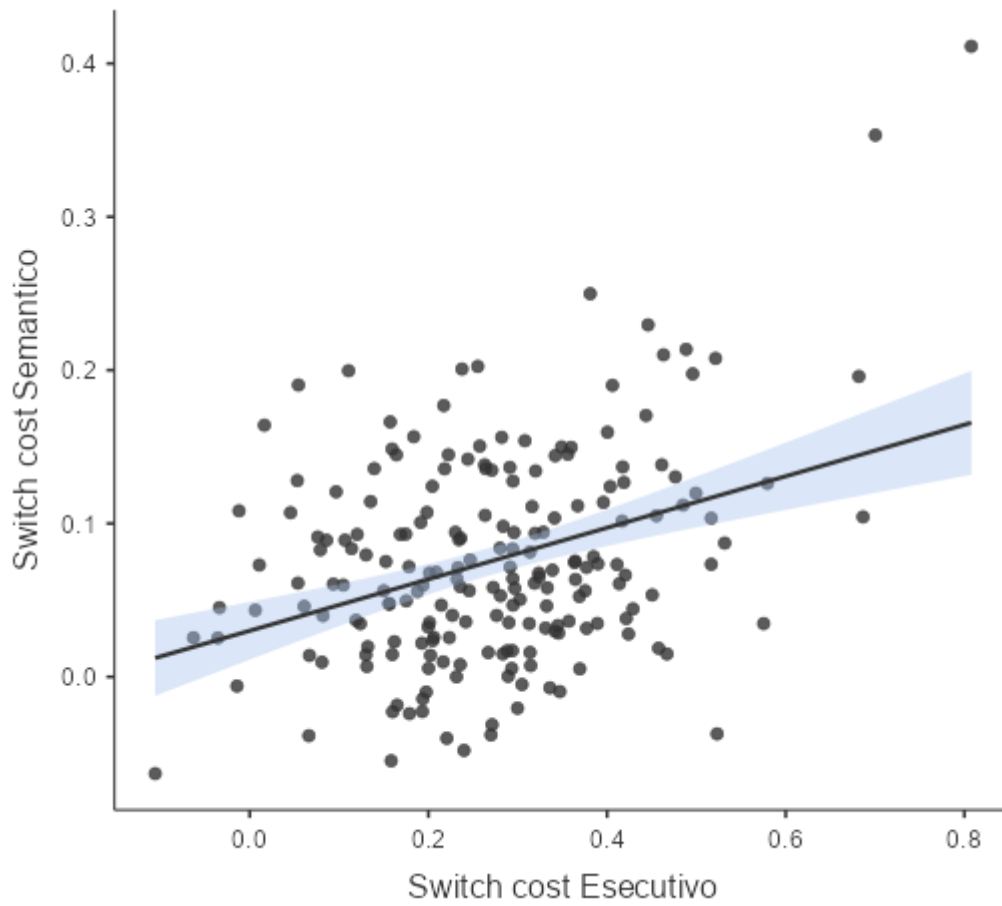


Figura 3 Grafico scatterplot con la distribuzione dei valori di switching cost nei due blocchi misti. La banda d'errore rappresenta l'errore standard.

CAPITOLO III – Discussione

Col presente elaborato di tesi si mirava ad indagare il ruolo dei processi di controllo nell'elaborazione di informazioni semantiche e, in particolare, la relazione fra questi e i processi dominio-generalizzati di controllo cognitivo e attentivo. Attraverso questo studio, si sono dunque voluti confrontare direttamente tali processi di controllo in un compito di flessibilità cognitiva, costruendo due versioni parallele del paradigma di task-switching, distinte fra loro per la tipologia di stimoli utilizzati.

In una prima analisi, si sono indagati gli effetti dovuti alle richieste di flessibilità cognitiva proprie del paradigma e quelli legati alla tipologia di stimoli (semantici o visuospatiali). I risultati di questa analisi hanno, innanzitutto, mostrato la presenza di un costo cognitivo di switching, ovvero un aumento significativo dei TR nei trial in cui erano necessari uno shifting del focus attentivo e una riconfigurazione del *task-set* per rispondere correttamente. Questo risultato è in linea con la letteratura scientifica sull'argomento (Monsell, 2003).

I risultati di questa analisi hanno inoltre mostrato un effetto della tipologia di stimolo, indagato ulteriormente nella seconda e principale analisi. Infine, si è riscontrato un effetto di interazione fra tipologia di trial (di ripetizione/di switch) e di stimoli (esecutivi/semantici). Per quanto concerne i trial di ripetizione, nel blocco semantico si osservano TR maggiori rispetto che nel blocco esecutivo. Questo risultato potrebbe essere spiegato in funzione della differente complessità di elaborazione di queste due tipologie di stimoli. Infatti, da un lato, caratteristiche visuospatiali elementari come forma e colore sono elaborate in cortecce sensoriali unimodali (aree visive, primarie e secondarie), dall'altro lato, le rappresentazioni dei concetti semantici sembrano essere distribuite a livello di molteplici aree della corteccia, coinvolgendo dunque ampi network, comprendenti anche zone di convergenza multimodali e aree coinvolte nel sistema del linguaggio. Presumibilmente il recupero di queste rappresentazioni dovrebbe pertanto richiedere un tempo maggiore.

A livello di trial di switch, i TR sono invece risultati minori nel blocco semantico rispetto che in quello esecutivo. Il costo di switching sull'informazione semantica è dunque risultato essere più contenuto. In linea con il modello CSC, tale risultato potrebbe derivare dall'azione congiunta e simultanea di un controllo esecutivo generale e di un

controllo semantico specifico. Da un lato, il sistema MD di controllo esecutivo avrebbe un ruolo primario nella rappresentazione *online* di obiettivi e *task-set* specifici per il compito corrente e nella loro applicazione top-down sulle rappresentazioni mnestiche di qualunque tipo (sensoriali, motorie o semantiche) (Ralph et al., 2016). In compiti con stimoli semantici, il modello CSC prevede, in aggiunta al suddetto controllo dominio-generale, un'attivazione (talvolta anche anticipata) di regioni specificamente implicate nel controllo semantico, quali pMTG e vPFC. Queste contribuirebbero al controllo modulando, in funzione degli obiettivi correnti, la propagazione dell'attivazione all'interno del network rappresentazionale, quindi la salienza relativa di diversi concetti e caratteristiche semantiche, e la loro disponibilità per il recupero (Ralph et al., 2016).

Lo stesso risultato però potrebbe anche essere spiegato semplicemente come conseguente a una riformulazione, da parte del partecipante, del criterio decisionale nel blocco semantico. Considerati i criteri decisionali propri di questo blocco ('VIVENTE?' e 'SI MUOVE?'), i partecipanti potevano implicitamente associare ai tasti 'C' e 'M' delle risposte generiche di conferma o negazione. Nel blocco esecutivo, invece, i tasti rimanevano inevitabilmente associati a due diverse tipologie di una stessa caratteristica (per esempio, 'BLU' o 'ROSSO' per il criterio 'COLORE'). Non si può dunque escludere una facilitazione relativa dovuta non tanto al controllo, quanto ad una rielaborazione e semplificazione del criterio stesso di risposta. Ulteriori studi potrebbero essere utili per indagare i risultati ottenuti.

Nonostante queste specifiche differenze nei TR, nella seconda analisi si è riscontrata una relazione significativa fra processi di controllo esecutivi e semantici. I costi di switching per informazioni esecutive o semantiche correlano positivamente. In altre parole, se un partecipante presenta un alto costo di switching esecutivo rispetto alla media, presenterà anche un costo maggiore a livello semantico. Questo risultato mette in dubbio l'indipendenza fra i processi di controllo semantico ed esecutivo. Tali processi potrebbero essere il risultato dell'attivazione di aree cerebrali distinte, ma funzionalmente parte di un unico sistema.

In letteratura, alcuni studi recenti di analisi dei network corticali -tramite tecniche di neuroimaging strutturale (Diffusion Tensor Imaging- DTI) e funzionale (resting state fMRI)- supportano questa interpretazione. In particolare, si sono trovate forti connessioni dell'area pMTG con aree prefrontali laterali (IPFC) (Jung et al., 2017).

In alternativa, i processi di controllo cognitivo dominio-generale potrebbero fungere da substrato comune, supportando entrambi questi tipi di controllo. Per approfondire questa interpretazione e il ruolo del controllo esecutivo nella cognizione semantica, sarebbero necessari analisi e studi ulteriori. Per esempio, utilizzando anche altri compiti e un approccio di analisi che permetta di estrarre le variabili latenti che spiegano le misure di prestazione, potrebbe essere possibile indagare in che proporzione la prestazione dei partecipanti nel blocco semantico sia spiegabile da processi specifici di controllo piuttosto che da processi dominio-general.

Bibliografia

- Andrews, M., Frank, S., & Vigliocco, G. (2014). Reconciling embodied and distributional accounts of meaning in language. *Topics in cognitive science*, 6(3), 359–370. <https://doi.org/10.1111/tops.12096>
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in cognitive sciences*, 15(11), 527–536. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.10.001>
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 19(12), 2767–2796. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp055>
- Duncan J. (2010). The multiple-demand (MD) system of the primate brain: mental programs for intelligent behaviour. *Trends in cognitive sciences*, 14(4), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.004>
- Fernandino, L., Binder, J. R., Desai, R. H., Pendl, S. L., Humphries, C. J., Gross, W. L., Conant, L. L., & Seidenberg, M. S. (2016). Concept Representation Reflects Multimodal Abstraction: A Framework for Embodied Semantics. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 26(5), 2018–2034. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv020>
- Jung, J., Cloutman, L. L., Binney, R. J., & Lambon Ralph, M. A. (2017). The structural connectivity of higher order association cortices reflects human functional brain networks. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 97, 221–239. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.08.011>
- McRae, K., Cree, G. S., Seidenberg, M. S., & McNorgan, C. (2005). Semantic feature production norms for a large set of living and nonliving things. *Behavior research methods*, 37(4), 547–559. <https://doi.org/10.3758/bf03192726>

- Mirman, D., & Britt, A. E. (2014). What we talk about when we talk about access deficits. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 369(1634):20120388. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0388>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1),8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 134-140. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(03)00028-7)
- Montefinese, M., Ambrosini, E., Fairfield, B., & Mammarella, N. (2013). Semantic memory: a feature-based analysis and new norms for Italian. *Behavior research methods*, 45(2), 440–461. <https://doi.org/10.3758/s13428-012-0263-4>
- Ralph, M. A., Jefferies, E., Patterson, K., & Rogers, T. T. (2016). The neural and computational bases of semantic cognition. *Nature reviews. Neuroscience*, 18(1), 42–55. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.150>
- Rogers, T. T., Patterson, K., Jefferies, E., & Ralph, M. A. (2015). Disorders of representation and control in semantic cognition: Effects of familiarity, typicality, and specificity. *Neuropsychologia*, 76, 220-239. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.015>
- Thompson, H.E., Almaghyuli, A., Noonan, K.A., barak, O., Lambon Ralph, M.A. and Jefferies, E. (2018), The contribution of executive control to semantic cognition: Convergent evidence from semantic aphasia and executive dysfunction. *J Neuropsychol*, 12: 312-340. <https://doi.org/10.1111/jnp.12142>