

## Dipartimento di PSICOLOGIA

Dottorato di Ricerca in **PSICOLOGIA, LINGUISTICA E NEUROSCIENZE COGNITIVE**  
Curriculum in **PSICOLOGIA SOCIALE, COGNITIVA E CLINICA**

Ciclo **XXXII**

# L'ESPLORAZIONE DEI PROCESSI MENTALI IMPLICATI NELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI INSIGHT ATTRAVERSO LO STUDIO DEL CONTROVERSO RUOLO DELLA WORKING MEMORY

Cognome **CUCCHIARINI** Nome **VERONICA**

Matricola 704332

Relatore: Chiar.ma Prof.ssa Laura MACCHI

Coordinatore: Chiar.mo Prof. Marco PERUGINI

**ANNO ACCADEMICO 2018/2019**

## INDICE

Riassunto .....	1
Abstract .....	2
INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 1. L' INSIGHT PROBLEM SOLVING: PROSPETTIVE TEORICHE .....	6
1.1. Problemi e problemi .....	6
1.2. I processi cognitivi dell'insight .....	10
1.2.1. La prospettiva "special process" .....	14
1.2.2. La prospettiva "business-as-usual" .....	16
1.2.3. La prospettiva dell' "unconscious analytic thought" .....	17
CAPITOLO 2. L'APPROCCIO PSICORETORICO E LA FUNZIONE INTERPRETATIVA .....	26
CAPITOLO 3. IL RUOLO DELLA WORKING MEMORY NELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI ....	31
3.1. La memoria di lavoro .....	31
3.2. La Working Memory Capacity .....	36
3.3. Le differenze individuali nella WMC e l'insight problem solving .....	37
3.4. L' esperimento .....	40
3.4.1. Metodo .....	42
3.4.2. Analisi dei risultati .....	45
3.5. Discussione .....	47
CAPITOLO 4. IL RUOLO DELLE COMPONENTI VERBALI E VISUO-SPAZIALI DELLA WORKING MEMORY NELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI .....	50
4.1. Working Memory verbale e Working Memory spaziale .....	50
4.2. Quando una più alta WMC verbale ostacola l'insight .....	52
4.3. Il Matchstick Arithmetic Task .....	55
4.4. Esperimento 1 .....	57
4.4.1. Metodo .....	59
4.4.2. Analisi dei risultati .....	61
4.5. Esperimento 2 .....	65
4.5.1. Metodo .....	68
4.5.2. Analisi dei risultati .....	70
4.6. Discussione .....	74
CAPITOLO 5. STRATEGIE DI SOLUZIONE E DIFFERENZE INDIVIDUALI NELLA MEMORIA DI LAVORO .....	77
5.1. L'esperimento .....	80
5.1.1. Metodo .....	84
5.1.2. Analisi dei risultati .....	86
5.2. Discussione .....	91
CONCLUSIONI .....	94
Bibliografia .....	101
Appendice A .....	131
Appendice B .....	132

## RIASSUNTO

*L'insight problem solving* è una delle attività cognitive più affascinanti, alla base della scoperta scientifica, della creatività e dell'innovazione. Nonostante la grande attenzione che ha ricevuto il concetto di insight nel corso del tempo e l'ampio corpus di ricerche accumulate, i processi implicati nella soluzione dei problemi di tipo insight rimangono in parte "misteriosi". Questo lavoro cercherà di far emergere gli aspetti interessanti e i punti critici delle principali prospettive teoriche che si occupano di studiare questi processi, attraverso tre studi. Il filo conduttore che unisce gli studi è l'esplorazione del ruolo della memoria di lavoro *nell'insight problem solving* come strumento per far luce sulla natura conscia o inconscia dei processi implicati nella soluzione di questo tipo di processi. Il primo studio riguarda la relazione tra le funzioni dominio-generalì della memoria di lavoro, intese come controllo esecutivo, e la soluzione dei problemi insight in una condizione a tempo limitato e in seguito a un periodo di incubazione indotto. Il secondo studio indaga la possibilità di considerare ruoli separati per le componenti dominio-specifiche verbali vs. spaziali della memoria di lavoro *nell'insight problem solving*, che si ipotizza potrebbero influenzare in maniera opposta il processo di soluzione. Il terzo studio infine, approfondisce la relazione tra strategie di soluzione, cambi di rappresentazione e differenze individuali nella Working Memory Capacity. Gli esperimenti hanno mostrato che i processi di soluzione dei problemi insight differiscono da quelli dei problemi non insight, non solo per la loro natura inconscia, ma anche per alcuni fattori che caratterizzano più in generale *l'insight problem solving*, come ad esempio le caratteristiche del problema, le conoscenze implicite dei soggetti e una più globale interpretazione della situazione sperimentale.

## ABSTRACT

*Insight problem solving* is one of the most fascinating cognitive activities, underlying scientific discovery, creativity and innovation. Despite the great attention that the concept of insight has received and the large body of research, the processes involved in the solution of this type of problem remain in part “mysterious”. This work, consisting of three studies, will seek to highlight the interesting aspects and the critical points of the main theoretical perspectives concerning the study of these processes. The common thread that unites the studies is the exploration of the role of working memory in *insight problem solving* as a tool to shed light on the conscious or unconscious nature of the processes involved in the solution of this type of problem. The first study concerns the relationship between the general-domain functions of working memory, understood as executive control, and the solution of insight problems in a limited time condition and after an induced incubation period. The second study explores the possibility of considering separate roles for verbal vs spatial specific-domain components of working memory in *insight problem solving*, which are assumed to affect the solution process in opposite ways. Finally, the third study explores the relationship between solution strategies, representation changes and individual differences in Working Memory Capacity. Experiments show that the processes underlying the solution of insight problems differ from those of non-insight problems, not only for their unconscious nature, but also for some factors that characterize more generally the insight problem solving, such as the characteristics of the problem, the implicit knowledge of the subjects and a more global interpretation of the experimental situation.

## INTRODUZIONE

*“Un problema nasce quando un essere vivente, motivato a raggiungere una meta, non può farlo in forma automatica o meccanica, cioè mediante un’attività istintiva o attraverso un comportamento appreso. L’esistenza di una motivazione e la presenza, nella situazione problematica, di un impedimento che non permette l’azione diretta creano uno stato di squilibrio e di tensione nel campo cognitivo di un individuo spingendolo ad agire per ricostruire l’equilibrio” (G. Kanisza, 1973, p.35)*

La maggior parte degli scritti sull'*insight problem solving* inizia con il racconto di Archimede di Siracusa che fa il bagno e finisce con lo studioso che corre nudo per la strada gridando “Εὐρηκα!”. Questo lavoro non può esimersi dal fare lo stesso, poiché l’aneddoto esplicita senza difficoltà e senza le ingiurie dei 2200 anni che ci separano da Archimede, l’aspetto intrigante dei processi mentali legati all’*insight*.

Lo scienziato aveva il compito di determinare se una corona, commissionata da Gerone II a un orefice, fosse effettivamente costituita di oro, oppure se l’orefice avesse ingannato il sovrano, mettendo al posto dell’oro un peso equivalente di un altro metallo meno prezioso. La difficoltà più grande del problema risiedeva nella forma irregolare della corona e nell’impossibilità di distruggerla per esaminarla. Archimede risolse il problema immergendo in acqua prima la corona e poi la stessa quantità di oro: se l’acqua si fosse alzata in egual modo, allora il sovrano (e anche l’orefice) avrebbe potuto dormire sonni tranquilli. Lo studioso aveva capito che due materiali diversi potevano avere lo stesso peso ma non lo stesso volume, e che se immersi in acqua essi ricevevano una spinta che dipendeva dal volume (e non dal peso). Archimede raggiunse la soluzione a seguito di un cambiamento nella comprensione di una relazione essenziale tra gli elementi del problema, cioè il peso e il volume. Questa soluzione si presentò alla coscienza in maniera subitanea, esplodendo nell’esclamazione che tutti conoscono.

Tuttora l'espressione *Eureka!* viene usata spesso per indicare e celebrare una scoperta appena avvenuta o un'invenzione.

*L'insight problem solving* è una delle attività cognitive umane più affascinanti. A causa della sua esperienza distintiva, l'insight ha ricevuto una notevole attenzione da parte della ricerca psicologica. Tuttavia, nonostante i notevoli passi avanti effettuati, i processi mentali che lo determinano rimangono in parte inspiegati.

Lo scopo generale di questa tesi è approfondire la conoscenza sulla natura dei processi responsabili *dell'insight problem solving*, attraverso quattro esperimenti che esplorano la complessa relazione tra la memoria di lavoro e la soluzione dei problemi. In letteratura il concetto memoria di lavoro è utilizzato per individuare la natura conscia o inconscia dei processi di soluzione responsabili della soluzione dei problemi incrementali e insight, poiché si basa su una visione dominio-generale assimilabile alla funzione dell'esecutivo centrale di controllo dell'attenzione (Baddeley, 2003).

Nel primo capitolo sarà introdotta la differenza tra problemi insight e problemi non-insight secondo le visioni contrapposte della Teoria della Gestalt (Dunker, 1945; Koffka, 1935; Köhler, 1925; Wertheimer, 1945) e della Teoria dell'elaborazione delle informazioni di Simon e Newell (Simon & Newell, 1971; Newell & Simon, 1972). Saranno descritte le più recenti ipotesi sulla natura dei processi cognitivi responsabili dell'insight, discendenti dalle due tradizioni teoriche, individuandone gli eventuali aspetti critici. Le prospettive teoriche a cui si farà riferimento sono la *special process view* (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Ohlsson, 2011; Schooler, Ohlsson & Brooks, 1993; Wiley & Jarosz, 2012), la *business-as-usual view* (ad es.: MacGregor, Ormerod, and Chronicle, 2001; Chronicle, MacGregor & Ormerod, 2004) e *l'unconscious analytic thought* (Bagassi & Macchi, 2016; Macchi & Bagassi, 2012, 2015, 2018).

Nel secondo capitolo sarà brevemente presentato l'approccio psicoretorico allo studio del pensiero (Mosconi, 1978; 1981; 1990; Mosconi e D'Urso, 1973; 1991), posto alla base della mia attività di ricerca.

Nel terzo capitolo verrà definito il costrutto di memoria di lavoro e la sua relazione con i processi coscienti e il controllo attentivo. Sarà studiato il ruolo delle differenze individuali nella Working Memory Capacity nell' *insight problem solving*, per individuare

la natura conscia o inconscia del processo di soluzione di questo tipo di problemi, che è ciò che distingue gli approcci teorici esposti. Lo studio della relazione tra la memoria di lavoro e *l'insight problem solving* è infatti legato al confronto tra modelli in cui i processi di soluzione sono principalmente consci o inconsci.

Nel quarto capitolo, ci si concentrerà sulle funzioni specifiche delle componenti verbali e visuo-spaziali della memoria di lavoro e ci chiederemo se sia ragionevole immaginare funzioni separate per la WM verbale e la WM visuo-spaziale in determinate fasi del processo di soluzione dei problemi insight. Alla luce delle rispettive funzioni, infatti, una più alta WMC verbale potrebbe ostacolare l'insight perché responsabile di una rappresentazione del problema più definita e stabile, mentre una più alta WMC visuo-spaziale potrebbe influire positivamente poiché, permettendo una migliore manipolazione delle immagini mentali, potrebbe favorire l'esplorazione dell'iniziale spazio del problema attraverso una più agile capacità di manipolare e trasformare i simboli, esaurendo più velocemente tutte le possibili mosse disponibili in quello spazio del problema, promuovendo il raggiungimento dell'impasse.

Nel quinto capitolo, infine, esploreremo le preferenze nei riguardi di diverse strategie di soluzione e la propensione alla fissità della rappresentazione del problema, sulla base delle differenze individuali nella WMC. I soggetti con una più alta WMC potrebbero essere ostacolati nel cambio di strategia, perché fanno maggiore affidamento sui processi basati su regole. Persistere nell'utilizzo di una strategia all'interno della rappresentazione iniziale del problema non conduce a progressi nel processo di soluzione del problema insight, poiché essa non è in linea con la soluzione. La difficoltà dei problemi insight, al contrario dei problemi incrementali, risiede infatti nell'esistenza di rappresentazioni o interpretazioni iniziali incompatibili con la soluzione. La rappresentazione necessita essere ristrutturata al fine di far emergere nuove relazioni rilevanti tra gli elementi del problema e quindi trovare la soluzione.

## CAPITOLO 1. L' INSIGHT PROBLEM SOLVING: PROSPETTIVE TEORICHE

### 1.1. Problemi e problemi

Un problema si può definire in maniera generale come quella situazione in cui esiste una differenza tra lo stato attuale e uno stato che si vuole raggiungere. La soluzione di un problema è perciò quel processo tramite il quale il solutore sviluppa un piano, nel tentativo di passare dallo stato attuale a quello desiderato (Newell & Simon, 1972). Il piano di soluzione è una sequenza di operazioni cognitive dirette allo scopo (Anderson, 1993) e si sviluppa all'interno di un *task environment* (ovvero la descrizione del problema), che impone una serie di vincoli che devono essere soddisfatti per raggiungere lo scopo (Newell & Simon, 1972). Mentre il *task environment* corrisponde alla descrizione del problema da parte di un onnisciente osservatore (Simon e Newell, 1971), la rappresentazione del problema appartiene al soggetto e attraverso di essa egli

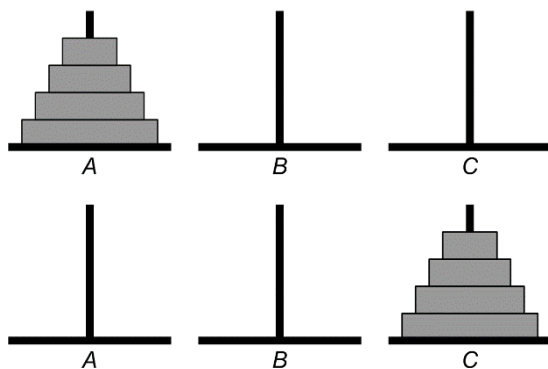


Figura 1.1. Problema della Torre di Hanoi: sopra lo stato iniziale e sotto lo stato da raggiungere.

può costruirsi uno spazio del problema entro il quale poter lavorare. Si pensi, ad esempio, al Problema della Torre di Hanoi (in figura 1.1), inventato nel 1883 dal matematico francese Édouard Lucas. Il problema è composto da tre paletti e almeno tre dischi di grandezza decrescente. Aumentando il numero dei dischi utilizzati viene aumentata la difficoltà del problema. Lo stato iniziale prevede che tutti i dischi siano incolonnati su un paletto, con alla base il più grande e poi sopra, in ordine decrescente, gli altri. La soluzione del problema richiede di portare tutti i dischi su un altro paletto, spostando un solo disco alla volta e potendo mettere un disco più piccolo sopra uno più grande, e mai il contrario.

Come mostrato in figura, in questo problema sono ben chiari lo stato iniziale e lo stato da raggiungere. Sono inoltre ben definiti, sia nelle istruzioni che nella disposizione degli oggetti in gioco, i vincoli entro i quali si può operare. La soluzione si può raggiungere attraverso un processo step-by-step, accompagnato da una graduale



semplificazione del problema e avvicinamento della soluzione (Simon, 1978; Sternberg, 1982). In figura 1.2 sono rappresentate tutte le mosse che il solutore dovrebbe compiere per risolvere il problema nella sua versione più semplice, ovvero quella in cui vengono utilizzati solo tre dischetti. Nonostante il grado molto basso di difficoltà, sette sono gli spostamenti necessari per raggiungere lo stato finale.

Questo tipo di problemi sono conosciuti come problemi non-insight, incrementali o analitici. In questo lavoro, utilizzeremo tutte le denominazioni indicate per riferirci ad

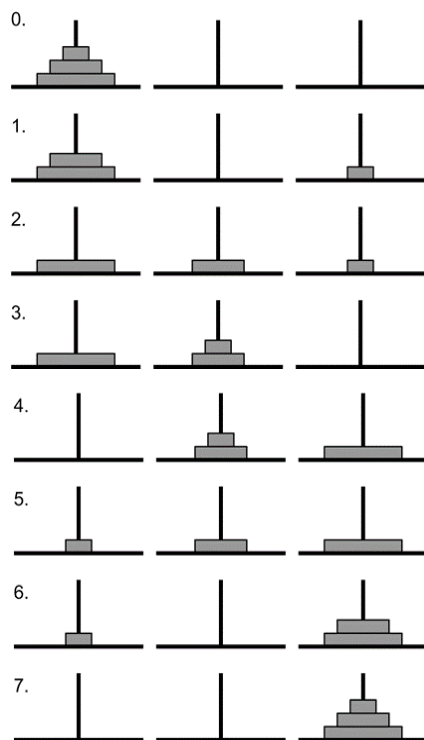


Figura 1.2. Problema della Torre di Hanoi: soluzione della versione più semplice.

essi, tranne quella di problemi analitici. I processi di pensiero che vengono impiegati nella soluzione di questi problemi sono di tipo analitico, ma come verrà meglio spiegato nel capitolo seguente, questa caratteristica potrebbe non essere sufficiente per distinguerli da altre tipologie di problemi e processi di soluzione.

Alcuni tipi di problemi, per lo più di tipo matematico o correlati alla matematica, possono essere anche classificati come problemi procedurali (Greeno, 1978). Essi consistono, come quelli precedenti, in uno stato iniziale, uno stato da raggiungere e alcuni operatori da utilizzare per arrivare alla soluzione. Questi problemi possono essere risolti attraverso l'utilizzo di tecniche, come

l'analisi mezzi-fini, con le quali si tenta di diminuire progressivamente la differenza tra lo stato iniziale e lo stato finale. Anche se i problemi procedurali possono essere risolti da tutti nello stesso modo, Larkin, McDermott, Simon & Simon (1980), trovarono che solutori esperti e solutori principianti possono differire nelle strategie utilizzate. In particolare, gli esperti saltano delle fasi poiché tendono a lavorare solo in avanti (eliminando i processi all'indietro che dall'obiettivo portano alla creazione dei sub-goal). Essi sono in grado di riconoscere ogni stato problematico a partire dal precedente e, grazie all'esperienza pregressa, sanno che mosse utilizzare.

Esiste una particolare classe di problemi che non può essere risolta attraverso processi step-by-step: questo è il caso dei problemi insight. Il termine insight è stato introdotto da Köhler (1925) e significa letteralmente “*vedere dentro*”. Egli lo utilizzava per indicare un particolare comportamento solutorio dei suoi scimpanzé, al fine di distinguerlo da altri comportamenti per tentativi ed errori o casuali. Esso indica il momento in cui appare una nuova organizzazione del problema, efficace per il raggiungimento della soluzione al contrario di quella iniziale, rendendo il soggetto capace di vedere la situazione data in una prospettiva nuova e “più penetrante” (Wertheimer, 1945; 1959, p.169) e di superare l'impasse.

In generale, i problemi insight si possono definire come quelle situazioni problematiche la cui soluzione comporta una ristrutturazione intelligente dei dati e della situazione di partenza, in vista dell'obiettivo (Wertheimer, 1945). Queste trasformazioni strutturali possono essere più o meno profonde, e spingono verso un miglioramento della struttura, alla scoperta di nuovi rapporti tra gli elementi.

La maggior parte dei problemi di tipo insight, a prima vista, potrebbe sembrare più semplice rispetto ai problemi incrementali, perché ha meno dati da elaborare e una quantità minore di operazioni da eseguire. Questa semplicità è però ingannevole (Metcalfe, 1986): a volte il solutore è bloccato fin da subito dinanzi a un problema impossibile da risolvere, altre volte è tentato di dare la prima risposta che gli viene in mente, solitamente errata, e da quel momento si trova di fronte a un vicolo cieco (vedi Bagassi & Macchi, 2016; Macchi & Bagassi, 2015).

La loro soluzione, quando avviene, sembra accompagnata da una sensazione di sorpresa. Non a caso, proprio in questo contesto, lavori recenti propongono un nuovo paradigma di ricerca dell'*Aha! experience* utilizzando i trucchi magici (ad es.: Danek, Williams, & Wiley, 2018; Danek, Fraps, von Müller, Grothe, & Öllinger, 2014).

La particolarità dei problemi insight è che contengono uno o più punti critici, sensibili a rappresentazioni (Wertheimer, 1985) o interpretazioni (Mosconi 1990, 2016) incompatibili con la soluzione, portando così ad un blocco del processo di soluzione chiamato *impasse*. La rappresentazione iniziale del problema deve essere ristrutturata per consentire nuove direzioni di ricerca. La nuova interpretazione consente di comprendere le relazioni rilevanti tra i dati del problema e consente di trovare la soluzione.

Un classico esempio di problema insight è il “Problema dei nove punti” (Fig. 1.3) di Maier (1930): “Coprire questi nove punti con quattro segmenti di retta senza staccare la penna dal foglio”.

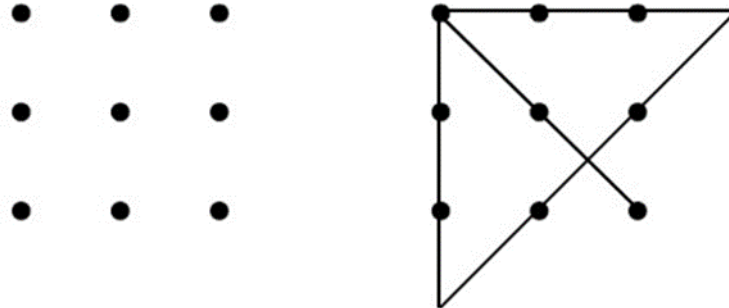


Figura 1.3. Il Problema dei nove punti (Maier, 1930), con la sua soluzione.

Per risolvere il problema è necessario pensare al di fuori degli schemi, o meglio, letteralmente *“thinking outside the square<sup>1</sup>”*. La rappresentazione di default di questo problema è composta da un quadrato virtuale, all’esterno del quale i soggetti pensano di non poter andare. Come si può vedere in figura 1.3, il quadrato non esiste ma è indotto dalla disposizione spaziale dei nove punti. Essendo ordinati come in una griglia 3 x 3, secondo la prospettiva della Gestalt, si viene a creare l’illusione dell’esistenza della forma geometrica. Questo è il vincolo che rende il problema impossibile da risolvere, a meno che non si metta in discussione proprio questa rappresentazione. Perciò, risolvere il problema corrisponde a superare la fissazione sull’organizzazione globale dello stimolo e sull’interpretazione generalizzata del testo del problema.

Un filo teorico comune nella letteratura dell’*insight problem solving*, è che la soluzione richiede la rimozione di uno o più vincoli non necessari imposti dal soggetto stesso (Davidson, 1995; Gick & Lohhart, 1995; Ohlsson, 1992). Knoblich, Ohlsson, Haider & Rhenius (1999) hanno proposto due particolari tipi di re-codifica della rappresentazione del problema: il rilassamento dei vincoli (*constraint relaxation*, CR) e la decomposizione dei blocchi (*chunk decomposition*, CD). Un esempio di questi tipi di re-codifica si può trovare nel *Matchstick Arithmetic Task* (Knoblich et al.,1999), una serie di problemi aritmetici formati da numeri romani, frequentemente utilizzati nella ricerca sul problem solving. Si rimanda per un approfondimento al capitolo 4.

---

<sup>1</sup> Una variazione, comunemente utilizzata in Australia, del modo di dire inglese *“thinking outside the box”*.

Il passaggio dalla rappresentazione iniziale del problema alla rappresentazione che permette finalmente la soluzione del problema, è definito “ristrutturazione”. La ristrutturazione non è necessaria nel caso dei problemi incrementali, poiché l’obiettivo può essere raggiunto con mezzi strategici a partire dalla rappresentazione iniziale del problema. La rappresentazione in questo caso può rimanere stabile per tutta la durata del processo di soluzione, senza che il raggiungimento dell’obiettivo venga ostacolato.

Il concetto di ristrutturazione è stato formulato dai Gestaltisti per indicare una riorganizzazione nella quale un elemento dato o vissuto con una certa funzione, assume una funzione nuova. Gli psicologi della Gestalt (Dunker, 1945; Koffka, 1935; Köhler, 1925; Wertheimer, 1945), si riferivano infatti al “pensiero produttivo” (più che al termine insight), come a quel processo di soluzione intelligente che crea e che “produce” il nuovo, in contrapposizione al “pensiero re-produttivo” che trova soluzioni sulla base di idee o comportamenti già sperimentati. L’introduzione dello studio dell’insight nella psicologia moderna è generalmente accreditata a loro, in particolare per il lavoro di Kohler (1925) sui problemi di “aggiramento” con gli scimpanzé, per quello di Wertheimer (1959) sul ruolo della ristrutturazione sul pensiero umano e per quello di Dunker (1945) sulla fissità funzionale.

## **1.2. I processi cognitivi dell’insight**

Sulla base di questa tradizione teorica, si è venuto a creare un filone di ricerca che potrebbe essere identificato come “*special process view*” (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Ohlsson, 2011; Schooler, Ohlsson & Brooks, 1993; Wiley & Jarosz, 2012), secondo il quale i problemi incrementali e i problemi insight vengono risolti attraverso processi di pensiero differenti. Nello specifico, la soluzione dei problemi insight dovrebbe avvenire a seguito di una ristrutturazione del problema per via associativa, attraverso processi di pensiero di tipo inconscio e automatico.

Sebbene i Gestaltisti si occupassero di studiare la fenomenologia dell’insight e non i processi cognitivi ad esso associati, appare evidente una sostanziale differenza tra la loro prospettiva e la prospettiva *special process*. Come precedentemente affermato, infatti, secondo i gestaltisti gli individui sono in grado di risolvere i problemi insight attraverso una ristrutturazione intelligente e in funzione del problema (Wertheimer, 1945). Ci

sembra perciò che i processi di soluzione di tipo associativo, automatico e casuale, che secondo i sostenitori della special process avvengono durante la ristrutturazione, siano distanti dalla concezione originaria di pensiero produttivo.

In contrapposizione alla *special process*, a partire dalla Teoria dell'elaborazione delle informazioni di Simon e Newell (Simon & Newell, 1971; Newell & Simon, 1972), si è costruita una prospettiva identificata come "*business-as-usual view*" (ad es.: MacGregor, Ormerod, and Chronicle, 2001; Chronicle, Ormerod, & MacGregor, 2004), secondo la quale la ristrutturazione è un processo graduale di ricerca, in cui la soluzione viene elaborata in modo seriale attraverso il pensiero consapevole e riflessivo.

Alcuni contributi hanno cercato di creare una teoria integrata a partire dai due approcci appena descritti, correndo il rischio, a nostro avviso, di appiattare lo slancio di creatività e di novità associato da sempre all'intuizione, senza però apportare particolari vantaggi. Più specificatamente, è stato proposto che potrebbe non esserci una netta distinzione tra intuizione e analisi come modalità di risoluzione dei problemi (Fleck e Weisberg, 2004, 2013; vedi anche Jones, 2003). Fleck e Weisberg (ibidem) hanno proposto un modello a quattro stadi, nel quale hanno tentato di unire il funzionamento del pensiero analitico (sviluppato a partire da Newell e Simon, 1972) alla teoria della redistribuzione di Ohlsson (2011), che spiega come venga raggiunta la soluzione tramite l'intuizione.

Con la teoria della redistribuzione, Ohlsson (ibidem) ha invece cercato di integrare la ristrutturazione, come intesa dai Gestaltisti, all'interno del quadro dell'Information Processing Theory. Essa è stata aspramente criticata da Mosconi (1997, p. 407):

*"Ohlsson (1984a, 1984b) [...] constata che "a prima vista le teorie sul problem solving della Gestalt e della Information Processing sono incompatibili". I gestaltisti infatti ritenevano che "la base del problem solving è la ristrutturazione, un tipo di processo nel quale il solutore arriva a vedere tutte le esigenze della situazione problematica in un modo nuovo". Mentre "l'approccio dell'Information Processing al problem solving è basato sull'idea di ricerca": risolvere un problema è procedere gradualmente (step-wise) attraverso uno spazio di alternative, finché viene trovata una sequenza di azioni che guida dal problema alla sua soluzione. D'altro lato, a suo giudizio, "entrambe le teorie catturano un aspetto essenziale del pensiero umano e una teoria integrata deve essere capace di maneggiare sia la ristrutturazione sia la ricerca e deve spiegarne le relazioni" (Ohlsson 1984a, p.65). Dopo ciò, un po' sorprendentemente e in modo non del tutto coerente, Ohlsson si propone di "interpretare la ristrutturazione nel quadro della Information*

*Processing” (Ibidem) [...]. Così, anche un lavoro notevole come quello di Ohlsson si risolve effettivamente in un tentativo di incorporazione e di riduzione della novità o il salto della ristrutturazione ad una progressione di piccoli passi, senza darci la teoria integrata promessa (Mosconi 1988, p. 176).”*

Un’ ultima ipotesi sulla natura dei processi mentali responsabili dell’insight, prende spunto sempre dalla tradizione Gestaltista, ma con un’importante differenza rispetto alla *special process view*. Si tratta della prospettiva *dell’unconscious analytic thought* (Bagassi & Macchi, 2016; Macchi & Bagassi, 2012, 2015, 2018), secondo la quale la ristrutturazione necessita di processi inconsapevoli di alto livello cognitivo. Come nella *special process view* si parla di pensiero inconscio, ma al contrario di essa i processi di pensiero sarebbero di tipo analitico inconscio, e non automatico. Il raggiungimento della soluzione sarebbe da attribuirsi a una ricerca che si sviluppa sotto il livello della coscienza, basata sulla pertinenza in vista degli obiettivi. In accordo con Wertheimer, la ristrutturazione non avviene a caso o solo per associazione, “ma i processi di pensiero mostrano una coerenza di sviluppo” (Wertheimer, 1945; trad. it., 1959, p.252).

Il dibattito sulla natura dei processi responsabili dell’*insight problem solving* si è inserito in quello più generale sul rapporto tra processi impliciti ed espliciti di ragionamento (Ghilooly, 2005).

I modelli a doppio processo sono stati utilizzati per concettualizzare diversi tipi di processi di pensiero (Evans, 2003, 2011; Hammond, 1996; Sloman, 1996; Stanovich & West, 2000). Inizialmente questi modelli consideravano due sistemi di elaborazione: il Sistema 1, caratterizzato da un’elaborazione rapida, automatica e senza sforzo, non è soggetto ai limiti della memoria di lavoro; il Sistema 2, associato invece a un’elaborazione sequenziale deliberata, è vincolato dalle esigenze della memoria di lavoro. Il Sistema 1 è generalmente inconscio e lavora tramite associazioni per somiglianza e contiguità temporale, mentre il Sistema 2 è basato su regole e lavora su un piano cosciente. Più recentemente, l’architettura cognitiva dei due sistemi è stata revisionata (Carruthers, 2011; Evans, 2012; Evans & Stanovich, 2013; Stanovich & Toplak, 2012), ed è stata sostituita da una distinzione funzionale tra processi di Tipo 1 e processi di Tipo 2. I processi di Tipo 1, caratterizzati dall’utilizzo delle euristiche, vengono

considerati autonomi poiché l'esecuzione avverrebbe rapidamente e senza il bisogno di attenzione conscia, operando in parallelo senza interferenze con i processi di Tipo 2. Contrariamente, i processi di Tipo 2 si caratterizzano come processi basati su regole, seriali, lenti e dispendiosi, poiché determinati dall'elaborazione esplicita consapevole e legati alle risorse della memoria di lavoro. I processi di Tipo 2 sono in grado di interrompere le risposte automatiche dei processi di tipo 1, attraverso un meccanismo inibitorio, e di proporre una risposta astratta maggiormente astratta e adeguata ai problemi, favorendo processi di ragionamento ipotetico e simulazione.

Da un punto di vista teorico, le caratteristiche dei processi di Tipo 2 possono essere ritrovate nel ragionamento tipico della soluzione di problemi incrementale, che si compone di una deliberata ricerca di passaggi e una natura conscia e procedurale. La soluzione di un problema insight può essere invece, a seconda della prospettiva, attribuibile al Sistema 1, al Sistema 2 o a nessuno dei due. Se i processi di soluzione dei problemi insight vengono considerati di tipo associativo (come nella *special process view*), allora questi dovrebbero essere attribuiti al Sistema 1. Se invece vengono considerati al pari di quelli dei problemi incrementali (come nella *business-as-usual view*), allora il sistema responsabile di entrambi i processi di soluzione, dovrebbe essere il Sistema 2. Secondo Macchi e Bagassi (2006, 2012) la soluzione di un problema di insight implica un processo di ristrutturazione inconscio, spesso preceduto da un periodo di incubazione, che non lo è attribuibile al Sistema 2. Tuttavia, il processo non è assolutamente automatico, né rapido o senza sforzo, quindi non può essere attribuito al Sistema 1.

Macchi, Over e Viale (2012) hanno individuato alcune debolezze e sollevato alcune critiche alle teorie duali. La visione dualistica del pensiero e del paradigma logico-deduttivo secondo gli autori dovrebbe essere messa in discussione e il pensiero implicito-intuitivo dovrebbe acquisire una posizione più centrale nell'interazione con il pensiero esplicito.

### 1.2.1. La prospettiva “special process”

Sotto il nome di “*special process view*” vengono a racchiudersi tutte le linee teoriche dagli anni 80 del secolo scorso in poi, che invocano la visione della Gestalt sull’intuizione.

Per questi Neo-Gestaltisti l’insight è un processo qualitativamente differente dai processi responsabili del problem solving incrementale (Ohlsson, 2011; Wiley & Jarosz, 2012). Seppur con diverse inflessioni, i sostenitori della *special process* indagano quei processi di soluzione dei problemi insight che sfuggono al controllo della coscienza attraverso la diffusione dell’attivazione della conoscenza inconscia (Ohlsson, 2011; Öllinger, Jones e Knoblich, 2008; Schooler, Ohlsson, & Brooks, 1993). Il processo che porta alla scoperta della soluzione attraverso la ristrutturazione è principalmente inconscio, caratterizzato da un periodo di incubazione, e può essere descritto solo a posteriori (Gilhooly, Fioratou e Henretty, 2010). Il fatto che questi processi siano inconsci ha portato a definirli come processi associativi casuali automatici (Ash & Wiley, 2006; Schooler et al., 1993).

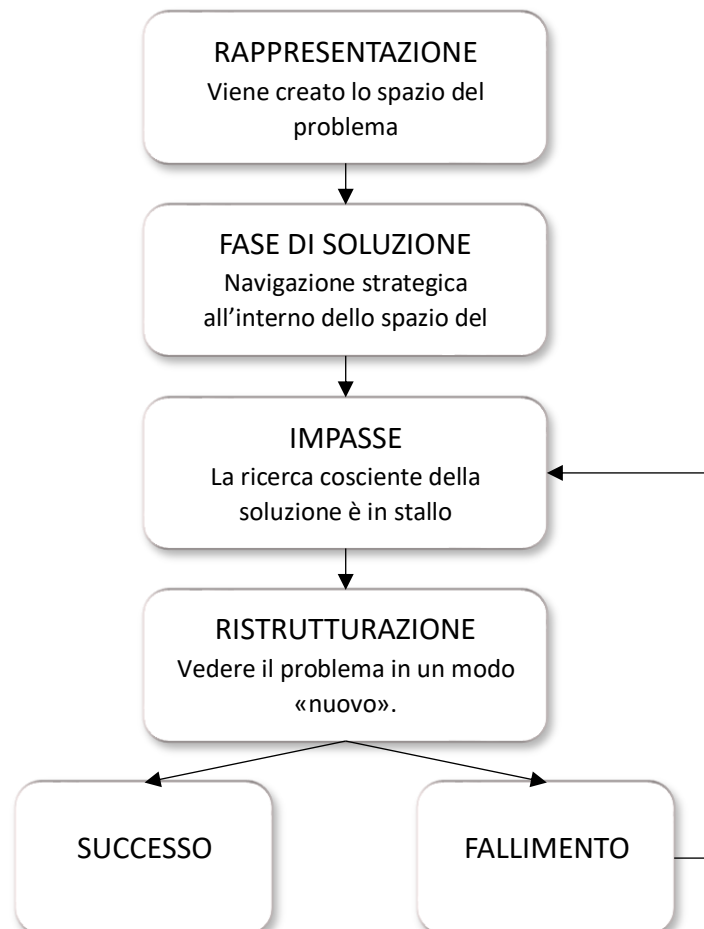


Figura 1.4. Fasi dell’insight problem solving secondo la prospettiva *special process*. Adattato da DeCaro et al. (2015) e Ash & Wiley (2006).



In figura 1.4 sono mostrate le fasi dell'*insight problem solving* così come definite dalla prospettiva *special process* (vedi ad es.: Ash e Wiley, 2006; Wiley e Jarosz, 2012b).

La prima fase è la rappresentazione del problema, durante la quale il problema esterno viene tradotto in una rappresentazione mentale (Ash & Wiley, 2008). Questa fase coinvolge la capacità di discriminare tra informazioni rilevanti e irrilevanti (Wiley & Jarosz, 2012b), nonché capacità di comprensione e interpretazione del problema (Gick & Lockhart, 1995; Hambrick & Engle, 2003; Kintsch, 1998; Macchi & Bagassi, 2012; 2014; Mayer & Hegarty, 1996; Wiley e Jarosz, 2012b). Viene creato lo spazio del problema a partire da uno o più vincoli che non ne permettono la soluzione. Spesso questo tipo di rappresentazione viene indicata come “difettosa” (ad es., DeCaro, Van Stockum & Wieth, 2016), perché è la rappresentazione di default che deve necessariamente essere modificata affinché sia possibile raggiungere la soluzione.

Durante la seconda fase, ovvero quella di soluzione, i soggetti “navigano strategicamente” (Ash & Wiley, 2006) attraverso lo spazio problematico. Quando il soggetto si rende conto che le possibili mosse all'interno dello spazio problematico sono terminate e non portano a niente, la ricerca cosciente della soluzione è bloccata e i soggetti entrano in una fase di *impasse*.

Secondo Ball (2015) l'*impasse* è la prima di tre caratteristiche che contraddistinguono i problemi insight. La seconda caratteristica è la difficoltà a descrivere il processo che ha portato al superamento dell'*impasse*. La terza caratteristica riguarda il particolare vissuto dei solutori (vedi anche Mosconi, 1997; Mosconi & D'Urso, 1973), il cosiddetto “Aha!”. Durante il tentativo di soluzione di un problema insight, quando si scopre il trabocchetto la soluzione emerge quasi spontaneamente, accompagnata da una manifestazione di soddisfatta sorpresa per l'avvenuta scoperta. Quando non si giunge alla soluzione e la soluzione viene rivelata dallo sperimentatore, si tende invece a sentirsi vittima di un tranello e a volte questa sensazione è accompagnata da un'autodenuncia di “stupidità” e alla sensazione di non aver capito il vero problema da risolvere.

Nella fase di ristrutturazione, gli individui hanno potuto vedere il problema in un modo nuovo attraverso i processi associativi. Una nuova rappresentazione permette alla soluzione di diventare improvvisamente disponibile (Ohlsson, 1992: 2011; Schooler, Ohlsson & Brooks, 1993). Se la risposta è corretta, si potrà assistere alla “Aha

*experience*", altrimenti i soggetti torneranno in *impasse*. Di nuovo, in questo punto, si può individuare una differenza con la prospettiva gestaltista, nella quale il fallimento non era previsto, proprio perché la ristrutturazione del problema era concepita come un cambiamento in una direzione più funzionale all'obiettivo.

Fanno parte della prospettiva *special process*, ad esempio, la *representational change theory* (Knöblich et al., 1999; Ohlsson, 1992) e la correlata e più recente *redistribution theory* (Ohlsson, 2011). Esse prevedono che i tentativi iniziali non riusciti di risolvere un problema di tipo insight siano seguiti dal rilassamento dei vincoli non necessari (Constraint Relaxation), che bloccano l'accesso alla soluzione corretta, nonché da una scomposizione dei blocchi problematici (Chunk Decomposition) in informazioni più semplici da ricomporre in modo più adeguato.

#### 1.2.2. La prospettiva "business-as-usual"

L'approccio cognitivista, derivante dalla Teoria dell'elaborazione delle informazioni (Simon & Newell, 1971; Newell & Simon, 1972) sostiene che i problemi di insight vengono risolti attraverso un processo consapevole passo dopo passo (Fleck & Weisberg, 2004, 2013), così come accade per i problemi incrementali. Questa prospettiva, nota come *business-as-usual* (ad es.: MacGregor, Ormerod, and Chronicle, 2001; Chronicle, Ormerod, & MacGregor, 2004) considera la ristrutturazione di un processo graduale in cui la soluzione viene elaborata in modo seriale attraverso un pensiero consapevole e riflessivo. La soluzione viene raggiunta alla fine di un percorso che fornisce una graduale semplificazione del problema (Weisberg, 2006, 2015) e richiede una grande capacità di memoria di lavoro.

Secondo i sostenitori di questa prospettiva, il labirinto è il modello astratto perfetto per descrivere i processi sottostanti al ragionamento umano. Un individuo che affronta un problema si muove in maniera strategica all'interno dello spazio problematico proprio come in un labirinto: cerca la strada giusta, torna indietro se incontra un vicolo cieco, e talvolta ritorna persino al punto di partenza. Questo modello, che è stato ideato per i problemi incrementali, viene considerato valido anche quando è necessario un cambiamento di rappresentazione, come avviene nei problemi insight.

La prospettiva sostiene che il pensiero analitico consapevole può riorganizzare i dati se la rappresentazione iniziale non funziona, estraendo informazioni dal fallimento dell'utilizzo delle strategie impiegate (Fleck & Weisberg, 2013; Kaplan & Simon, 1990; Perkins, 1981; Weisberg, 2015).

Secondo Weisberg (2015) anche il pensiero analitico, data la sua natura dinamica, può produrre un nuovo risultato. Esso può generare una complessa interazione tra le possibili soluzioni e la situazione, in modo che emergano costantemente nuove informazioni, con conseguente novità. Questo cambio di strategia, che rimane sul piano consapevole, può essere chiamato "ristrutturazione senza insight".

Il contributo più conosciuto all'interno della *business-as-usual view* è quello di MacGregor, Ormerod e Chronicle, definito inizialmente *progress monitoring theory* (e in fasi successive *criterion for satisfactory progress theory*; MacGregor, Ormerod & Chronicle, 2001). Secondo gli autori, i solutori affrontano il problema insight così come farebbero con un problema incrementale, ovvero utilizzando generiche strategie come l'analisi mezzi-fini e l'euristica dell'hill-climbing (Newell & Simon, 1972). Tuttavia, queste strategie difficilmente funzionano con i problemi insight. Quando il soggetto si accorge che la sua strategia non funziona e che si trova in un vicolo cieco, inizia a ricercare un nuovo approccio e una nuova rappresentazione, seguendo un percorso euristico fatto di prove ed errori. I solutori monitorano costantemente i propri progressi al fine di passare rapidamente da una strategia all'altra quando la prima non ha più successo.

### 1.2.3 La prospettiva dell' "unconscious analytic thought"

Secondo Macchi e Bagassi (Bagassi & Macchi, 2016; Macchi & Bagassi, 2012, 2015, 2018) entrambe le prospettive precedentemente descritte hanno dei punti critici.

La *business-as-usual view* ha il limite di offuscare la specificità dei problemi insight, non riuscendo a spiegare il pensiero creativo associato all'insight. Bagassi e Macchi (2016) affermano infatti che la prospettiva *business-as-usual* non spieghi come, all'improvviso, venga trovata la soluzione del problema insight, dato che durante la fase di impasse il pensiero analitico dovrebbe subire una battuta di arresto. Dal fallimento non è stata tratta nessuna informazione se non quella che le strategie utilizzate non

sono utili per raggiungere lo scopo prefissato. Questo tipo di soluzione sembra derivare non da un pensiero riflessivo e consapevole, ma piuttosto da un processo inconscio di vagabondaggio della mente (Baird, Smallwood, Mrazek, Kam, Franklin e Schooler, 2012; Macchi & Bagassi, 2012; Smallwood & Schooler, 2006).

La *special process view*, invece, anche se tiene conto della specificità dell'intuizione non consapevole, considera i processi di soluzione dell'insight come semplicemente associativi, in balia del caso (Bagassi & Macchi, 2016). Dato che l'insight è il risultato di un pensiero produttivo/creativo di scoperta del nuovo, esso non può collocarsi all'interno di una tipologia di processi di tipo associativo, automatico e casuale.

Secondo la prospettiva *dell'unconscious analytic thought*, la soluzione dei problemi insight è resa possibile da un pensiero di tipo analitico ma inconscio (Macchi & Bagassi, 2012, 2015; Bagassi & Macchi, 2016). Esso è definito come un pensiero creativo, produttivo come quello descritto dai gestaltisti, derivante da un'attivazione generale diffusa della conoscenza, che include una ricerca pertinente, analitica, orientata agli obiettivi, che va oltre il pensiero automatico associativo o casuale.

Il punto fondamentale di questa prospettiva è che i problemi insight derivano da un fraintendimento e più precisamente da un errore di comunicazione, il cosiddetto "malinteso". L'impasse è quindi dovuta al fallimento dell'interpretazione di default, più usuale e familiare, e il processo di ristrutturazione deve essere considerato sotto forma di una reinterpretazione del problema.

Ma in questo caso i processi analitici non sono intesi come processi seriali di semplificazione del problema, quanto piuttosto come processi mirati, volti a cogliere le caratteristiche fondamentali della struttura del problema. I processi di tipo associativo invece non sono determinati da una ricerca casuale, ma una ricerca in parallelo, pertinente e guidata a livello inconsapevole da una sorta di memoria di lavoro "virtuale" (ad es.: Carruthers, 2011; Frankish, 2009; 2010; Bagassi & Macchi, 2016).

La prospettiva *dell'unconscious analytic*, nonostante la sua recente apparizione, è sostenuta da alcune interessanti evidenze sperimentali:

- In primo luogo, i dati emersi dalle neuroscienze cognitive relativi all'esistenza di un "default mode network" (DMN) (Raichle, MacLeod, Snyder, Powers,

Gusnard & Shulman, 2001). Il DMN è un sistema coordinato di attività neurali che rimane attivo in assenza di uno stimolo esterno, quando la mente è in stato di riposo cosciente, come ad esempio durante il sogno ad occhi aperti o il *mind-wandering* (Schooler, Smallwood, Christoff, Handy, Reichle & Sayette, 2011). Se si confronta l'attività mentale di un individuo che lavora su un problema con l'attività della mente dello stesso individuo in uno stato successivo di riposo, si può pervenire alla conclusione che la mente lavora dinamicamente sullo stesso problema anche nella situazione di riposo, ma in maniera differente: ad un livello consapevole nella prima condizione e in maniera inconscia nella seconda condizione (Smallwood, McSpadden, Luus & Schooler, 2008).

- In secondo luogo, gli studi sull'effetto della verbalizzazione. Schooler, Ohlsson e Brooks (1993) hanno studiato l'effetto della verbalizzazione sull'*insight problem solving*, suggerendo che il linguaggio può compromettere la soluzione e quindi il pensiero, poiché il linguaggio coinvolge processi distinti dal pensiero. Questa prospettiva, tuttavia, segue la teoria dicotomica tradizionale, secondo la quale il linguaggio è considerato estraneo ai processi cognitivi di ordine superiore coinvolti nella soluzione di problemi.

Macchi e Bagassi (2012) danno al linguaggio una connotazione molto diversa e di primo piano. Secondo le autrici la funzione interpretativa è il nucleo del pensiero, un modo di funzionare condiviso sia dal linguaggio che dal pensiero (Bagassi & Macchi 2006; Bagassi et al. 2009; Macchi 2000; Macchi & Bagassi 2006). Il pensare e il parlare vengono considerati come due facce dello stesso processo cognitivo, il *logos*, che è vicino al concetto di comunicazione efficace della retorica antica (vedi capitolo 2 per un approfondimento sull'approccio pionieristico psico-retorico di Mosconi, 1978). I meccanismi linguistici sono profondamente compenetrati dal pensiero interattivo e, viceversa, l'euristica comunicativa abita profondamente nelle nostre menti (Levinson, 1995). Il linguaggio come dispositivo comunicativo è realizzato da una costante attività di chiarimento delle ambiguità, da processi nascosti, impliciti, inconsci, non riferibili nella verbalizzazione.

Macchi e Bagassi (2012), utilizzano la procedura di verbalizzazione seriale contemporanea (Kaplan & Simon, 1990) per indagare il tipo di ragionamento implicato nella risoluzione di due problemi insight classici, il problema del quadrato e del parallelogramma (Wertheimer, 1925) e il problema *Pigs in a Pen* (Schooler et al., 1993). L'ipotesi delle due autrici era che la soluzione del problema poteva essere ostacolata dalla verbalizzazione poiché essa avrebbe interferito con l'elaborazione inconscia, in quanto obbliga il soggetto sul piano della consapevolezza. I risultati confermano l'ipotesi, in quanto la percentuale di partecipanti che ha risolto i problemi insight nella condizione di verbalizzazione era inferiore a quella del gruppo di controllo (no verbalizzazione). Gli stessi risultati sono stati trovati con il *Mutilated Checkerboard Problem* (Bagassi, Franchella & Macchi, 2015), secondo la procedura adottata da Kaplan e Simon (1990).

- Infine, gli studi sul periodo di incubazione. È stato spesso sostenuto che dopo ripetuti tentativi errati di risolvere un problema insight, sospendere la ricerca della soluzione, per un certo periodo di tempo, può portare all'elaborazione spontanea di nuove idee adatte alla soluzione (Gilhooly, Georgiou, Sirota & Paphiti-Galeano, 2015; Schooler, Smallwood, Christoff, Handy, Reichle & Sayette, 2011).

Quando si parla di periodo di incubazione si fa solitamente riferimento a Wallas, che nel 1926 all'interno del suo saggio "Art of Thought", propose di decomporre il processo creativo (inteso come la generazione di un'invenzione o di una nuova idea) in una serie di fasi. La prima fase è di *preparazione* e consiste in un accumulo di conoscenza e di padronanza delle regole che governano il dominio particolare in cui risiede il problema. A volte, un problema può essere risolto in questa fase. È questo il caso dei problemi incrementali, in cui l'applicazione di una serie di euristiche porterà alla fine alla soluzione corretta (ad es. Newell e Simon, 1973). La produzione della risposta deve essere seguita dalla fase di *verifica*, nella quale la soluzione è confermata oppure no. In altre occasioni, invece, lo sforzo conscio effettuato nella fase di *preparazione* si rivela infruttuoso e la soluzione corretta sfugge

al soggetto. In questi casi, secondo Wallas, il soggetto entra in una fase di incubazione in cui non pensa più in maniera consapevole al problema. Questo periodo di astensione può essere speso in un altro problema che richiede lavoro mentale cosciente, oppure può coincidere con un rilassamento da tutto il lavoro mentale. L'autore, a questo proposito, riporta un aneddoto relativo al celebre fisico tedesco Helmholtz, il quale raccontava come i pensieri più importanti per il suo lavoro gli fossero arrivati inaspettatamente e senza sforzo non quando era al suo tavolo di lavoro, ma quando passeggiava per le salite di dolci colline in una giornata di sole. Con questo esempio, Wallas intende sottolineare la natura inconscia dello sforzo compiuto durante la fase di incubazione e la possibilità di un maggior beneficio derivante dal distacco del soggetto dal problema.

Il periodo di incubazione era spesso seguito dalla fase di *illuminazione*, il "lampo" tramite il quale la risposta appare nella coscienza del solutore. Infine, anche questa risposta sarà poi seguita dalla fase di *verifica*.

Nella letteratura sull'*insight problem solving*, diverse ipotesi sono state proposte per spiegare i presunti effetti positivi del periodo di incubazione. L'ipotesi "lavoro-cosciente" propone che gli effetti positivi dell'incubazione potrebbero essere attribuiti a una riduzione dell'affaticamento mentale (Posner, 1973), oppure alla presenza di attività coscienti di soluzione del problema anche durante il periodo di incubazione (Browne & Cruse, 1988). Entrambe le spiegazioni implicano che il ruolo della pausa nel processo di soluzione sarebbe quello di rendere la mente più propensa a ricevere ed assimilare stimoli esterni al problema, che favorirebbero cambiamenti nel meccanismo cosciente di soluzione. Questa spiegazione, a nostro parere non determina una differenza tra il concetto di incubazione e un non meglio specificato tempo concesso in più.

Al contrario, l'ipotesi "lavoro-inconscio" sostiene che gli effetti positivi dell'incubazione siano il risultato di un processo di soluzione inconsapevole che si verifica durante il distacco del soggetto dal problema (Patalano & Seifert, 1994; Smith, 1995). Differenti processi inconsci sono stati proposti per spiegare gli effetti dell'incubazione come, ad esempio, la diffusione di

attivazione verso nuove conoscenze prima ignorate, l'indebolimento dell'attivazione di concetti inappropriati per la soluzione (ipotesi dell'"oblio selettivo"; ad es. Smith, 1995), che distraggono gli individui durante i tentativi iniziali di soluzione, oppure una riorganizzazione (ristrutturazione) del problema in modo più adeguato tale per cui l'individuo sarebbe maggiormente capace di concentrarsi su informazioni esterne pertinenti o di disporre di un'organizzazione delle informazioni nuova che permette alla soluzione di essere raggiunta più facilmente (ad es. Seifert et al., 1995).

Segal (2004) prendendo spunto dai principi gestaltici, propone un'altra ipotesi, a metà strada tra le categorie descritte finora, la "*attention-withdrawal hypothesis*". Essa sostiene che gli individui, dopo aver incontrato l'impasse, sarebbero spontaneamente portati a distogliere l'attenzione dal compito. Durante questa pausa non si avrebbe a che fare con nessun processo particolare, poiché la funzione principale dell'interruzione è di mantenere l'attenzione lontano dal problema, così da eliminare l'attivazione di false assunzioni sull'organizzazione dei dati del problema. Secondo l'autore, inoltre, siccome questa ipotesi descrive un processo continuo durante l'incubazione, il miglioramento nella prestazione dei soggetti, nel periodo post-incubazione, dovrebbe essere proporzionale alla durata dell'incubazione. Questa ipotesi non offre, però una spiegazione esaustiva del fenomeno dato che non spiega in che modo vengono recuperate le informazioni utili alla soluzione (Sio & Ormerod, 2015).

Sul piano empirico, lo scontro tra le due ipotesi "lavoro-cosciente" vs "lavoro-inconscio" è rintracciabile nelle diverse previsioni sull'effetto delle attività con cui i soggetti sono impegnati durante il periodo di incubazione. Se il vantaggio deriva dall'opportunità di ridurre l'affaticamento o di continuare a lavorare in maniera consapevole sul problema, come sostenuto dalle ipotesi "lavoro-cosciente", allora gli individui dovrebbero trovare maggiore vantaggio da un'incubazione senza compito. Al contrario, secondo le ipotesi "lavoro-inconscio" i soggetti dovrebbero essere avvantaggiati da un certo coinvolgimento in altre attività durante il periodo di incubazione (Sio &



Ormerod, 2009), poiché i processi inconsci agiscono quando gli individui spostano la loro attenzione lontano dal problema.

La letteratura mostra evidenze contrastanti sia sull'effetto dell'utilizzo di un compito di incubazione, sia sul ruolo dell'incubazione in generale nella soluzione di problemi insight. Secondo Segal (2004), il numero di studi che mostrano un effetto positivo (ad esempio, Smith & Blankenship, 1989), è circa lo stesso degli studi che non mostrano alcun effetto (ad esempio, Olton & Johnson, 1976). A causa di questi risultati discordanti, alcuni ricercatori hanno messo in dubbio l'effettiva esistenza dell'effetto dell'incubazione (Browne & Cruse, 1988; Olton & Johnson, 1976; Perkins, 1995).

Secondo Bagassi e Macchi (2016), l'esistenza di effetti d'incubazione contrastanti potrebbe dipendere dal livello di difficoltà del problema utilizzato. Sio e Ormerod (2009) confermano l'esistenza di un effetto positivo dell'incubazione principalmente per una determinata classe di problemi definiti come "problemi creativi". Questo effetto è influenzato da alcuni moderatori procedurali, quali ad esempio, la tipologia di compito utilizzato durante l'incubazione (nessun compito, compito ad alta richiesta cognitiva, compito a bassa richiesta cognitiva) e la durata dell'incubazione.

Secondo l'ipotesi *dell'unconscious analytic thought*, l'incubazione rappresenta un'attività che coinvolge i soggetti a livello cosciente, distogliendo l'attenzione esplicita dal problema e lasciando, invece, risorse cognitive disponibili a livello inconscio, sufficienti per elaborare il problema insight. Perciò il vantaggio del periodo di incubazione dovrebbe essere maggiore in quei casi in cui il compito riesca a distogliere l'attenzione dal problema, ma che non sia talmente impegnativo da assorbire tutte le risorse cognitive. In questo modo, il problema può essere elaborato a livello inconscio durante l'incubazione e risolto rapidamente dopo, in quanto il processo inconscio non è semplicemente associativo, ma è un processo analitico orientato alla pertinenza.

In un recentissimo studio, Caravona e Macchi (in revisione), utilizzando il classico problema insight *Pigs in a Pen* (Schooler, Ohlsson, & Brooks, 1993) hanno messo a confronto diverse tipologie di compiti di incubazione: un

compito mediamente impegnativo “meccanico-algoritmico” (compito di aritmetica), un compito a bassa richiesta cognitiva (disegnare un paesaggio o un castello) e un compito ad alta richiesta cognitiva (la soluzione di un cruciverba). I risultati hanno mostrato che il compito a basso sforzo cognitivo, che non permetteva di discostare completamente l’attenzione dal problema principale, non aveva alcun effetto sulla risoluzione del problema. Si è invece assistito ad un significativo incremento dei solutori a seguito del periodo di incubazione con il compito mediamente impegnativo, con un tempo di soluzione post-incubazione breve. Il distacco dal problema sembrerebbe quindi fondamentale in questo processo di soluzione che appare almeno in parte non consapevole (altrimenti non si sarebbe potuto sviluppare in concomitanza con lo svolgimento di un compito che assorbe le risorse consapevoli). Infine, con il cruciverba, che permette di allontanare l’attenzione dal problema insight ma che richiede un alto sforzo cognitivo, i risultati mostrano che l’incubazione non ha effetto sulla soluzione. Secondo le autrici, se il processo di soluzione fosse di tipo associativo automatico, a parità di focalizzazione dell’attenzione, la quantità di risorse cognitive assorbite dal compito di incubazione non dovrebbe influire sulla soluzione del problema. A seguito di questi risultati, Caravona e Macchi concludono che i processi cognitivi che stanno alla base della soluzione dei problemi insight sono di tipo inconscio ma analitico.

Come abbiamo visto, sotto certe condizioni, il periodo di incubazione può promuovere la soluzione dei problemi insight. Anche il sonno potrebbe essere considerato come un periodo di incubazione: quando abbiamo un problema particolarmente difficile da risolvere, spesso ci viene detto (e ci diciamo) con particolare ottimismo «dormici su».

L’effetto del sonno sull’*insight problem solving* è tuttora argomento di discussione (i.e.: Monaghan et al., 2015; Landmann et al., 2016; Debarnot et al., 2017) e i risultati provenienti dalle evidenze sperimentali sono contrastanti (Cai et al., 2009; Sio et al., 2013; Beijamini et al., 2014). Secondo Schönauer, Brodt, Pöhlchen, Breßmer, Danek & Gais (2018) la maggiore

difficoltà da superare consiste nel riuscire a distinguere gli effetti del sonno dagli effetti dell'incubazione. Nelle ipotesi degli autori il periodo di incubazione potrebbe aumentare le esperienze di insight e le percentuali di soluzione, poiché, similmente all'incubazione sveglia, il sonno impedisce di elaborare in maniera cosciente il problema. I risultati dello studio di Schönauer e colleghi (2018) non mostrano effetti benefici né dell'incubazione né del sonno sulla soluzione dei problemi insight utilizzati, ma si ritiene che potrebbe essere un buon inizio per estendere lo studio degli effetti del sonno sulla soluzione dei problemi insight più tradizionali. Infatti, il punto forte di questo studio, a nostro parere, è l'aver utilizzato più tipologie di problemi, come ad esempio il nuovo paradigma con i trucchi magici di Danek et al. (2014), il *Matchstick Arithmetic Task* (Knoblich, Ohlsson, Haider & Rhenius, 1999) e i più tradizionali *Nine-Dot Problem* (Maier, 1930) e *Eight-Coin Problem* (Ormerod, MacGregor & Chronicle, 2002). La maggior parte degli studi in questo campo utilizza invece solo un tipo di problemi, denominata *Remote Associates Test* (RAT; e.g. Mednick, 1962), durante i quali vengono presentate tre parole apparentemente non correlate e ai partecipanti viene chiesto di trovare la parola che collega questi tre termini. Questo tipo di problemi è spesso utilizzata quando si studia l'*insight problem solving* poiché presenta molteplici vantaggi (possono essere svolti anche mentre viene registrata l'attività elettrica o emodinamica del nostro cervello, possono essere somministrati in serie, hanno alte percentuali di soluzione). Tuttavia, la maggior parte di questi problemi ha percentuali di soluzione altissime, anomale rispetto a quelle dei tradizionali problemi insight. Sio, Monaghan e Ormerod (2013), trovano infatti che il sonno facilita la soluzione solo dei *RAT problem* di difficoltà più elevata.

## CAPITOLO 2. L'APPROCCIO PSICORETORICO E LA FUNZIONE INTERPRETATIVA

L'approccio pioneristico di Mosconi (Mosconi, 1978; 1981; 1990; 2016; Mosconi e D'Urso, 1973; 1991) fondatore della psico-retorica, è alla base della prospettiva *dell'unconscious analytic thought* e anche di questo lavoro.

Il punto focale della teoria dell'autore è il concetto di "pensiero discorsivo", inteso come un oggetto unitario che lega pensiero e linguaggio come se fossero due facce della stessa medaglia. Questo legame, rintracciabile nel vocabolo antico *logos*, che i greci usavano comunemente "nel suo doppio significato di parola e di pensiero" (Jaeger, 1959, p.134), è stato perduto nel tempo. Tuttavia, anche nella nostra lingua, in special modo in alcuni dialetti, esistono tracce del riconoscimento del pensare-parlare come facoltà unitaria, ad esempio nell'uso del verbo "ragionare", inteso sia per indicare il pensare che per indicare il parlare con qualcuno.

Il linguaggio, secondo Mosconi (1990, p. 9) *"non serve soltanto, o essenzialmente, a esprimere il pensiero [...]. Vedere il linguaggio come qualcosa che si aggiunge al pensiero, che serve a veicolarlo e permette di esternarlo in maniera più o meno soddisfacente è concezione assai diffusa, non da oggi, in qualche modo un luogo comune"*.

Con l'espressione "pensiero discorsivo", l'autore intende che il linguaggio non serve solo ad esprimere il pensiero, ma che il pensiero si determina discorsivamente. Non ci sarebbe pertanto una distinzione tra pensiero e linguaggio e *"quando si dice «non mi vengono le parole» [...] ciò che effettivamente viene significato è che a non venire è il pensiero, che non si è formato o determinato un pensiero preciso"* (Ibidem, p.10).

La psico-retorica studia il pensiero attraverso il discorso comune, poiché esso è la matrice di qualsiasi tipo di discorso, da quello persuasivo alla dimostrazione matematica, passando per ogni tipo di comunicazione.

Come conseguenza, anche la ricerca psicologica, sebbene generalmente svolta in ambiente controllato, si compone in larga parte di discorso comune. La comunicazione che si realizza all'interno della situazione sperimentale non è limitata a quella tra sperimentatore e soggetto, ma è anche il testo di un problema, le istruzioni di un

compito, e via dicendo. Questa comunicazione tende a verificarsi su due livelli: una struttura profonda (o segreta), la struttura che lo "sperimentatore onnisciente", come lo chiama Simon (1979), ha in mente, e una struttura superficiale (o manifesta) che viene mostrata attraverso il linguaggio naturale e comune. Molto spesso la comunicazione tra lo sperimentatore e il soggetto "assomiglia a un colloquio tra sordi" (Mosconi, 1988, p. 228). Spesso la ricerca sul ragionamento, ed in particolare sulla presa di decisione, è ricorsa a criteri normativi extra-psicologici, come la logica e la teoria della probabilità, fornendo un'immagine dell'essere umano come fallace e non razionale. Lo sperimentatore concepisce il compito come un esercizio di logica da risolvere con le regole della logica. Il soggetto, d'altro canto, all'oscuro degli obiettivi dello sperimentatore, risolve un compito decodificato e interpretato in base a regole diverse, quelle del discorso naturale. Infine, lo sperimentatore valuta le risposte del soggetto secondo le regole della logica, che si applicano alla struttura profonda del compito. Un esempio particolarmente noto di questo meccanismo può essere rintracciato nel compito di selezione di Wason (1966). Secondo Mosconi, i soggetti non hanno di per sé difficoltà ad assumere un approccio di falsificazione, ma lo adottano quando la regola è già stata verificata o si presume che sia stata verificata. Da un punto di vista psicologico verificare e falsificare non sono processi mentali sullo stesso piano contemporanei (Mosconi, 1990; 2016).

Secondo l'autore, il problema del riferimento normativo esterno, non ha toccato la ricerca sul problem solving, ed è questo il motivo per cui da quelle sulla soluzione di problemi si ricava una concezione dell'uomo notevolmente diversa. L'essere umano solutore di problemi è particolarmente dotato, veloce, capace di individuare la salienza delle informazioni a disposizione. Prendiamo ad esempio il celebre *problema di criptoaritmetica* (Bartlett, 1958; Simon e Newell, 1971), nel quale alle lettere si devono sostituire dei numeri, in modo che risulti un'addizione corretta.

$$\begin{array}{r} \text{DONALD} + \\ \text{GERALD} = \\ \hline \text{ROBERT} \end{array}$$

Al solutore vengono fornite le seguenti informazioni:  $D = 5$ ; a ciascuna cifra da 0 a 9 corrisponde una lettera; ciascuna lettera deve essere sostituita da un numero diverso da quello usato per qualsiasi altra lettera.

La razionalità limitata (Simon, 1955) e l'utilizzo delle euristiche (Kahneman e Tversky, 1974; Gigerenzer, 2009; Simon, 1979)–risparmiano l'essere umano dall'esplorazione esaustiva di tutte le 362.880 sostituzioni possibili in questo problema o da un procedimento per tentativi ed errori e ne permettono la soluzione in una decina di minuti. Il solutore, rispettando i vincoli imposti e partendo da un dato sicuro, ricava un altro dato sicuro e così via, procedendo per successive sostituzioni, attraverso il procedimento euristico che consiste nel sostituire prima i numeri soggetti a maggiori vincoli (riporti, ecc.), fino a risolvere il problema.

Mosconi (1990) considera questo tipo di problemi dei *compiti*, nei quali la difficoltà sta nei calcoli da effettuare, nella quantità di dati da elaborare e nel numero di operazioni da svolgere.

Ma la complessità di calcolo non è l'unico elemento che può rendere "difficile" un problema. A volte la difficoltà è attribuibile a un *qui pro quo* nel testo del problema, una lettura incompatibile con la soluzione, come accade nei problemi insight (o semplicemente *problemi*, secondo Mosconi).

Il soggetto stesso è il principale decodificatore del messaggio, creando dal messaggio effettivamente dato un messaggio diverso sul quale il soggetto lavora. Anche quando la contraddizione è presente già nel testo, essa non è sufficiente a spiegare il comportamento dei soggetti, ma si dovrebbe comprendere l'accettazione di quel discorso: *"Ogni qual volta che un soggetto accetta un discorso-problema avviene una riproduzione di quel discorso, è come se lo producesse egli stesso. Se quel discorso non fosse stato prodotto secondo le stesse regole secondo le quali funziona la mente del ricevente, non verrebbe accettato"* (Mosconi, 1990, p.226).

Non è sufficiente fornire una un'indicazione sul modo corretto di reinterpretare il messaggio affinché il soggetto risolva il problema. L'accettazione del suggerimento è determinata dalla sua congruità con il modo di ragionare del ricevente. Ad esempio, nella ricerca sui sillogismi categoriali, Mosconi (1970) ha mostrato che solo quando le esigenze "psicologiche" non coincidono con quelle "logiche", la specificazione del diverso significato con il quale si deve considerare "qualche" in logica è insufficiente per ottenere risposte valide dai soggetti.

Macchi e Bagassi (2012) hanno mostrato il ruolo del linguaggio sull'interpretazione di

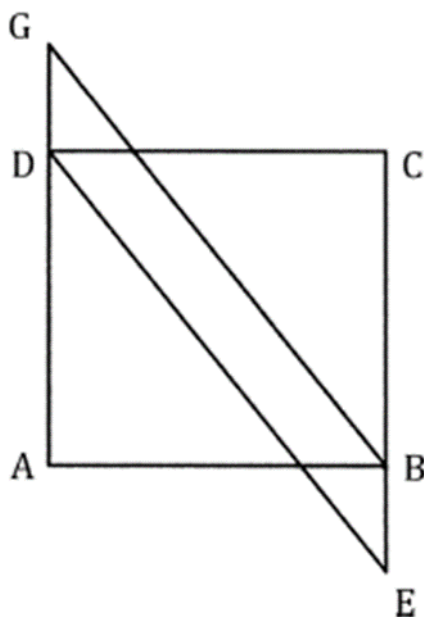


Figura 2.1. Problema del quadrato e del parallelogramma: dati  $AB=a$  e  $AG=b$ , trova la somma delle aree del quadrato  $ABCD$  e del parallelogramma  $EBGD$ .

default di due classici problemi insight: il *Problema del quadrato e del parallelogramma* (Fig. 2.1; Wertheimer, 1925; Ohlsson 1984) e il problema *PigPen* (Schooler et al. 1993). Ad esempio, nella formulazione originale del problema di Wertheimer, veniva chiesto di trovare "le aree del quadrato e del parallelogramma". Fare riferimento alle due figure, in questa maniera, attiverebbe una rappresentazione di default saldata a una certa organizzazione percettiva che imposterebbe il calcolo sulla somma dell'area del quadrato e dell'area del parallelogramma.

In continuità con la teoria psicoretorica di Mosconi, nella formulazione sperimentale delle due autrici invece, il problema richiede le aree di "due figure parzialmente sovrapposte". La versione sperimentale non dovrebbe avere in sé i vincoli imposti dalla versione originale e quindi consentirebbe ai soggetti di "vedere" anche i due triangoli. I risultati mostrano un significativo aumento dei solutori per la versione sperimentale (oltre l'80% in entrambi i problemi). Queste evidenze supportano l'ipotesi che la formulazione delle versioni sperimentali era più rilevante per lo scopo del compito e ha permesso un'interpretazione degli stimoli percettivi in linea con la soluzione. La rilevanza del testo del problema e la reinterpretazione degli stimoli percettivi sono stati elaborati insieme in quello che le autrici chiamano "gioco interpretativo". Ciò che lega

pensiero e linguaggio come attività cognitiva unitaria è, infatti, la funzione interpretativa, ovvero lo sforzo interpretativo che rivela l'assonanza tra l'attribuzione di significato a un enunciato e la scoperta di una soluzione attraverso la ristrutturazione del problema insight.

Più nello specifico, secondo Macchi e Bagassi (2016) l'unico modo per risolvere i problemi insight è attraverso l'euristica interpretativa, che produce un cambiamento funzionale all'interno della rappresentazione del problema. Il superamento della fissazione sull'iniziale rappresentazione del problema non richiede astrazione, ma un'elaborazione e una comprensione del contesto più rilevante per l'obiettivo. Le autrici suggeriscono perciò una visione integrata, che presuppone che il pensiero elabori le informazioni in modi diversi, a seconda delle caratteristiche dei compiti che il soggetto deve risolvere, in modo che il ragionamento si traduca in un processo graduale, basato su regole o in un'attività di ricerca diffusa laddove sono coinvolti anche processi paralleli impliciti (Macchi e Bagassi, 2012).



## CAPITOLO 3. IL RUOLO DELLA WORKING MEMORY NELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI

### 3.1. La memoria di lavoro

L'introduzione del termine memoria di lavoro nella letteratura comportamentale può essere ricondotta a un passaggio nel libro di Miller, Galanter e Pribram (1960) *Plans and the Structure of Behavior*, in cui gli autori parlano di Working Memory (WM) per indicare la memoria che viene utilizzata per l'esecuzione di più piani o più parti di un singolo piano, tutti archiviati nella memoria di lavoro contemporaneamente. Nel caso in cui un piano venga interrotto da un altro piano, attraverso la WM siamo in grado di ricordare il piano interrotto, chiamandolo "intenzioni", e di riprenderne l'esecuzione quando si ripresenterà l'opportunità.

Tuttavia, quando si parla di WM, il modello dominante e al quale la maggior parte degli studi in psicologia cognitiva fa riferimento, è quello introdotto da Baddeley & Hitch (1974). Il cosiddetto "modello multicomponente" si riferisce a un sistema cognitivo che immagazzina e manipola le informazioni, durante l'esecuzione di compiti complessi come il ragionamento, la comprensione e l'apprendimento (Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 2019). Il modello di Baddeley e Hitch andò via via sostituendo il modello a due componenti di Atkinson e Shiffrin (1968), il quale ipotizzava che le informazioni arrivassero ad un sistema di immagazzinamento temporaneo a breve termine che fungeva da anticamera alla memoria a lungo termine.

Nel modello multicomponente, il concetto di un sistema unitario di memoria a breve termine è stato sostituito da sottosistemi separati e interagenti. Il modello in origine era formato da un centrale esecutivo e due sistemi servi: il loop fonologico e il taccuino visuo-spaziale. Nel 2000, è stata aggiunta al modello una terza sottocomponente, ovvero il buffer episodico, che funge da intermediario tra sottosistemi con codici diversi (Baddeley, 2000).

In figura 3.1 una rappresentazione attuale del modello. L'esecutivo centrale è stato inizialmente trattato come un pool di capacità di elaborazione generale, al quale erano

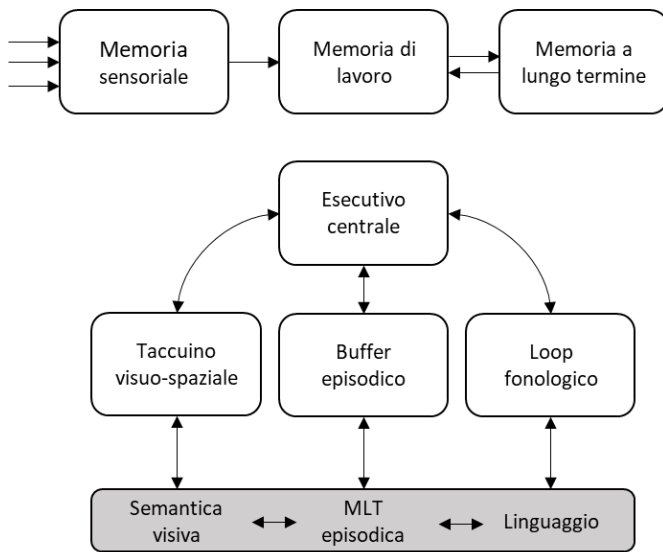


Figura 3.1. Il modello multicomponente della Working Memory revisionato (adattato da Baddeley, 2003). Le aree grigie rappresentano le conoscenze cristallizzate (a lungo termine).

assegnati tutti i problemi complessi non specifici e non pertinenti agli altri due sottosistemi (Baddeley, 2003). Successivamente, è stato proposto che le sue funzioni fossero interamente quelle di un sistema di controllo basato sull'attenzione e l'idea che avesse anche una capacità di archiviazione fu abbandonata (Baddeley & Logie, 1999). È stato quindi definito come un sistema attenzionale

supervisore, simile a quello proposto da Norman e Shallice (1986). Esso controlla il flusso informativo: focalizza l'attenzione su un compito particolare, sposta e divide l'attenzione tra i compiti. Le azioni in corso possono essere controllate in due modi differenti: nel caso di attività consolidate, l'apprendimento permette che l'attività si svolga in modo automatico; quando due attività entrano in conflitto il Sistema Attivante Supervisore entra in gioco ed interrompe volontariamente una delle attività. Questo meccanismo di controllo superiore è coinvolto nell'attività decisionale e consente una risposta flessibile alle situazioni nuove.

Il loop fonologico comprende un archivio a breve termine per i suoni e un processo di controllo articolatorio, analogo al discorso sub-vocale (Baddeley, 1986). Le tracce fonologiche contenute nell'archivio decadono in tempi piuttosto brevi e possono essere mantenute solamente attraverso il ripasso subvocale. Secondo Baddeley, Gathercole e Papagno (1998), il loop fonologico si è evoluto per facilitare l'acquisizione del linguaggio. La misura della sua capacità è un buon predittore della capacità di bambini e adulti di imparare una nuova lingua (Papagno, Valentine & Baddeley, 1991).

Il taccuino visuo-spaziale possiede la capacità di mantenere e manipolare le rappresentazioni visive e spaziali. Si compone di una cache visiva, ovvero un archivio di immagini mentali, e di un meccanismo che pianifica le sequenze di azioni (Baddeley, 1986). La componente visiva si occupa di immagazzinare temporaneamente le informazioni visive come i colori, le forme e l'orientamento degli oggetti; la componente spaziale mantiene temporaneamente il ricordo dei movimenti (Logie, 1995). Ci sono molti esempi dell'importanza delle immagini visive e spaziali nella scoperta scientifica, come ad esempio nella teoria della relatività di Einstein (Ghiselin, 1952).

Il buffer episodico è un sistema di archiviazione temporanea a capacità limitata in grado di integrare le informazioni provenienti da varie fonti. È controllato dall'esecutivo centrale, che è in grado di recuperare le informazioni dall'archivio in forma cosciente, di riflettere su tali informazioni e se necessario di manipolarle e modificarle. Il buffer è episodico nel senso che contiene episodi in cui le informazioni sono integrate nello spazio e potenzialmente estese nel tempo (Baddeley, 2000).

Esiste una varietà di modelli alternativi, che forniscono differenti prospettive circa la struttura e la natura delle funzioni della memoria di lavoro (D'Esposito & Postle, 2015; Miyake & Shah, 1999). Un approfondimento di alcuni concetti del modello di Baddeley è stato proposto da Cornoldi e Vecchi (2004), con il loro modello "a cono". Esso presenta due dimensioni, una verticale e una orizzontale. Lungo il continuum verticale è posizionato il grado di controllo della memoria di lavoro: maggior controllo equivale a più richiesta di risorse cognitive mentali. Il piano orizzontale riguarda il contenuto di diverse tipologie di informazione e la distanza tra di esse. Ad esempio, il materiale linguistico e quello visuo-spaziale si posizionano su due poli opposti del medesimo piano, mentre visivo e spaziale hanno minore distanza. Ciò permetterebbe una maggiore elasticità nella descrizione delle attività di memoria di lavoro, compresa la distinzione tra quelle di base e quelle più centrali.

Tra i principali modelli di WM ricordiamo, inoltre, i modelli basati sull'attivazione (Cowan, 1999; Engle, 2002; Oberauer, 2002). Ad esempio, in figura 3.2, il modello di Cowan (1988; 2001), che non prevede magazzini separati di memoria e

sottocomponenti, ma si basa sull'idea che la memoria di lavoro sia una porzione attivata dall'attenzione della memoria a lungo termine.

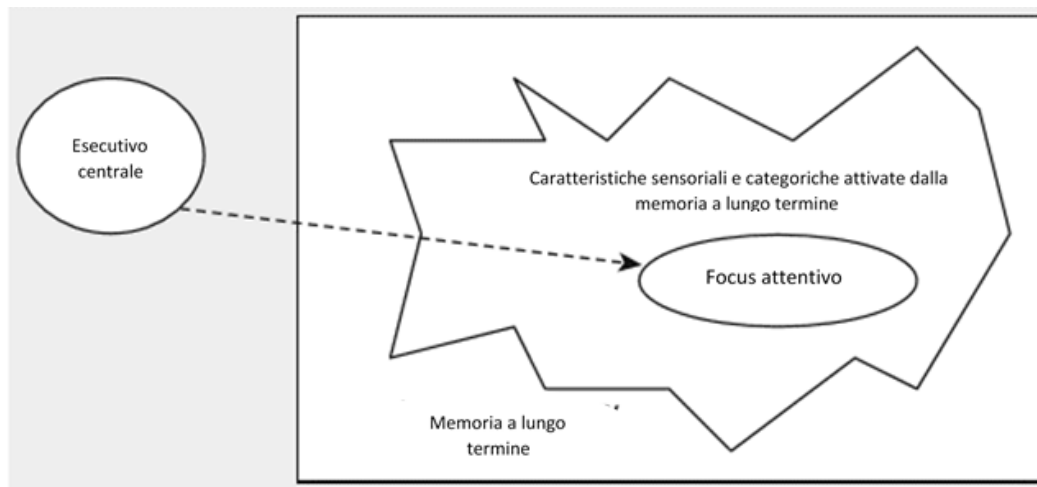


Figura 3.2. Il modello di Cowan, che considera la memoria di lavoro come l'attivazione temporanea di aree di memoria a lungo termine. (adattato da Baddeley, 2010)

Riassumendo quindi, il “modello multicomponente” della WM (Baddeley, 1986; 2000; Baddeley & Hitch, 1974), racconta di un sistema differenziato in sottocomponenti specifici del dominio, mentre i modelli basati sull'attivazione propongono l'esistenza di un sistema unitario che fornisce risorse per scopi generali (ad es. Cowan, 1988; 2001).

La questione sulla natura dominio-specifica o dominio-generale della WM è stata esaminata con approcci correlazionali. Ad esempio, sono state studiate le differenze individuali in compiti che prevedono domini di elaborazione e archiviazione differenti (ad es. Shah & Miyake, 1996; Oberauer et al., 2000; Bayliss et al., 2003; Kane et al., 2004), esaminando le correlazioni tra misurazioni della capacità di WM.

Le evidenze sperimentali hanno mostrato che il miglior modello fattoriale in grado di spiegare la struttura della WM si compone di una soluzione a tre fattori, costituita da due fattori di archiviazione dominio-specifici, uno verbale e uno spaziale, e un fattore generale di processamento, identificato da Kane et al. (2004) come attenzione esecutiva. Questa soluzione sembrerebbe rispecchiare il modello tradizionale di WM, in cui dei sistemi di rappresentazione delle informazioni specifici sono controllati da un sistema attentivo più generale (Jarrod & Towse, 2006).

I modelli citati finora condividono la visione della WM come strettamente connessa all'attenzione e alla coscienza (Velichkovsky, 2017). Secondo la *global workspace theory* (Baars, 1997; 2005), la coscienza crea un accesso globale alla mente, a ciò che è definito come il *working theatre* (Dannett & Kinsbourne, 1992; Newell, 1990). In questo "teatro" la coscienza funge da "occhio di bue" sul palco, diretto dal riflettore dell'attenzione selettiva. L'intero palcoscenico del teatro corrisponde alla WM, ma solo gli elementi attivati dalla coscienza possono essere manipolati da essa. Risulta chiaro quindi come in letteratura ci si riferisca a un funzionamento acceso/spento della coscienza sugli elementi presenti nella memoria di lavoro. Sarebbe necessario chiedersi se, al posto di termini come "coscienza" e "inconscio", non sia più utile riferirsi ad essi non in maniera dicotomica ma in maniera continua, vale a dire considerare differenti gradi di coscienza i cui poli sono rappresentati, da un lato, dall'attenzione sostenuta e, dall'altro lato, da differenti livelli subliminali di funzionamento cognitivo.

Recentemente sono state proposte nuove linee di ricerca che aprono alla possibilità di riconsiderare la relazione tra WM e coscienza. Evidenze sperimentali sul mantenimento e l'elaborazione di stimoli inconsci nella memoria di lavoro provengono da studi che hanno utilizzato il paradigma del mascheramento visivo (ad es. Soto, Mäntylä e Silvanto, 2011; Dutta, Shah, Silvanto e Soto, 2014), il paradigma dell'*attentional blink* (ad es. Bergström e Eriksson, 2014) e da studi sulla WM implicita (ad es. Bona, Cattaneo, Vecchi, Soto & Silvanto, 2013; Hassin, Bargh, Engell & McCulloch, 2009). L'attuale dibattito sulla relazione tra WM e coscienza è alimentato principalmente dalla scoperta che stimoli inconsci possono essere elaborati dalla memoria di lavoro (ad es.: Bergström & Eriksson, 2014; Dutta et al., 2014; Soto et al., 2011), tuttavia le evidenze sperimentali sono ancora in numero limitato e gli effetti osservati sono piccoli. Lo studio della relazione tra WM e coscienza avrebbe bisogno di ulteriori ricerche (Velichkovsky, 2017) e per il momento le prove non sono sufficienti per supportare una WM inconscia (Persuh, LaRock & Berger, 2018).

### 3.2. La Working Memory Capacity

La memoria di lavoro è un sistema a capacità limitata. Le differenze individuali nella Working Memory Capacity (WMC) esistenti nella popolazione (Cowan, 2001; Kane & Engle, 2002; Oberauer, Farrell, Jarrold, & Lewandowsky, 2016) spiegano le differenti performance degli individui in una varietà di attività cognitive complesse.

La WMC gioca un ruolo cruciale in processi cognitivi ad alto livello, per esempio nella comprensione (ad es. lettura: Daneman & Carpenter, 1980; 1983; Daneman & Merikle, 1996; linguaggio: Just & Carpenter, 1992; King & Just, 1991; MacDonald et al., 1992), nel ragionamento (Ackerman, Beier, & Boyle, 2005; Conway, Kane, & Engle, 2003; Kane, Hambrick, & Conway, 2005; Oberauer, Schulze, Wilhelm, & Süß, 2005), nell'apprendimento basato su regole (ad es.: Smith & DeCoster, 2000), nel problem solving incrementale (ad es.: Fleck, 2008; Gilhooly & Fioratou, 2009; Hambrick & Engle, 2003; Wiley & Jarosz, 2012).

Non c'è una definizione concettuale universale della WMC (Barrett, Tugade, & Engle, 2004), a causa del dissenso sui meccanismi responsabili delle differenze individuali nella WMC<sup>2</sup>. Tuttavia, esiste una definizione operativa della WMC, utilizzata nella ricerca sul problem solving, che indica la WMC come il numero di item ricordati durante un *complex span task* (Redick et al., 2012; Conway et al., 2005).

Al contrario degli *span task* semplici, come il *digit span test* (Humstone, 1919) o il *Corsi block-tapping test* (Corsi, 1972), i quali misurano solamente la capacità di immagazzinamento a breve termine e il recupero selettivo di informazioni, il *complex span task* richiede in aggiunta di elaborare alcune informazioni.

---

<sup>2</sup> Le prospettive teoriche principali sono la "executive attention view" (e.g. Engle, 2002), la "binding hypothesis" (e.g., Oberauer, 2009) e la "memoria primaria e secondaria" (Unsworth & Engle, 2007). Le teorie concordano che i complex span tasks e gli updating tasks (ad es. Miyake et al., 2000) condividono una sostanziale proporzione della varianza, ma hanno interpretazioni differenti di cosa sia questa varianza condivisa: secondo la teoria dell'attenzione esecutiva essa riflette la varianza nell'attenzione generale esecutiva; secondo la teoria delle due componenti essa riflette principalmente la memoria primaria; per la binding hypothesis essa riflette l'abilità legante che sottostà alla WMC.

Un esempio di *complex span task* è l'automated Reading span task (in figura 3.3; Redick et al., 2012), durante il quale i partecipanti devono memorizzare una lettera, mentre devono giudicare se una frase ha senso oppure no. Dopo una sequenza di frasi e lettere, ai partecipanti è richiesto di richiamare alla memoria le lettere in ordine. Alti punteggi nei *complex span task* denotano in generale un più alto livello di controllo attenzionale (Unsworth and Engle, 2007).

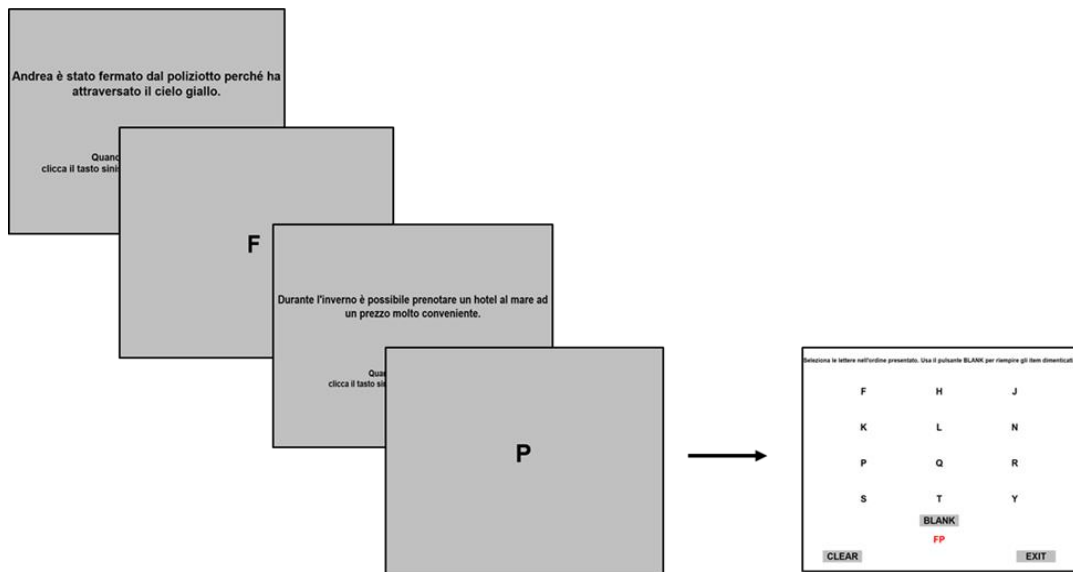


Figura 3.3. Automated Reading span task (Redick et al., 2012): un esempio di una sequenza di frasi e lettere, con schermata di richiamo.

Infine, la misura della WMC si è dimostrata altamente correlata con il fattore *g* (Colom, Rebollo, Palacios, Juan-Espinosa & Kyllonen, 2004), ovvero quel fattore che si riferisce alla varianza condivisa dai test di abilità (Brody, 1992; 1997; Carroll, 1993; 1995; 1997; 2003; Jensen, 1998; Mackintosh, 1998).

### 3.3. Le differenze individuali nella WMC e l'insight problem solving

La memoria di lavoro è stata utilizzata frequentemente in letteratura per comprendere se l'*insight problem solving* potesse differenziarsi dal problem solving incrementale, in quanto essa è comunemente associata all'esperienza conscia (e.g., Andrade, 2001; Baddeley, 1992; Jacobs & Silvanto, 2015).

Le differenze individuali nella WMC si possono considerare come differenze individuali nei processi dell'esecutivo centrale, che consentono di controllare attivamente le risorse dell'attenzione (Kane, Bleckley, Conway e Engle, 2001). Pertanto, la misurazione della WMC predice la performance in compiti cognitivi sensibili alle differenze individuali nella capacità di controllare attivamente e allocare le risorse dell'attenzione. Al contrario, la misura della WMC non è associata alle prestazioni in compiti che dipendono dai processi automatici (vedi, ad esempio, Conway & Engle, 1994; Kane & Engle, 2003).

La relazione tra problemi incrementali e memoria di lavoro è chiara: una WMC più elevata migliora le prestazioni nella risoluzione (ad es.: Fleck, 2008; Hambrick & Engle, 2003; Wiley & Jarosz, 2012). Invece, la relazione tra WM e soluzione dei problemi insight è al centro di un dibattito interessante, a causa di punti di vista contrastanti.

Secondo i sostenitori della prospettiva *business-as-usual* (ad es.: MacGregor et al., 2001; Chronicle et al., 2004), i problemi incrementali e i problemi insight sono risolti attraverso gli stessi processi mentali sottostanti, pertanto una WMC più elevata dovrebbe avere un'influenza positiva su entrambi i tipi di problemi.

Secondo la *special process view* (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Ohlsson, 2011; Schooler et al., 1993; Wiley & Jarosz, 2012) i problemi insight differiscono dai problemi incrementali, poiché la loro soluzione è il risultato di processi automatici e associativi al di fuori del controllo della coscienza, quindi una più alta WMC dovrebbe avere un'influenza positiva sulla soluzione dei problemi incrementali, ma non dovrebbe influenzare la soluzione dei problemi insight.

In letteratura, si possono trovare sia correlazioni positive significative (ad es.: Chein, Weisberg, Streeter, & Kwok, 2010; Chronicle, MacGregor, & Ormerod, 2004; Chuderski & Jastrzębski, 2018), sia correlazioni nulle (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Fleck, 2008; Gilhooly & Murphy, 2005).

Queste evidenze empiriche contrastanti potrebbero derivare da una serie di fattori che variano da studio a studio, come ad esempio da fattori situazionali attribuibili al contesto sperimentale (ad es. Van Stockum & DeCaro, 2014), dall'utilizzo di istruzioni differenti per lo stesso problema (vedi capitolo 4), dalla variabilità nella scelta dei test



per la misurazione della WMC, ecc. Per quanto possibile, in questo lavoro abbiamo cercato di tenere in considerazione questi fattori e di mantenerli costanti in tutti gli studi.

Visto quanto detto finora, la memoria di lavoro potrebbe essere considerata l'ago della bilancia in favore della prospettiva *business-as-usual* o della *special process view*. Per quanto riguarda invece la prospettiva dell'*unconscious analytic thought* (Bagassi & Macchi, 2016; Macchi & Bagassi, 2012, 2015, 2018), la questione è più complessa ed è relativa ai tipi di processi che si attivano nella fase di incubazione. Secondo le autrici, la ristrutturazione necessiterebbe di un pensiero implicito di alto livello, una sorta di pensiero analitico inconscio, che agisce in base alla pertinenza. In questa prospettiva il pensiero analitico non deve essere inteso nel senso di un processo graduale di semplificazione del problema, ma come l'atto di cogliere le caratteristiche cruciali della sua struttura (Bagassi & Macchi, 2016). La possibilità dell'esistenza di un processo cognitivo di questo tipo potrebbe far pensare a una dimensione inconscia della WM che lavora in parallelo. Come precedentemente spiegato, non esistono sufficienti evidenze sperimentali per individuare processi non consapevoli della WM e per considerare l'esistenza di una Working Memory virtuale (vedi ad es.: Carrouther, 2006; Bagassi e Macchi, 2016 Frankish, 2009; 2010). Alla luce però della tipologia di compiti che vengono utilizzati per misurare la WMC (che richiedono processi consapevoli di mantenimento delle informazioni e compiti di giudizio), questa prospettiva si colloca dalla parte della *special process view* per quanto riguarda l'influenza delle differenze individuali nella WMC e nella soluzione dei problemi insight.

Sono tre i metodi di ricerca solitamente utilizzati per studiare il ruolo della memoria di lavoro sulla soluzione di problemi: il paradigma del dual-task, la disabilitazione della WM e l'approccio delle differenze individuali, anche detto correlazionale. Il metodo del doppio compito, frequentemente utilizzato anche da Baddeley (2009) per investigare il modello della WM, prevede che se a un individuo viene chiesto di eseguire un secondo compito mentre sta cercando di risolvere un problema, e questa condizione peggiora la performance nella soluzione del problema, allora i componenti della WM impiegati nel secondo compito dovrebbero essere coinvolti anche nel processo di soluzione del problema. Il secondo approccio studia le condizioni che possono ridurre l'efficacia dei

processi della WM, come l'intossicazione da alcool (ad es. Jarosz, Colflesh & Wiley, 2012) o droghe, malattie o traumi neurologici (ad es. Reverberi, Toraldo, D'agostini & Skrap, 2005). Il terzo approccio, ovvero quello delle differenze individuali, considera la correlazione tra le misure di WMC e la performance nei problemi insight e non-insight. È quest'ultimo il metodo maggiormente utilizzato nell'attuale dibattito tra *business-as-usual view* e *special process view*, ed è anche il metodo che si è scelto di utilizzare per questo lavoro, al fine di avere una maggiore possibilità di poter confrontare i nostri risultati con quelli presenti in letteratura.

### **3.4. L'esperimento**

Alla luce delle considerazioni fatte finora, ci sembra interessante studiare la relazione tra memoria di lavoro e soluzione di problemi per comprendere quali tipi di processi stiano alla base del problem solving insight e incrementale. Ricordiamo brevemente che i sostenitori della *business-as-usual view* (MacGregor et al., 2001; Chronicle et al., 2004) non prevedono un processo cognitivo specifico per la soluzione dei problemi insight, visto che considerano questi processi come procedurali, al pari di quelli responsabili della soluzione dei problemi incrementali. Quando l'utilizzo di un'euristica o di una routine fallisce, allora il solutore andrà alla ricerca di un'altra strategia di soluzione. Secondo questo approccio, la WM dovrebbe essere associata positivamente sia alla soluzione dei problemi incrementali che a quella dei problemi insight. Invece secondo i sostenitori della *special process view* (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Ohlsson, 2011; Schooler et al., 1993; Wiley & Jarosz, 2012), i problemi insight possono essere risolti attraverso processi di tipo associativo automatico. A seguito dell'impasse, durante l'incubazione, i processi di tipo associativo possono stabilire nuove relazioni tra gli oggetti del problema, permettendo al solutore di superare la rappresentazione iniziale fuorviante del problema. Questi processi, che porterebbero alla scoperta della soluzione attraverso la ristrutturazione, sfuggono al controllo della coscienza e non sono limitati dalle risorse della memoria di lavoro.

Secondo la prospettiva dell'unconscious analytic thought (Macchi & Bagassi, 2012; 2015; Bagassi & Macchi, 2016; vedi capitolo 1), tale ristrutturazione non può avvenire per caso, tramite associazioni o per tentativi ciechi, ma solamente grazie allo sviluppo di

un pensiero produttivo capace di generare novità, implicando processi impliciti ma di alto livello (Bagassi e Macchi, 2016). Secondo entrambe le prospettive, cioè la *special process* e *l'unconscious analytic*, la soluzione avviene per lo più in maniera inconscia perciò, se concepiamo l'attività della memoria di lavoro come completamente cosciente, la WM non dovrebbe essere associata alla soluzione del problema insight.

Secondo Ash e Wiley (2006), per comprendere che tipo di processi sottendono la soluzione dei problemi insight, sarebbe necessario isolare il contributo della WMC specificatamente nella fase seguente l'impasse, poiché è in quella fase che esiste una differenza sostanziale tra le prospettive.

Mentre nei solutori veloci (per il problema insight preso in considerazione in questo studio, entro i 5 minuti) è difficile individuare sperimentalmente il momento in cui il soggetto entra in impasse, si può pensare invece che sia più semplice isolare l'effetto della WM sulla fase di incubazione se è sperimentalmente indotta e controllata nei solutori.

In questo esperimento il ruolo della memoria di lavoro sarà pertanto considerato sia per i solutori veloci, come di solito accade, sia per coloro che risolvono il problema solo in seguito al periodo di incubazione indotto sperimentalmente. Ricerche recenti (Caravona & Macchi, in revisione) hanno confermato l'effetto positivo del periodo di incubazione associato ad un compito che richiede basso sforzo cognitivo ma alta focalizzazione attentiva. Il compito utilizzato dalle autrici richiede lo svolgimento di una serie di operazioni aritmetiche che comprendono addizioni a tre cifre da risolvere mentalmente (ad es.  $382+139=$ \_\_\_). La letteratura sulla relazione tra la WMC e la performance nell'aritmetica mentale indica un ampio coinvolgimento dell'attenzione esecutiva (vedi ad es.: DeStefano & LeFevre, 2004; Fürst & Hitch, 2000; Gullick, Sprute & Temple, 2011).

Sulla base di queste evidenze, abbiamo scelto di utilizzare lo stesso problema insight e le stesse operazioni aritmetiche come compito di incubazione, presentati nello studio di Caravona e Macchi, per studiare i processi responsabili della soluzione veloce al problema insight e della soluzione a seguito di incubazione sperimentalmente indotta. Un aumento dei solutori, a seguito della fase di incubazione con compito matematico,

potrebbe essere considerata una prova ulteriore della natura non cosciente dei processi sottostanti alla soluzione dei problemi insight.

### 3.4.1. Metodo

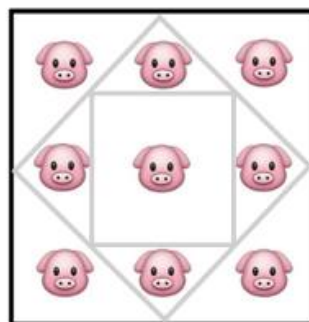
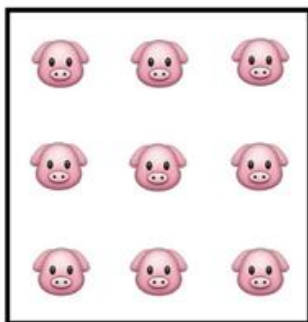
#### *Partecipanti*

Hanno partecipato allo studio 83 studenti (31 maschi, 18-28 anni, età media = 21.64, DS= 1.771). Tutti i partecipanti sono italiani e senza diagnosi di DSA e ADHD. I partecipanti che non hanno raggiunto un'accuratezza minima dell'80% nel *symmetry task* e/o nel *sentence task* sono stati esclusi dall'analisi poiché i risultati della misurazione della WMC non si possono considerare validi (Conway et al., 2005). Due ulteriori partecipanti sono stati esclusi per problemi tecnici durante la somministrazione e per valori anomali nelle misurazioni.

#### *Materiali e procedura*

Ogni soggetto è stato testato individualmente. Dopo aver letto e firmato il consenso informato e il trattamento dei dati personali, al partecipante veniva presentato su carta il problema insight *Pigs in a Pen Problem*, comunemente conosciuto come *PigPen* (Schooler, Ohlsson, & Brooks, 1993; in figura 3.4).

La consegna del problema è la seguente:



*“Ci sono 9 maialini in un recinto quadrato. Disegna altri due recinti quadrati, in modo che ogni maialino sia in un recinto da solo.”*

Figura 3.4. *Pigs in a pen problem* (Schooler, Ohlsson, & Brooks, 1993)

Il partecipante poteva utilizzare il foglio del problema per scrivere ed effettuare delle prove (in Appendice B alcuni esempi di risposta).

Fase 1. Ogni soggetto aveva a disposizione per questa prima fase un massimo di 5 minuti e 30 secondi per risolvere il problema, tuttavia questo limite non era dichiarato per evitare gli effetti dello stress temporale sulla risoluzione del problema (vedi ad es. Beilock & DeCaro, 2007). Era invece richiesto di avvertire lo sperimentatore nel momento in cui il partecipante si fosse sentito bloccato e non fosse riuscito a proseguire. È importante non stabilire arbitrariamente, o a priori, il momento di inizio del periodo di incubazione indotto sperimentalmente (Segal, 2004).

Incubazione indotta. I partecipanti che non riuscivano a risolvere il problema entro il limite massimo o che sperimentavano il blocco prima di quel momento, furono sottoposti ad un compito di incubazione indotta che consisteva in una serie di operazioni matematiche, da svolgere per 8 minuti<sup>3</sup>.

Fase 2. Al termine di questa prova veniva ripresentato il *PigPen Problem*, per un massimo di 8 minuti.

Compito incrementale. Successivamente ai partecipanti è stato chiesto di risolvere al

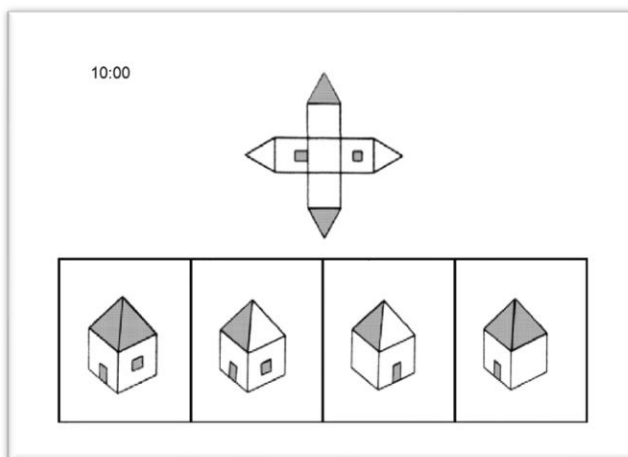


Figura 3.5. Un esempio di problema dello *Spatial Relations Task* (Salthouse, 2006)

pc lo *Spatial Relations Task* (SRT; Salthouse, 2006), ovvero un compito spaziale di tipo analitico. Durante questo compito, dopo una prima fase di training, i soggetti dovevano scegliere la figura tridimensionale giusta tra 4, che rappresentava il modello aperto bidimensionale mostrato (un esempio mostrato in Figura 3.5). Il

punteggio finale è composto dal numero di figure correttamente individuate, da un minimo di 0 ad un massimo di 20, in un tempo complessivo di 10 minuti.

<sup>3</sup> Lo stesso compito è stato somministrato anche ai solutori della fase 1, al fine di equilibrare il carico cognitivo imposto ai soggetti prima della misurazione della WMC.

WMC. Infine, i soggetti dovevano completare due complex span task: l'*automated Symmetry span task (aSspan; Redick, et al., 2012)* e l'*automated Reading span task (aRspan; Redick, et al., 2012)*. Entrambi gli *span task* sono presentati al computer e sono composti da compiti di memorizzazione e da compiti di processamento delle informazioni, che vengono intervallati. La misurazione della WMC richiede circa 40 minuti in totale. Nell'*aSspan* i partecipanti sono chiamati a giudicare la simmetria di una figura lungo un asse verticale centrale (*symmetry task*), poi viene presentato loro un quadratino rosso all'interno di una griglia 4x4. Il loro compito è quello di memorizzare la posizione del quadratino rosso, poiché dopo una serie di giudizi di simmetria e memorizzazione di quadratini (la lunghezza delle serie è variabile da 2 a 5), è chiesto loro di richiamare alla memoria la posizione dei quadratini visti nella serie, in ordine di presentazione. I partecipanti completano 12 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale consiste nel numero di quadratini rossi totali ricordati correttamente, con un range di 0-42.

In modo simile, nell'*aRspan* ai partecipanti è chiesto di giudicare la verità/falsità di una frase e di ricordare la lettera presentata immediatamente dopo la frase. Essi hanno il compito di memorizzare la lettera, poiché dopo una serie di frasi e lettere (la lunghezza della serie è in questo caso da 3 a 7), è chiesto loro di richiamare alla memoria le lettere che hanno visto, nel corretto ordine di presentazione. I partecipanti completano 15 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale corrisponde al numero di lettere ricordate correttamente, con un range di 0-75.

I punteggi finali sono considerati validi se il partecipante risponde correttamente ad almeno l'80% dei compiti nel *symmetry task* e nel *sentence task* (Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm & Engle, 2005). Un'accuratezza inferiore determina l'esclusione del partecipante dall'analisi.

I partecipanti sono stati assegnati in modo casuale in due gruppi, ai quali *aRspan* e *aSspan* sono stati presentati in maniera controbilanciata.

### 3.4.2. Analisi dei risultati

In Tabella 3.1, sono riportati i risultati delle misurazioni della WMC con l'aRspan e l'aSspan. L'affidabilità delle misurazioni è stata calcolata come indicato in Conway et al. (2005). I due punteggi correlano positivamente tra di loro,  $r(83) = .458$ ,  $p < 0.000$ .

Tabella 3.1. Statistiche descrittive per WMC verbale e per WMC visuo-spaziale

	Minimo	Massimo	Media	Dev. std.	Asimmetria	Curiosi	Affidabilità ( $\alpha$ Cronbach)
aRspan	13	74	51.65	11.21	-.611	.813	.758
aSspan	8	42	30.66	7.23	-.727	.294	.788

A partire da queste, è stato creato un punteggio fattoriale globale di WMC, sulla base della varianza condivisa tra i due punteggi.

In figura 3.6, sono mostrati i risultati del *Pig Pen Problem*.

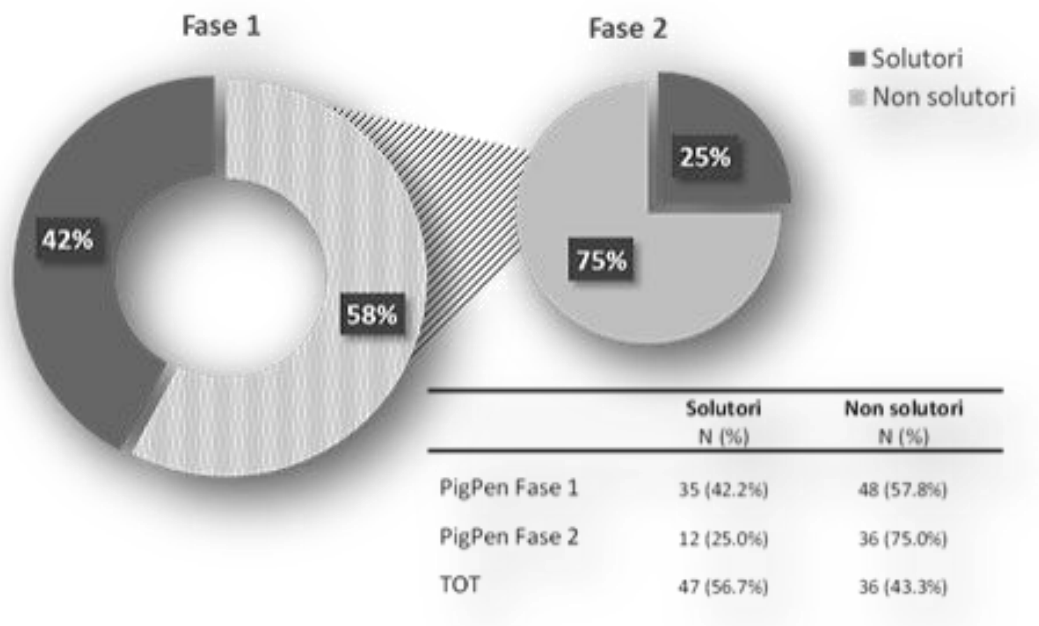


Figura 3.6. Risultati del PigPen Problem, divisi per fase 1 e fase 2.

Fase 1. Nella fase 1, i solutori sono 35 su 83 (il 42.2%), in linea con la letteratura (ad es.: Schooler et. al,1993; Macchi e Bagassi, 2012) e il tempo medio di soluzione è di 2m46s (DS= 1m19s). Non ci sono differenze significative tra solutori e non solutori nella WMC,  $t(81) = -1.760$ ,  $p = .082$ . Tra i solutori non c'è correlazione tra WMC e tempo di risposta

( $r(35)=.278$ ,  $p=.106$ ), mentre tra i non solutori, una più bassa WMC è associata a una velocità maggiore nell'indicare di essere bloccati ( $r(48)=.385$ ,  $p=.007$ ). Questo risultato indica che i soggetti con una più bassa WMC potrebbero entrare prima in impasse, ma le ragioni non sono chiare. Un minor livello di controllo attenzionale (associato a una più bassa WMC) potrebbe, ad esempio, indicare una minore predisposizione all'esplorazione delle possibilità all'interno dello spazio del problema ed essere associato ad uno sforzo maggiore nell'individuare le mosse disponibili; di conseguenza, se data la possibilità di interrompere il compito come in questo caso, i soggetti con bassa WMC si arrendono prima, non perché sono più veloci di quelli con una più alta WMC, ma perché lo sforzo richiesto, in base alle loro capacità, è maggiore.

Incubazione indotta. Un piccolo approfondimento sul compito di incubazione utilizzato, ovvero le operazioni matematiche. Le analisi mostrano una correlazione positiva tra WMC e numero di operazioni effettuate ( $r=.331$ ,  $p=.003$ ), confermando i risultati trovati in letteratura sul coinvolgimento della memoria di lavoro sulla performance nella matematica mentale ed indicando ulteriormente il coinvolgimento delle risorse attentive nel compito di incubazione.

Fase 2. Nella fase 2, 12 partecipanti su 48 (25%) risolvono il problema dopo l'incubazione indotta sperimentalmente; in questo caso il tempo medio di soluzione è di 3m19s ( $DS= 1m47s$ ). Come nella Fase 1, non ci sono differenze statisticamente significative tra solutori e non solutori nella WMC,  $t(46)=-1.491$ ,  $p=.143$ . Tra i solutori non c'è correlazione tra WMC e tempo di risposta  $r(12)=-.482$ ,  $p=.112$ .

Compito incrementale. Una più alta WMC è correlata a un maggior numero di problemi risolti correttamente ( $r=.353$ ,  $p=.001$ ) e a un tempo medio più breve di risposta ( $r=-.310$ ,  $p=.004$ ).

La soluzione del problema insight nella Fase 1 è associata alla soluzione di un maggior numero di problemi incrementali,  $r=.351$ ,  $p=.001$ . In media, chi risolve il problema insight nella Fase 1 risolve più problemi incrementali rispetto a chi non risolve il *PigPen Problem* nella Fase 1 (Figura 3.7). La differenza risulta statisticamente significativa,  $t(81)=-3.371$ ,  $p=.001$ , con un effect size ampio,  $d=-0.749$  (Cohen, 1988).



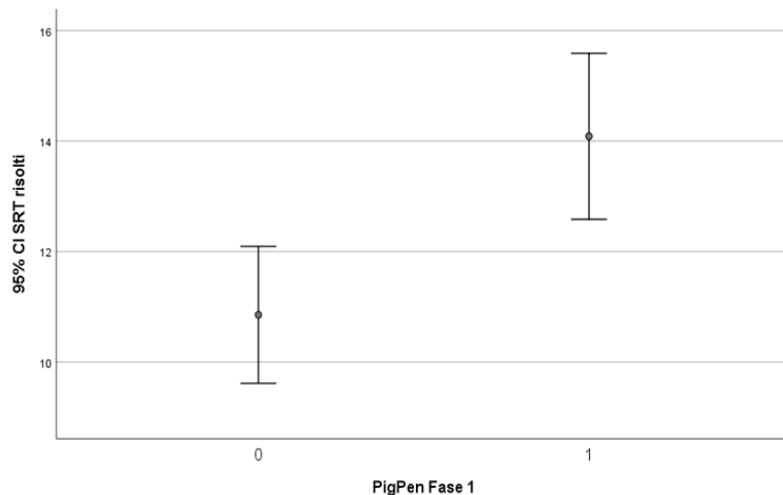


Figura 3.7. Problemi incrementali risolti, in media, dai solutori (1) e non solutori (0) del problema insight nella Fase 1

La condivisione della natura dei due tipi di problemi, per entrambi di tipo spaziale, potrebbe essere la fonte di questa curiosa evidenza. L'effetto della sola componente visuo-spaziale della WM, misurata attraverso l'automated Symmetry span, è stata perciò analizzata sia in relazione alla performance nella *Fase 1* del problema insight, che in relazione a quella del problema incrementale.

La WMC visuo-spaziale correla con la soluzione dei problemi incrementali ( $r=.431$ ,  $p<.001$ ), ma non con la soluzione del problema insight nella *Fase 1* ( $r=.128$ ,  $p=.248$ ). Questi risultati ribadiscono che la WMC non è implicata nella soluzione dei problemi insight e che la natura dei processi responsabili della soluzione dei problemi incrementali e insight è diversa, ma lasciano aperta la questione sul legame trovato tra solutori del PigPen nella *Fase 1* e miglior performance nel compito incrementale.

### 3.5. Discussione

Dall'analisi dei risultati appare evidente l'esistenza di due tipi di processi separati per il problem solving incrementale e l'*insight problem solving*, così come sostenuto dalle prospettive *special process* e *unconscious analytic thought*. Questa differenza è relativa alla natura conscia vs inconscia dei processi mentali. Infatti, una più alta WMC è associata ad un maggior numero di problemi incrementali risolti correttamente, mentre non c'è

differenza nella WMC tra solutori veloci e non solutori del *PigPen Problem* nella *Fase 1*, né tra coloro che risolvono il problema in seguito al periodo di incubazione indotto sperimentalmente e coloro che non lo risolvono nella *Fase 2*.

Tuttavia, nella *Fase 1* una più alta WMC è associata a un più tardo insorgere dell'impasse. Considerando però la specificità del compito, che prevede l'indicazione da parte del soggetto del momento in cui ci si "arrende", questa evidenza potrebbe forse suggerire che gli individui con una più alta WMC possano essere più perseveranti nella ricerca della soluzione all'interno della rappresentazione del problema. Questa propensione potrebbe essere attribuita a un maggior livello di controllo attenzionale, che li farebbe esplorare nello specifico più possibilità e punti di vista, in base alle informazioni in possesso. Questa predisposizione sarebbe tipica di uno stile cognitivo più riflessivo e basato sui processi di tipo 2 (Stanovich, West & Toplak, 2016).

I risultati presenti in letteratura sul ruolo della WMC sulla performance dei compiti di aritmetica mentale sembrano essere confermati. Una più alta WMC risulta infatti associata in maniera positiva a un maggior numero di operazioni svolte correttamente nel tempo a disposizione. Perciò si potrebbe affermare che il compito di incubazione utilizzato assorbe le risorse della memoria di lavoro, impegnando i processi consapevoli. L'aumento di solutori dopo l'incubazione (*Fase 2*), 12 in più rispetto alla *Fase 1*, è quindi un'ulteriore evidenza che supporta l'uso esclusivo di processi inconsci nella soluzione del problema insight.

I nostri risultati mostrano, infine, che i solutori veloci del problema insight (*Fase 1*), sono più performanti nella soluzione dei problemi incrementali. Dal momento che entrambi i problemi condividano una natura di tipo spaziale, abbiamo inizialmente ipotizzato che la componente visuo-spaziale della memoria di lavoro potrebbe essere responsabile di questo curioso legame. L'analisi del legame tra WMC visuo-spaziale e performance nella *Fase 1* del problema insight non ha mostrato tuttavia risultati significativi. Invece, la memoria di lavoro visuo-spaziale è associata in maniera significativa alla soluzione del compito incrementale utilizzato.

Dato che non sembra essere la WM a determinare il successo dei solutori di insight nel compito incrementale, allora potremmo pensare che esista un qualche meccanismo condiviso, che operi nella soluzione di entrambi questi problemi, ma che sfugga al controllo della coscienza. Un'altra possibilità potrebbe essere che la WMC spaziale non

agisca esclusivamente sul piano della coscienza. Come introdotto nel capitolo 3.1, ricerche recenti hanno evidenziato l'esistenza di elementi inconsci nella memoria di lavoro (ad es. Bergström & Eriksson, 2014; Dutta et al., 2014; Soto et al., 2011). Queste evidenze però non sono ancora sufficienti per affermare che la WM possa operare in maniera inconscia.

Possiamo concludere che i nostri risultati respingono l'ipotesi sostenuta dalla *business-as-usual*, secondo la quale i processi sottesi alla soluzione di problemi insight non hanno nulla di speciale e nulla di diverso dai problemi di tipo incrementale. La natura dei processi responsabili della soluzione dei problemi insight, al contrario di quella dei problemi incrementali, sembra non essere di tipo cosciente. Altre questioni rimangono aperte, come ad esempio perché una più alta WMC è associata a un più tardo insorgere dell'impasse, e qual è il meccanismo condiviso, che opera nella soluzione di entrambe le tipologie di problemi, ma che sfugge al controllo della coscienza.

## CAPITOLO 4. IL RUOLO DELLE COMPONENTI VERBALI E VISUO-SPAZIALI DELLA WORKING MEMORY NELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI

### 4.1. Working Memory verbale e Working Memory visuo-spaziale

Sulla base del modello multicomponente di Baddeley (vedi capitolo 3), che distingue i magazzini della memoria di lavoro sulla base della tipologia di informazioni trattenute e manipolate, si possono considerare due tipi di WM, una verbale e una spaziale. La WM verbale è implicata in una varietà di compiti che prevedono il mantenimento delle informazioni verbali e dei testi (ad es.: Just e Carpenter, 1992; De Beni, Palladino, Pazzaglia e Cornoldi, 1998), l'acquisizione del linguaggio e la comprensione nella lettura (Daneman and Carpenter, 1980; Engle et al., 1999; Wiley and Jarosz, 2012). La WM visuo-spaziale è invece implicata in compiti cognitivi complessi quali ad esempio la generazione, il mantenimento e la trasformazione di immagini mentali (Kosslyn, 1980). La memoria visuo-spaziale è implicata anche nell'orientamento spaziale (Denis, Daniel, Fontaine e Pazzaglia, 2001; Garden, Cornoldi e Logie, 2002; Bosco, Longoni e Vecchi, 2004), nel disegno (Morra, 2005), nel ricordo della posizione di oggetti (Postma e De Haan, 1996; Zimmer, Speiser e Seidler, 2003). Inoltre, la WMC visuo-spaziale è coinvolta nella capacità di integrazione di informazioni visive e verbali durante la comprensione di testi scritti (Gyselinck, Cornoldi, Dubois, De Beni e Ehrlich, 2002; Mayer e Sims, 1994), e anche quando non sono presenti figure, la WM visuo-spaziale aumenta la comprensione dei testi che descrivono configurazioni spaziali (Taylor e Tversky, 1992; Denis, 1996).

L'esistenza di componenti verbali e visuo-spaziali separate nella WM, è sostenuta anche da ricerche provenienti da diversi ambiti. Studi con fMRI, ad esempio, hanno indagato in modo specifico le aree del cervello coinvolte nella WM verbale (Honey et al., 2000; Veltman et al., 2003; Chen e Desmond, 2005; Narayanan et al., 2005; Wolf et al., 2006), corroborando l'idea che una varietà di reti cerebrali siano attivate, principalmente aree nella corteccia prefrontale e nella corteccia parietale, nonché regioni cerebellari e dei gangli basali (Paulesu et al., 1993; Petrides et al., 1993; Desmond et al., 1997; Crosson et al., 1999; Lewis et al., 2004; Chang et al., 2007; Buchsbaum et al., 2011; Thürling et al., 2012; Moore et al., 2013; Chai et al., 2018).

Mentre la corteccia prefrontale sinistra sembrerebbe essere principalmente coinvolta nei processi della WM verbale, quella destra sembrerebbe essere maggiormente coinvolta nella WM visuo-spaziale (Wager e Smith, 2003; Owen et al., 2005), evidenziando dei correlati neurali diversi per le due componenti.

Studi correlazionali hanno invece trattato la relazione tra WM e l'intelligenza (ad es.: Ackerman, Beier, & Boyle, 2002, 2005; Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne, & Engle, 2004; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999). Alcuni studi considerano solo compiti verbali (Conway et al., 2002; Engle, Tuholski, et al., 1999), altri solo compiti spaziali (Miyake et al., 2001).

Dang, Braeken, Ferrer, & Liu (2012), hanno testato la natura della WM attraverso modelli di equazioni strutturali, basati sulla relazione con l'intelligenza fluida e cristallizzata (Cattell, 1963; Horn e Cattell, 1966). Generalmente, l'intelligenza fluida rappresenta la capacità di base dell'apprendimento, mentre l'intelligenza cristallizzata si riferisce ai prodotti della conoscenza acquisita (Kausler, 1991; Gardner & Clark, 1992) ed entrambe coinvolgono i processi di tipo 2 (Stanovich et al, 2016). I risultati di Dang e colleghi (2012) mostrano che la memoria di lavoro visuo-spaziale è correlata maggiormente con l'intelligenza fluida, mentre la memoria di lavoro verbale è correlata in misura maggiore con l'intelligenza cristallizzata, supportando anche in questo caso l'idea di due magazzini separati della WM.

Nella ricerca sul problem solving, la WM è generalmente intesa come un'unica componente, ovvero si basa su una visione generica di memoria di lavoro assimilabile alle funzioni dell'esecutivo centrale (Baddeley, 2003), enfatizzando la relazione tra soluzione del problema e attenzione esecutiva (Engle, 2002). Pertanto, nella maggior parte degli studi, le misure della WMC verbale e visuo-spaziale sono utilizzate in maniera aggregata, così come è stato fatto anche nel capitolo 3, calcolando un punteggio globale di WMC tramite media o punteggio fattoriale (ad es. Ash e Wiley, 2006; Sovansky & Ohlsson, 2016); raramente la misura della WMC passa attraverso la misurazione esclusiva di un componente della WM (ad es. DeCaro, van Stockum & Wieth, 2016), considerato come un indicatore indifferentemente dalla sua natura verbale o visuo-spaziale.

In un numero ristretto di studi, invece, la misura dello span della memoria di lavoro verbale e quella della visuo-spaziale sono mantenute separate affinché l'influenza della WM possa essere studiata in relazione alla natura spaziale o verbale dei problemi (ad es. Chein, Weisberg, Streeter, Kwok, 2010; Chuderski, 2014; Chuderski & Jastrzębski, 2017; Fleck, 2008; Gilhooly & Fioratou, 2009). Ad esempio, Chein e colleghi (2010) hanno trovato un'associazione positiva tra WMC visuo-spaziale e la soluzione del problema dei nove punti, un problema di natura tipicamente spaziale, e nessuna relazione tra WM verbale e performance. Quando è stata presa in considerazione la varianza comune tra le due misure di WMC, la relazione con la soluzione del problema non è stata trovata.

A partire da queste evidenze, con questo studio ci si pone l'obiettivo generale di capire se sia ragionevole immaginare funzioni separate per la WM verbale e la WM visuo-spaziale in determinate fasi del processo di soluzione dei problemi insight di natura sia verbale che spaziale, sulla base delle specificità associate alle due componenti. Non è nostra intenzione, in questo caso, indagare la natura dei processi che intervengono nella ristrutturazione del problema insight, quanto piuttosto se le diverse componenti della memoria di lavoro possono esercitare un'influenza separata in fasi diverse nel promuovere o nell'ostacolare il raggiungimento dell'impasse.

#### **4.2. Quando una più alta WMC verbale ostacola l'insight**

All'interno della prospettiva *special process*, che presuppone l'esistenza di processi associativi automatici sottesi alla soluzione di problemi insight, DeCaro, van Stockum e Wieth (2016), sostengono che una più alta WMC può avere un impatto negativo sull'*insight problem solving*. Gli autori si sono concentrati sulla natura dominio-generale della WM e quindi sul ruolo del controllo attenzionale (Miyake Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001) sulla fase di rappresentazione del problema, misurando la WMC con un complex span task di memoria verbale.

Siccome la soluzione dei processi insight dovrebbe far affidamento, secondo i sostenitori della *special process view*, su processi associativi che operano al di fuori del controllo dell'attenzione, gli individui con alta WMC potrebbero essere svantaggiati perché più propensi a utilizzare un processo di ricerca della soluzione che richiede

attenzione e potrebbero impiegare più tempo nella fase iniziale di soluzione, raggiungendo l'importante fase di ristrutturazione meno rapidamente (Wiley, 1998; Wiley & Jarosz, 2012). Nella misura in cui gli individui con alta WMC persistono nell'uso di strategie complesse all'interno di una rappresentazione iniziale difettosa, questo approccio può ritardare, o inibire, il risolutore dal raggiungere un'impasse e ristrutturare (Gilhooly e Fioratou, 2009).

DeCaro et al. (2016) sostengono che la relazione tra WMC e insight dipenda anche dalle caratteristiche del problema insight. Nello specifico, i problemi insight richiederebbero sia processi associativi che processi che impegnano la WMC (Martindale, 1995; Smallwood & Schooler, 2006; Wiley & Jarosz, 2012b). Mentre la fase della rappresentazione iniziale del problema richiederebbe lo sforzo della WMC, la fase di ristrutturazione farebbe affidamento sui processi associativi. L'influenza negativa della WMC apparirebbe evidente nel confronto tra problemi incrementali e problemi insight che condividono la medesima rappresentazione iniziale (DeCaro et al., 2016), come nel *Matchstick Arithmetic Task*. In realtà, i due tipi di problemi pur condividendo lo stesso tipo di regole e la stessa tipologia di simboli, possiedono delle rappresentazioni iniziali diverse nella loro funzione in rapporto al raggiungimento della soluzione. Lo spazio del problema non cambia negli incrementali (Simon, 1990), mentre deve subire una ristrutturazione negli insight affinché sia possibile superare l'impasse e risolvere il problema.

Chuderskij e Jastrzębski (2017; 2018) hanno criticato i risultati di DeCaro et al. (2016), a causa del numero esiguo di solutori (13%) sul quale si basano le analisi. Così, secondo gli autori, potrebbe essersi creato una sorta di "floor effect", determinato da errori di misurazione nella media e di possibili misure anomale, casuali, che potrebbero aver influenzato i risultati in favore di una WMC più bassa. In un loro esperimento (Chuderskij e Jastrzębski, 2017), gli autori propongono a un campione di nazionalità polacca il problema dei fiammiferi, oltre a una lunga serie di altri problemi incrementali e insight, trovando percentuali molto più alte di soluzione (nel *Matchstick Arithmetic* circa il 60%) e una forte influenza positiva di un'alta WMC sulla soluzione INSIGHT. In primo luogo, siamo d'accordo con Chuderskij e Jastrzębski quando evidenziano la possibilità che l'effetto negativo di un'alta WMC possa essere frutto di valori anomali in un ristretto

numero di solutori e sulla necessità di replicare questi risultati al fine di poter scartare una spiegazione piuttosto che l'altra. Tuttavia, i problemi insight, essendo difficili per definizione, hanno solitamente tassi di soluzione abbastanza bassi. Nel loro studio gli autori trovano invece una percentuale di soluzione anomala per i problemi insight e sarebbe il caso di chiedersi quali potrebbero essere i motivi di una così alta percentuale di soluzione. I partecipanti all'esperimento di Chuderskij e Jastrzębski (2017), al contrario di quelli di DeCaro et al. (2016), sono in numero considerevole (oltre i 300) ma sono sottoposti a una sessione di 8 ore durante la quale devono affrontare diversi test sulle funzioni cognitive e una serie di problemi. Questa modalità, secondo il nostro parere, a prescindere dall'ovvio elevato carico cognitivo imposto e da quante pause sono concesse ai soggetti durante la sessione sperimentale, concorre alla formazione della struttura globale dell'esperimento. L'effetto della somministrazione di numerosi e vari problemi può provocare una sorta di effetto domino, tale per cui una volta che si è smascherato il trabocchetto in alcuni problemi potrebbe essere più semplice individuarlo in altri, aumentando così la percentuale di soluzione. Tutto concorre alla rappresentazione che il soggetto si fa del problema che sta svolgendo. Non di meno, nell'esperimento di Chuderskij e Jastrzębski (2017) ai soggetti viene chiesto di affrontare i problemi in "modo flessibile e non-standard", fornendo una sorta di suggerimento sull'esistenza di un possibile "trucco" nascosto dietro a certi problemi. Ci si potrebbe chiedere se ci siano e quali possano essere gli effetti del suggerimento dato ai soggetti sulla prestazione, visto che anche questo messaggio concorre alla rappresentazione iniziale del problema. Come sostenuto da Mosconi (1990), non è sufficiente fornire una un'indicazione per far sì che il soggetto risolva il problema insight, perché l'accettazione del suggerimento è determinata dalla sua congruità con il modo di ragionare del ricevente. Tuttavia, nello spazio creato da Chuderskij e Jastrzębski (2017), in cui si intersecano una molteplicità di problemi e compiti di diversa natura, non possiamo escludere la possibilità che tutte queste variabili possano aver influito nella relazione tra soluzione dei problemi e memoria di lavoro.

Alla luce di queste considerazioni, negli esperimenti che saranno presentati in questo capitolo si è scelto di utilizzare un solo compito, così come in DeCaro et al (2016), il *Matchstick Arithmetic Task* (descritto nel capitolo seguente) e due misure della WMC, una verbale e una visuo-spaziale. Lo studio non si propone quindi di dare una



spiegazione ad ampio raggio come quella di Chuderskij e Jastrzębski, ma cerca di approfondire una piccola parte della relazione tra le componenti della memoria di lavoro e i processi cognitivi responsabili delle fasi dell'*insight problem solving* ancora poco esplorata.

### 4.3. Il Matchstick Arithmetic Task

Il *Matchstick Arithmetic Task* (Knoblich, Ohlsson, Haider & Rhenius, 1999) è un compito piuttosto conosciuto e divertente, che ha avuto negli ultimi tempi un'ampia diffusione sia nell'ambito della ricerca che in ambito ludico.

Questo problema è formato da una serie di operazioni matematiche scorrette, scritte utilizzando i numeri romani. Sia i numeri, che i segni aritmetici sono fatti di fiammiferi stilizzati. Il compito del partecipante è di spostare un solo fiammifero da una posizione ad un'altra, all'interno dell'operazione matematica, affinché essa divenga aritmeticamente corretta. Ad esempio:

$$II = III + I$$

La particolarità del *Matchstick Arithmetic Task* risiede nel fatto che diverse tipologie di problemi possano essere costruite con gli stessi materiali (operazioni matematiche e fiammiferi) e le stesse regole (le istruzioni del problema). Problemi incrementali e problemi insight, in questo caso, condividono quindi la medesima rappresentazione iniziale del problema, ma in un caso essa è in sintonia con la soluzione e nell'altro rappresenta un ostacolo.

Con ST (*Standard Type*) è possibile identificare una classe di problemi di tipo incrementale (cfr. Öllinger, Jones, & Knoblich, 2008), che si possono risolvere spostando un fiammifero "I", equivalente a 1, da una posizione a un'altra dello stesso numero o di un numero differente. Ad esempio:

$$III + III = IV$$

Secondo Knoblich et al. (1999), in questa tipologia di problema il fiammifero "I" può essere considerato un pezzo sciolto dagli altri e facilmente manipolabile poiché assume sempre il valore di 1. La soluzione si può raggiungere senza entrare in impasse (Knoblich,

Ohlsson e Raney, 2001), e sulla base di conoscenze precedenti del soggetto (Öllinger, Jones e Knoblich, 2008). Nell'esempio sopra riportato, l'operazione scorretta può facilmente essere risolta spostando il fiammifero "1" da sinistra a destra del V, ottenendo così III+III=VI. Si noti che la soluzione non prevede uno stravolgimento dell'operazione, che mantiene inalterati tutti i segni aritmetici. Inoltre, il soggetto può facilmente pensare che, come per le normali operazioni, sia il risultato a dover essere modificato, affinché la parte precedente all' "=" possa dire il vero.

Con CR (*Constraint Relaxation*) si intendono quei problemi che richiedono di "allentare un vincolo" al fine di arrivare alla soluzione. Prendiamo ad esempio:

$$II = III - II$$

la cui soluzione è II=II=II. I segni aritmetici che il soggetto si aspetta sono solitamente due, di tipo differente, e spesso prevedono un uguale e un segno di somma, differenza, ecc. Non è comunemente prevista, un'operazione con due operatori aritmetici uguali, a meno che non si tratti di un particolare tipo di operazione chiamata equivalenza (che appartiene, nell'ambito scolastico, più alla sfera geometrica che aritmetica). Un'ulteriore difficoltà a modificare il "III -" in "II=" sta nel concedersi la possibilità di agire modificando i segni. La nostra esperienza ed educazione in campo matematico ci ha insegnato che i segni aritmetici sono simboli con un significato fisso e ai quali sono legate delle azioni specifiche da compiere. Sono i numeri ad essere più mutevoli, a dipendere dai segni. Per questi motivi, i problemi CR rientrano comunemente tra i problemi insight (Knoblich et al., 1999).

Infine, i problemi di tipo CD (*Chunk Decomposition*). Questi richiedono al solutore di decomporre un "pezzo composto" al fine di identificare la mossa corretta da eseguire. Con "pezzo composto" si possono identificare le figure numeriche che rappresentano un'unità significativa, come il V e il X, che possono essere scomposte in due fiammiferi separati. Prendiamo, ad esempio, il problema

$$III + VI = IV$$

che si risolve scomponendo il secondo V e avvicinando i fiammiferi, fino ad ottenere un X, in questo modo: III+VI=IX.

I problemi CD potrebbero essere considerati come dei problemi insight, ma evidenze

sperimentali hanno mostrato che i risultati dei CD non sempre corrispondono ai risultati dei CR e spesso si posizionano a metà strada tra i problemi incrementali e insight (ad es.: DeCaro et al., 2016; Knoblich et al., 1999; Knoblich et al., 2001; Öllinger et al., 2008), rendendo difficile determinare se questi problemi coinvolgano gli stessi processi dei problemi insight.

#### **4.4. Esperimento 1**

In accordo con DeCaro et al. (2016), il *Matchstick Arithmetic Task* è un compito interessante per studiare il ruolo delle componenti specifiche della WM sulla soluzione dei problemi incrementali e insight. Siamo in linea con gli autori anche rispetto all'idea che diverse fasi della soluzione dei problemi insight possano trarre beneficio o essere ostacolate dalla WMC. Ma nello specifico si ritiene che la WMC verbale e la WMC visuo-spaziale potrebbero avere effetti differenti.

Dal momento che, come abbiamo già spiegato, la WM verbale è responsabile del mantenimento in memoria delle informazioni verbali e dei testi (Just e Carpenter, 1992; De Beni, Palladino, Pazzaglia e Cornoldi, 1998), della comprensione nella lettura (Daneman and Carpenter, 1980; Engle et al., 1999; Wiley and Jarosz, 2012) ed è legata fortemente all'intelligenza cristallizzata (Dang, Braeken, Ferrer, & Liu, 2012), una più alta WMC verbale dovrebbe permettere una più veloce e stabile rappresentazione del problema derivante dai vincoli imposti dalle istruzioni e dall'esperienza precedente basata sulla conoscenza acquisita. Questa rappresentazione, che nel *Matchstick Arithmetic Task* è uguale per problemi incrementali e insight, crea uno spazio del problema che contiene la soluzione nel caso dei problemi non-insight, ma non nel caso dei problemi insight. La rappresentazione, incompatibile nel problema insight con la soluzione, deve essere superata attraverso la ristrutturazione per poter permettere la soluzione del problema insight. Quindi, una più alta WMC verbale potrebbe essere responsabile di una rappresentazione più stabile e definita in memoria, quindi più difficile da abbandonare, ostacolando la soluzione dei problemi insight e, al contrario, promuovendo la soluzione dei problemi incrementali.

Ash e Wiley (2006), hanno mostrato che isolando la fase di ristrutturazione del problema insight, attraverso l'utilizzo di una versione dei problemi con un numero ridotto di mosse disponibili nell'iniziale spazio del problema, la WMC non è correlata alla soluzione. Ma quando la fase di ricerca nello spazio del problema richiede più risorse, poiché le mosse disponibili sono di più, allora l'influenza della WM sulla fase iniziale della soluzione è visibile: una più alta WMC permette di esaurire prima le mosse disponibili e di entrare prima in impasse. Siccome la WM visuo-spaziale è responsabile della generazione, del mantenimento e della trasformazione di immagini mentali (Kosslyn, 1980), in un compito come il *Matchstick Arithmetic Task*, una più alta WMC visuo-spaziale dovrebbe aiutare nella fase di soluzione dei problemi incrementali perché permette una migliore manipolazione dei simboli (i fiammiferi). Allo stesso modo, una migliore capacità di manipolare le immagini mentali potrebbe favorire la soluzione dei problemi insight, perché potrebbe avvantaggiare il solutore nella navigazione dello spazio iniziale del problema, in modo che raggiunga più velocemente l'impasse. In questi problemi particolari, in cui il tempo concesso per la risoluzione è molto limitato, entrare prima in impasse potrebbe aumentare le possibilità di risolvere il problema.

Per riassumere quindi, le nostre ipotesi prevedono:

- un'influenza positiva di una più alta WMC verbale e di una più alta WMC visuo-spaziale sulla soluzione dei problemi di tipo incrementale, ovvero sugli ST del *Matchstick Arithmetic Task*;
- Un'influenza negativa di una più alta WMC verbale sulla soluzione dei problemi di tipo insight, ovvero sui CR e sui CD;
- Un'influenza positiva di una più alta WMC visuo-spaziale sulla soluzione dei problemi insight, ovvero sui CR e sui CD, in quanto viene raggiunta prima l'impasse.

Si specifica infine, che gli effetti della WMC verbale e della WMC visuo-spaziale sui problemi insight dovrebbero essere analizzati attraverso un unico modello statistico. Il loro effetto, opposto l'uno all'altro, andrebbe annullandosi se si osservasse l'effetto di una componente alla volta, su quello che in fondo si compone come un unico processo determinato dalla risoluzione o meno del problema.

#### 4.4.1 Metodo

##### *Partecipanti*

I partecipanti allo studio sono 50, dei quali 24 maschi, di età compresa tra i 18 e i 59 anni (età media = 31.8 anni, DS= 12.05). Il campione è composto da 26 studenti universitari e da 24 lavoratori. Tutti i partecipanti sono madrelingua italiana, con vista normale o corretta e con assenza di diagnosi di ADHD e DSA. Due ulteriori partecipanti sono stati esclusi in quanto mostravano difficoltà nell'utilizzo dei numeri romani.

##### *Materiali e procedura*

I problemi incrementali e insight utilizzati appartengono al *Matchstick Arithmetic task* (Knoblich et al., 1999). Questo compito è formato da una serie di operazioni matematiche scorrette, scritte utilizzando i numeri romani. Sia i numeri che i segni aritmetici sono fatti da fiammiferi stilizzati. Il compito del partecipante è di spostare un solo fiammifero da una posizione ad un'altra all'interno dell'operazione matematica, affinché essa divenga aritmeticamente corretta. In tabella 4.1 i problemi utilizzati, divisi per tipologia.

<i>Tipologia</i>	<i>Problema</i>	<i>Risposta</i>
<b>ST incrementali</b>	VI=VII+I	VII=VI+I
	III+III=IV	III+III=VI
	II=III+I	III=II+I
	VIII+III=IX	VIII+III=XI
<b>CR insight</b>	IV+IV=IV	IV=IV=IV
	II=III-II	II=II=II
<b>CD insight</b>	III+VI=IV	III+VI=IX
	XI=III+III	VI=III+III

*Tabella 4.1. Matchstick Arithmetic Task: problemi utilizzati con soluzione, divisi per tipologie.*

La consegna del problema fornita ai soggetti è un adattamento per il campione italiano della consegna utilizzata da DeCaro et al. (2015).

A seguire le regole del problema:

*“Ti saranno presentati dei problemi con i fiammiferi. Ogni problema è composto da tre numeri romani e due segni aritmetici.*

*Puoi spostare un solo fiammifero, affinché il problema risulti aritmeticamente corretto.*

*Nessun fiammifero può essere scartato.*

*I fiammiferi obliqui non possono diventare né orizzontali né verticali. Allo stesso modo, i fiammiferi orizzontali e verticali non possono diventare obliqui.”*

I partecipanti sono stati testati individualmente e i problemi sono stati somministrati con carta e penna. Le regole del problema sono state consegnate in un foglio separato ed erano a disposizione dei soggetti per tutta la durata del compito. Terminata la lettura delle regole, al partecipante veniva consegnato un secondo foglio, contenente i 4 problemi incrementali. Infine, un terzo foglio che mostrava un set di 4 problemi insight, 2 CR e 2CD. Il partecipante aveva a disposizione 10 minuti per risolvere ogni set di problemi. L'ordine di presentazione dei due set di problemi era controbilanciato. L'effetto dell'ordine non ha determinato differenze statisticamente significative (Test esatto di Fisher per ST:  $p=0.176$ ; CR:  $p=0.315$ ; CD:  $p=0.347$ ).

La WMC visuo-spaziale è stata misurata utilizzando l'*automated Symmetry span task* (*aSspan*; Redick, et al., 2012), mentre la WMC verbale attraverso l'*automated Reading span task* (*aRspan*; Redick, et al., 2012). Entrambi gli *span task* sono presentati al computer e sono composti da compiti di memorizzazione e da compiti di processamento delle informazioni, che vengono intervallati. La misurazione della WMC richiede circa 30/40 minuti in totale. Nell'*aSspan* i partecipanti sono chiamati a giudicare la simmetria di una figura lungo un asse verticale centrale (*symmetry task*), poi viene presentato loro un quadratino rosso all'interno di una griglia 4x4. Il loro compito è quello di memorizzare la posizione del quadratino rosso, poiché dopo una serie di giudizi di simmetria e memorizzazione di quadratini (la lunghezza delle serie è variabile da 2 a 5), è chiesto loro di richiamare alla memoria la posizione dei quadratini visti nella serie, in ordine di presentazione. I partecipanti completano 12 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale consiste nel numero di quadratini rossi totali ricordati correttamente, con un range di 0-42. In modo simile, nell'*aRspan* è chiesto di giudicare la verità/falsità di una frase e di ricordare la lettera presentata

immediatamente dopo la frase. Essi hanno il compito di memorizzare la lettera, poiché dopo una serie di frasi e lettere (la lunghezza della serie è in questo caso da 3 a 7), è chiesto loro di richiamare alla memoria le lettere che hanno visto, nel corretto ordine di presentazione. I partecipanti completano 15 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale corrisponde al numero di lettere ricordate correttamente, con un range di 0-75.

I punteggi finali sono considerati validi se il partecipante risponde correttamente ad almeno l'80% dei task nel *symmetry task* e nel *sentence task* (Conway et al., 2005). Un'accuratezza inferiore determina l'esclusione del punteggio di WMC verbale o visuo-spaziale dall'analisi dei dati.

#### 4.4.2. Analisi dei risultati

I risultati inerenti alla soluzione dei problemi sono presentati in Tabella 4.2.

*Tabella 4.2. Matchstick Arithmetic Task: risultati divisi per tipologie di problemi*

##### **ST**

Problemi risolti (N)	Frequenza	%	% cumulativa
0	1	2,0	2,0
1	1	2,0	4,0
2	8	16,0	20,0
3	3	6,0	26,0
4	37	74,0	100,0

##### **CR**

Problemi risolti (N)	Frequenza	%	% cumulativa
0	36	72,0	72,0
1	5	10,0	82,0
2	9	18,0	100,0

##### **CD**

Problemi risolti (N)	Frequenza	%	% cumulativa
0	24	48,0	48,0
1	6	12,0	60,0
2	20	40,0	100,0

La soluzione dei problemi ST non correla con quella dei problemi CD ( $r = .087$ ,  $p = .548$ ) e non correla con quella dei problemi CR ( $r = .105$ ,  $p = .467$ ), confermando la differenza esistente tra problemi incrementali e problemi insight in questo tipo di problemi, trovata anche in studi precedenti (Knoblich et al, 1999; DeCaro et al., 2016). La soluzione dei problemi CD correla invece positivamente con la soluzione dei problemi CR ( $r = .352$ ,  $p = .014$ ).

A causa del valore di asimmetria di ST molto vicino al limite massimo (Tabella 4.3; cfr. George & Mallery, 2010), i punteggi di risoluzione dei problemi sono stati ricodificati in variabili dicotomiche. I partecipanti sono stati divisi in “buoni solutori” e “cattivi solutori”, per ogni tipologia di problema (similmente a DeCaro et al., 2015): è un buon solutore di ST chi risolve almeno 3 problemi incrementali (80%); è un buon solutore CR e CD colui che risolve almeno un problema CR (28%) e almeno un problema CD (52%).

Tabella 4.3. Matchstick Arithmetic Task: statistiche descrittive

	<b>Affidabilità</b> (Cronbach's alpha)	<b>Asimmetria</b>	<b>Curtosi</b>
ST	0.732	-1.805	2.594
CR	0.838	1.310	-0.041
CD	0.869	0.164	-1.904

Questa distinzione è giustificata sulla base dell'analisi qualitativa dei problemi utilizzati. Tra i problemi ST, è possibile identificare due gradi di difficoltà. Due problemi appaiono estremamente semplici per il nostro campione (e condividono la stessa strategia di soluzione, ovvero spostare l'I da una parte all'altra della V o della X). Tutti i partecipanti, tranne due, riescono a risolvere questo tipo di problemi. Si è ritenuto pertanto di identificare come buon solutore colui che risolve almeno tre problemi incrementali.

Per quanto riguarda invece i problemi insight, il vincolo da superare è lo stesso per i due CR, e lo stesso per i due problemi CD. La risoluzione di uno dei due problemi ci sembra in questo caso sufficiente per identificare il partecipante come solutore.

A seguito della ricodifica, è stato possibile evidenziare come i problemi CD si inseriscano a metà strada tra i problemi incrementali e i problemi insight per



percentuale di soluzione. Le differenze tra ST e CD, e tra CR e CD sono statisticamente significative (rispettivamente:  $\chi^2_{\text{corr}}=7.5312$ ,  $p=.006$ ;  $\chi^2_{\text{corr}}=5.0417$ ,  $p=.025$ ).

In tabella 4.4 sono riassunti i risultati dell'aRspan e dell'aSspan, per la WMC verbale e la WMC visuo-spaziale. L'affidabilità delle misurazioni è stata calcolata come indicato in Conway et al. (2005). I due punteggi correlano positivamente tra di loro ( $r(45)=.708$ ,  $p<.000$ ), condividendo perciò il 50% della varianza spiegata. Questo risultato conferma il legame tra i due componenti, determinato dal controllo dell'esecutivo centrale.

Tabella 4.2. Complex span task: statistiche descrittive

	N	Minimo	Massimo	Media	Dev. std.	Asimmetria	Curtosi	Affidabilità ( $\alpha$ Cronbach)
WMC verbale	46	16	68	48.38	12.095	-.672	.186	.797
WMC visuo-spaziale	47	8	40	28.09	9.126	-.705	-.593	.860

L'impatto delle componenti della WM sulla soluzione dei problemi è stato misurato attraverso 3 modelli separati di regressione logistica binaria.

Una più alta WMC visuo-spaziale influenza in maniera positiva la soluzione dei problemi ST (odds ratio= 1.156,  $p= .026$ , Nagelkerke  $R^2= .317$ ). L'impatto della WMC verbale non è invece significativo (odds ratio= .990,  $p= .820$ ).

Una più alta WMC visuo-spaziale manifesta un effetto positivo significativo sulla soluzione dei problemi CR (odds ratio = 7.352,  $p= .012$ , Nagelkerke  $R^2 = .280$ ). Viceversa, una più elevata WMC verbale influenza in maniera negativa la soluzione dei problemi CR (odds ratio= .259,  $p= .035$ ).

Infine, la soluzione dei problemi CD non è influenzata né dalla WMC visuo-spaziale (odds ratio= .792,  $p= .598$ ), né da quella verbale (odds ratio= 1.834,  $p= .174$ , Nagelkerke  $R^2= .069$ ), confermando la natura non ben definita di questo tipo di problemi, a metà strada tra problemi incrementali e insight.

I risultati dell'esperimento 1 mostrano quindi che una più alta WMC visuo-spaziale può influenzare in maniera positiva sia i problemi incrementali che i problemi insight (di tipo CR). Una capacità maggiore di trattenere e manipolare le immagini mentali (Kosslyn, 1980) della WM visuo-spaziale permette ai soggetti di passare in rassegna le mosse disponibili all'interno dello spazio del problema creato. Nel caso dei problemi

incrementali questa maggiore capacità porterebbe all'individuazione più rapida della soluzione, mentre nel caso dei problemi insight sarebbe responsabile di un più veloce raggiungimento della fase di impasse (Ash e Wiley, 2006).

Per quanto riguarda i risultati relativi alla WM verbale, le ipotesi relative ai problemi insight sembrerebbero confermate. Una più alta WMC verbale ostacola la soluzione dei problemi CR, confermando la possibilità che componenti differenti della WM possano avere effetti opposti sulla soluzione di questo tipo di problemi.

L'ipotesi sulla relazione tra WMC verbale e soluzione dei problemi incrementali non è invece stata confermata. È possibile che la media del punteggio di WMC verbale del campione preso in esame sia abbastanza elevata da creare una sorta di *ceiling effect*, tale per cui il beneficio relativo all'avere un punteggio più alto non sia in effetti significativo per la soluzione di questo tipo di problemi. Associato a questo, andrebbe considerato anche il livello di familiarità dei numeri romani che potrebbe essere una variabile nella determinazione dei vincoli della rappresentazione del problema, sulle mosse che è consentito fare oppure no.

Nell'esperimento 2, sarà preso in considerazione un campione proveniente dalla popolazione americana e nel modello sarà inserita la valutazione della conoscenza di questo tipo di simboli. Verranno inoltre approfondite le caratteristiche del testo del problema e verrà testato il suo ruolo nella costruzione della rappresentazione del problema a carico della WM verbale.

## 4.5. Esperimento 2

Il testo di un problema può essere considerato una comunicazione a tutti gli effetti che influisce e determina la rappresentazione del problema da parte del soggetto (Mosconi, 1990). Il messaggio veicolato dal testo del problema, insieme ad un eventuale stimolo percettivo, è una parte importante di ciò che il soggetto ha a disposizione per crearsi una iniziale rappresentazione del problema.

Ricerche recenti di Macchi e Bagassi hanno indagato lo stretto rapporto fra linguaggio e *insight problem solving*, nel processo di formazione del problema (Macchi & Bagassi 2015, 2018), oltre che di soluzione (Macchi & Bagassi, 2012), mostrando un'attività comune a linguaggio e soluzione di problemi insight, di tipo inconscio ma al contempo di tipo pragmatico - analitico (*unconscious analytic thought*; Bagassi & Macchi, 2016).

Il compito utilizzato, ovvero il *Matchstick Arithmetic Task* (Knoblich et al., 1999) si compone di una parte iniziale, il testo del problema, nel quale vengono illustrate le regole da seguire. A partire da queste regole i soggetti costruiscono i vincoli che delimitano la rappresentazione iniziale del problema; non tutti i vincoli derivano dal testo in questione, in parte infatti possono essere ricondotti anche alle conoscenze acquisite precedentemente dal solutore sui numeri romani e sulle operazioni matematiche (vedi cap. 4.3). La rappresentazione iniziale del problema permette la soluzione dei problemi ST, ma non favorisce quella dei problemi CR. A causa dei risultati confusi rispetto ai processi responsabili della soluzione dei problemi CD, trovati in letteratura (ad es.: DeCaro et al., 2016; Knoblich et al., 1999; Knoblich et al., 2001; Öllinger et al., 2008) e confermati nell'esperimento 1, in questo studio la tipologia CD non sarà utilizzata in questo esperimento.

Il testo del problema è stato analizzato e sono stati individuati dei passaggi critici che potrebbero contribuire al costituirsi del problema nella mente del solutore (Macchi & Bagassi, 2012; Mosconi & d'Urso, 1973; 1991; per un approfondimento vedi capitolo 2). Di seguito il testo del problema, con le frasi critiche sottolineate:

*“Ti saranno presentati dei problemi con i fiammiferi. Ogni problema è composto da tre numeri romani e due segni aritmetici.*

*Puoi spostare un solo fiammifero, affinché il problema risulti aritmeticamente corretto.*

*Nessun fiammifero può essere scartato.*

*I fiammiferi obliqui non possono diventare né orizzontali né verticali. Allo stesso modo, I fiammiferi orizzontali e verticali non possono diventare obliqui.*

Secondo la nostra ipotesi, la prima frase *“Ogni problema è composto da tre numeri romani e due segni aritmetici”*, che descrive la composizione del problema, potrebbe veicolare l’idea che ci sia una differenza di base tra numeri romani e segni aritmetici. La specificazione sulla composizione del problema sarebbe superflua, visto che è facilmente rintracciabile nel momento in cui si vedono i problemi. La definizione della composizione del problema come formato da tre numeri romani “e” due segni aritmetici, definisce due oggetti separati del problema e potrebbe allontanare i soggetti dall’idea che entrambe le classi di simboli siano manipolabili. I segni aritmetici, come già sottolineato, possiedono già uno status separato, di intoccabilità, rispetto a quello dei numeri e potrebbero venire considerati quindi come oggetti non manipolabili, sulla base delle conoscenze matematiche precedenti. Ribadire la differenza tra numeri e segni, attraverso questa frase, potrebbe accrescere la forza del vincolo.

La seconda frase, *“I fiammiferi obliqui non possono diventare né orizzontali né verticali. Allo stesso modo, I fiammiferi orizzontali e verticali non possono diventare obliqui”* è complessa e potrebbe essere decodificata dai soggetti come “non puoi cambiare l’orientamento dei fiammiferi” in termini generali, bloccando la possibilità di girare il fiammifero verticale per renderlo orizzontale, determinante nella soluzione dei CR. Inoltre, questa frase parla di azioni che non si possono fare, lasciando implicite, e quindi incerte per i soggetti, le azioni possibili.

Si noti che questa regola è superflua, perché se si cambiasse l’orientamento di un fiammifero obliquo, si lascerebbe l’altro fiammifero obliquo da solo, ad esempio se da V si volesse spostare un fiammifero, resterebbe un fiammifero singolo di questo orientamento / o di questo \, privo di significato. Allo stesso modo, questi simboli da soli, risultanti dallo spostamento e dal cambio di orientamento di un fiammifero

verticale oppure orizzontale non possono trovare collocazione all'interno dell'operazione<sup>4</sup>.

Questi vincoli non sono di ostacolo alla soluzione degli ST, perché per risolvere questo tipo di problemi non è necessario intervenire sui segni e nemmeno cambiare orientamento ai fiammiferi. La rappresentazione iniziale del problema, attivata sulla base di questi vincoli, è invece la caratteristica determinante della difficoltà dei problemi CR.

Come precedentemente affermato, i vincoli identificati non sono determinati esclusivamente dal testo del problema. Se eliminassimo dal testo le frasi critiche, i vincoli sarebbero comunque presenti a causa delle conoscenze acquisite dei soggetti sulle operazioni aritmetiche. Questi vincoli sarebbero determinati da un livello di base di conoscenza, quindi appartenente a tutti i soggetti e sul quale non ci si aspetta varianza. Quello che ci aspettiamo però è che, se eliminassimo le frasi critiche dal testo del problema, le differenze nella prestazione dei soggetti in CR non dovrebbero essere più associate alle differenze in WM verbale perché i vincoli del testo che tengono i soggetti fissati non sarebbero più presenti. Con un testo del problema "neutro", depurato dalle frasi critiche, la rappresentazione del problema sarebbe affidata allo stimolo percettivo e alle conoscenze di base sull'aritmetica e sui numeri romani che lo stimolo fa emergere. Controllando la conoscenza dei numeri romani in un campione in cui c'è diversa familiarità con essi, le differenze individuali nella WMC verbale sulla soluzione dei problemi ST non dovrebbero essere significative né con la versione originale (come nell'esperimento 1), né con quella neutra, poiché i vincoli dati dal testo del problema non sono un ostacolo alla soluzione. La soluzione di questo tipo di problemi dovrebbe invece essere associata alle differenze individuali nella conoscenza dei numeri romani (ovvero delle regole che ne governano la validità/invalidità) e nella WM visuo-spaziale, in entrambe le versioni. Come nell'esperimento 1, una più alta WMC visuo-spaziale dovrebbe permettere una migliore manipolazione dei simboli e una più veloce esplorazione delle possibili mosse permesse in quello spazio del problema.

---

<sup>4</sup> Una sola eccezione è prevista, ovvero l'utilizzo del simbolo  $\neq$ . Nei limitati casi in cui il soggetto è pervenuto a questa risposta si è ritenuto di non considerarla valida, poiché non prevista dal testo originale.

Tenendo sotto controllo la conoscenza dei numeri romani, la soluzione dei problemi CR con le istruzioni date nella versione originale, dovrebbe essere associata a una più bassa WMC verbale, replicando i risultati trovati nell'esperimento 1, mentre non dovrebbe più essere correlata alla WM verbale con la versione "neutra" del testo del problema, facendo emergere il legame tra WM verbale e costruzione della rappresentazione del problema a partire dal testo del problema. Una più alta WMC visuo-spaziale, dovrebbe essere associata in maniera positiva alla soluzione dei problemi incrementali e insight. Nei problemi insight, date le caratteristiche specifiche del compito (più mosse disponibili e una quantità di tempo molto limitata per raggiungere la soluzione) una più alta WM visuo-spaziale renderebbe più efficiente l'esplorazione delle possibilità e più veloce il raggiungimento dell'impasse (come nell'esperimento 1, vedi ad es.: Ash & Wiley, 2006).

In termini generali, nella versione "neutra" ci si aspetta un miglioramento della prestazione dei soggetti nei problemi CR, in quanto una parte dei vincoli associati al testo del problema originale, non sono più presenti. La difficoltà dei problemi dovrebbe rimanere tuttavia elevata, a causa dei vincoli intrinseci alle conoscenze matematiche precedenti dei soggetti. Dal momento che la rappresentazione del problema non è in contrasto con la soluzione dei problemi ST, la percentuale di soluzione dei problemi incrementali, nella versione "neutra" non dovrebbe subire miglioramenti significativi.

Questo esperimento è stato condotto in collaborazione con la Prof.ssa Marci DeCaro, dell'University of Louisville, Kentucky (USA).

#### 4.5.1 Metodo

##### *Partecipanti*

Hanno partecipato allo studio 184 studenti dell'University of Louisville (KY; USA), dei quali 43 maschi e 2 non binari, di età compresa tra i 18 e i 48 anni (età media = 19.85 anni, DS= 3.051). Tutti i partecipanti sono madrelingua inglese, dei quali 32 bilingue. Tutti i partecipanti hanno una vista normale o corretta alla norma, e non hanno diagnosi di ADHD e DSA. Due ulteriori partecipanti sono stati esclusi a causa di problemi tecnici durante lo svolgimento dell'esperimento.

## *Materiali e procedura*

I partecipanti sono stati divisi in maniera casuale in due gruppi sperimentali e sono stati testati individualmente. In maniera simile all'esperimento 1, ai partecipanti è stato somministrato prima il *Matchstick Arithmetic Task* (Knoblich et al., 1999), poi due *Complex span task* (Redick, et al., 2012) in maniera controbilanciata, *aRspan* e *AsSpan*, per misurare la WMC verbale e visuo-spaziale. Infine, è stato somministrato un test per valutare la conoscenza dei numeri romani.

Al Gruppo 1 è stata somministrata la versione "originale" del *Matchstick Arithmetic Task* utilizzata nello Studio 1, tradotta e adattata per il campione americano.

Al Gruppo 2 è stata data una versione "neutra" del testo del problema, dalla quale sono state eliminate le frasi critiche indicate nel capitolo precedente. I testi delle due versioni sono i seguenti:

### Gruppo 1: Versione originale

*"You will next solve some problems made up of matchsticks. Every problem consists of three Roman numerals and two arithmetic signs.*

*You can move only one matchstick, so that the problem becomes arithmetically correct.*

*No matchstick can be discarded.*

*Slanted matchsticks cannot become horizontal or vertical. In the same way, horizontal and vertical matchsticks cannot become slanted."*

### Gruppo 2: Versione neutra

*"You will next solve some problems made up of matchsticks.*

*You can move only one matchstick, so that the problem becomes arithmetically correct.*

*No matchstick can be discarded."*

I problemi venivano mostrati sullo schermo del pc, mentre i soggetti potevano risolverli con carta e penna. La consegna del problema era a disposizione dei soggetti per tutta la durata del compito. I problemi utilizzati in questo studio sono 4 in totale: 2 ST e 2 CR. In tabella 4.5 i problemi utilizzati, con le soluzioni.

Tabella 4.3. Matchstick Arithmetic problem: problemi utilizzati con le relative soluzioni.

Tipologia	Problema	Risposta
<b>ST incrementali</b>	III+III=IV	III+III=VI
	VI=VII+I	VII=VI+I
<b>CR insight</b>	IV+IV=IV	IV=IV=IV
	II=III-II	II=II=II

I problemi sono stati presentati separatamente e i partecipanti avevano 3 minuti per risolvere ogni problema. L'ordine di presentazione dei problemi era controbilanciato. L'effetto dell'ordine non ha determinato differenze statisticamente significative.

Al termine dell'esperimento, i soggetti hanno risposto a un test sulla conoscenza dei numeri romani. Il test prevedeva di indicare la validità/invalidità di alcuni numeri romani: ad esempio, dovevano indicare la validità di simboli come IV e IIV. Il punteggio del test corrisponde al numero di simboli identificati correttamente come validi/invalidi, con un range di 0-10.

#### 4.5.2 Analisi dei risultati

I risultati della misurazione della memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale e del test sulla conoscenza dei numeri romani sono riassunti in Tabella 4.6.

Tabella 4.4. Complex span task: statistiche descrittive

	Minimo	Massimo	Media	Dev. std.	Asimmetria	Curtosi	Affidabilità ( $\alpha$ Cronbach)
WMC verbale	25	75	55.94	10.577	-.733	.163	.758
WMC visuo-spaziale	8	42	29.22	7.263	-.521	-.131	.766
Test numeri romani	4	10	8.07	1.546	-.345	-.924	.458

L'affidabilità delle misurazioni è stata calcolata come indicato in Conway et al. (2005). I punteggi di WMC sono stati considerati validi se il partecipante ha risposto correttamente ad almeno l'80% dei task nel compito di giudizio di simmetria o di valutazione di frasi (ibidem). La WMC verbale e la WMC visuo-spaziale correlano positivamente tra di loro,  $r(153)=.317$ ,  $p<.000$ .



Di seguito sono riportati i tassi di soluzione del *Matchstick Arithmetic Task*, divisi per problemi e gruppi sperimentali.

Problema **ST**: III+III=IV

Gruppo 1: 56/93 **60.2%**

Gruppo 2: 56/91 **61.5%**

La differenza tra i gruppi non è statisticamente significativa,  $\chi^2 = .034$ ,  $p = .854$

Problema **ST**: VI=VII+I

Gruppo 1: 45/93 **48,4%**

Gruppo 2: 35/91 **38,4%**

La differenza tra i gruppi non è statisticamente significativa,  $\chi^2 = 1.844$ ,  $p = .174$ .

Problema **CR**: VI+VI=VI

Gruppo 1: 3/93 **3,2%**

Gruppo 2: 17/91 **18,7%**

La differenza tra i gruppi è statisticamente significativa  $\chi^2 = 11.341$ ,  $p = .001$ .

Problema **CR**: II=III-II

Gruppo 1: 8/93 **8,6%**

Gruppo 2: 19/91 **20,9%**

La differenza tra i gruppi è statisticamente significativa,  $\chi^2 = 5.537$ ,  $p = .019$ .

Nel gruppo 1, i solutori di CR sono 11 in totale. Di questi, nessun partecipante risolve entrambi i problemi. Data questa caratteristica e l'esiguità dei solutori, i punteggi sono stati ricodificati come segue: vengono considerati solutori dei problemi insight coloro che risolvono almeno un problema CR; allo stesso modo, sono considerati solutori dei problemi incrementali coloro che risolvono almeno un ST. In figura 4.1, i solutori dei problemi ST e dei problemi CR in forma codificata, divisi per gruppo sperimentale.

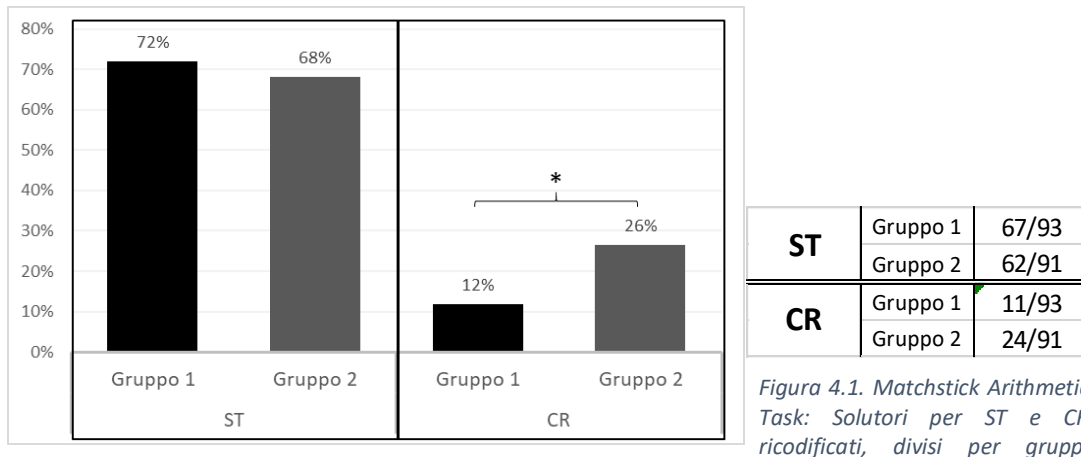


Figura 4.1. Matchstick Arithmetic Task: Solutori per ST e CR ricodificati, divisi per gruppi

La soluzione dei problemi ST non correla con la soluzione dei problemi CR ( $r=.74$ ,  $p=.315$ ).

I solutori de problemi CR con il testo originale sono il 12%. La percentuale di solutori sale al 26% per il gruppo 2 con la versione “neutra”. La differenza è statisticamente significativa ( $\chi^2= 6.318$ ,  $p=.012$ ).

I solutori degli ST per il gruppo 1 (versione originale) sono il 72%, per il gruppo 2 sono del 68%. La differenza non è significativa ( $\chi^2= .336$ ,  $p=.562$ ).

Questi risultati confermano che i vincoli imposti dal testo del problema nella versione originale sono responsabili di una parte di difficoltà associata alla soluzione dei problemi CR, ma non di quella dei problemi ST, che non risentono della manipolazione effettuata.

L'impatto delle componenti della WM e del livello di conoscenza dei numeri romani sulla soluzione dei problemi è stato misurato attraverso due modelli di regressione logistica, uno per i problemi incrementali e uno per i problemi insight.

- *Problemi incrementali.* L'interazione tra WMC verbale e versione del testo somministrata non è significativa (odds ratio= .510,  $p= .095$ , Nagelkerke  $R^2= .138$ ). Le differenze individuali nella WMC verbale non influiscono sulla soluzione dei problemi ST (odds ratio= 2.265,  $p= .111$ ). Invece, una più alta WMC visuo-spaziale (anche se marginalmente, odds ratio= 1.457,  $p= .053$ ) e soprattutto un più alto livello di conoscenza dei numeri romani (odds ratio= 1.408,  $p= .006$ ) ne promuovono la soluzione.

- *Problemi insight*. Lo studio dell'impatto delle variabili sulla soluzione dei problemi CR è problematico poiché le analisi risentono fortemente della scarsità di solutori nel gruppo 1. Di seguito saranno riportati i risultati, tuttavia sottolineiamo la poca affidabilità delle stesse, in linea con le considerazioni di Chuderskij e Jastrzębski (2017), presentate nel capitolo 4.2.

I risultati mostrano che la soluzione dei problemi insight è determinata esclusivamente dall'effetto principale della versione somministrata (odds ratio= 4.534,  $p = .003$ , Nagelkerke  $R^2 = .123$ ). L'interazione tra WMC verbale e versione del testo non è significativa (odds ratio= .664,  $p = .447$ ), così come gli effetti principali della WMC verbale (odds ratio= 2.420,  $p = .356$ ), della WMC spaziale (odds ratio= .869,  $p = .539$ ) e della conoscenza dei numeri romani (odds ratio= 1.115,  $p = .449$ ).

Dal momento che il gruppo 1 forniva un controllo ai risultati del gruppo 2, non è possibile trarre alcuna conclusione valida da questi risultati. Sarebbe opportuno chiedersi tuttavia, quali potrebbero essere le caratteristiche del campione a cui andrebbe attribuita una percentuale di soluzione così bassa. Esaminando alcuni studi in cui si è stato utilizzato il *Matchstick Arithmetic Task*, come ad esempio Chuderskij e Jastrzębski (2017), Danek, Wiley e Öllinger (2016), Öllinger, Jones e Knoblich (2008), a prescindere dalla metodologia utilizzata, si può osservare che le percentuali di soluzione sono più alte e più simili a quelle trovate nell'esperimento 1 con il campione italiano. Inoltre, i partecipanti sono di origine europea, a differenza di DeCaro et al. (2016) e del nostro esperimento 2. In uno studio di Knoblich, Ohlsson & Raney (2001) 24 studenti americani hanno completato il compito ottenendo risultati simili a quelli europei, ma gli autori precisano che il campione è stato selezionato in base alla maggiore familiarità con i numeri romani.

Non semplicemente il livello di conoscenza (che spiega la performance nei problemi ST dati i nostri risultati), quanto la profonda interiorizzazione delle regole che governano l'utilizzo dei numeri romani (più presente nelle popolazioni europee), potrebbe essere la caratteristica chiave che spiega la differenza nella percentuale di soluzione dei problemi CR. L'ipotesi dell'influenza di questa profonda interiorizzazione, che si

potrebbe immaginare come una competenza implicita, potrebbe essere in futuro sviluppata attraverso uno studio sulle differenze interculturali.

#### **4.6. Discussione**

Nella letteratura sul problem solving, il concetto memoria di lavoro è utilizzato per studiare la natura conscia o inconscia dei processi di soluzione responsabili della soluzione dei problemi incrementali e insight. Solitamente esso si basa su una visione generica, assimilabile alle funzioni dell'esecutivo centrale (Baddeley, 2003), che enfatizza la relazione tra soluzione del problema e attenzione esecutiva (Engle, 2002).

In questo studio si è invece proposto e discusso della possibilità di considerare in maniera separata il ruolo di diverse componenti della memoria di lavoro in relazione a specifiche fasi del processo di soluzione insight, in problemi che richiedono capacità sia verbali che spaziali come il *Matchstick Arithmetic Task*.

Dal momento che la memoria di lavoro verbale è responsabile del mantenimento in memoria delle informazioni verbali e dei testi (Just e Carpenter, 1992; De Beni, Palladino, Pazzaglia e Cornoldi, 1998), della comprensione nella lettura (Daneman and Carpenter, 1980; Engle et al., 1999; Wiley and Jarosz, 2012) ed è legata fortemente all'intelligenza cristallizzata (Dang et al., 2012), una più alta WMC verbale dovrebbe permettere una più veloce e stabile rappresentazione del problema derivante dai vincoli imposti dalle istruzioni e dall'esperienza precedente basata sulla conoscenza acquisita. Questa rappresentazione, che nel *Matchstick Arithmetic Task* è uguale per problemi incrementali e insight, è compatibile con la soluzione nel caso dei problemi non-insight, ma deve essere superata attraverso la ristrutturazione nel caso dei problemi insight, affinché sia possibile raggiungere la soluzione. Pertanto, si è ipotizzato che una più alta WMC verbale potesse influire negativamente sulla soluzione dei problemi insight. Per quanto riguarda l'effetto della WM visuo-spaziale, invece, si è ipotizzato che in un compito come il *Matchstick Arithmetic Task*, dove è richiesto di passare in rassegna le mosse disponibili all'interno dello spazio del problema in un breve periodo di tempo, una più alta WMC visuo-spaziale potrebbe portare all'individuazione più rapida della

soluzione nei problemi incrementali e a un più veloce raggiungimento della fase di impasse nei problemi insight (Ash e Wiley, 2006).

I risultati dell'esperimento 1 confermano la relazione negativa tra la WM verbale e la soluzione di questo tipo di problemi e anche l'influenza positiva di una più alta WMC visuo-spaziale sia per i problemi incrementali che per i problemi insight. Questi risultati dimostrano che componenti diverse della memoria di lavoro possono avere ruoli differenti nell'*insight problem solving*, distinguendo la natura dei processi di soluzione dei problemi insight da quella dei problemi incrementali, andando oltre la classica distinzione tra processi consci vs processi inconsci.

A causa di una bassa percentuale di solutori, non è stato possibile in realtà rintracciare la presenza dell'effetto della WMC verbale nell'esperimento 2. Tuttavia, è stato possibile individuare invece i vincoli derivanti dalle istruzioni del problema, che in parte costituiscono la difficoltà di questo tipo di problemi insight, ma non quella dei problemi incrementali. Eliminando delle frasi definite "critiche" per la costituzione di alcuni vincoli, la percentuale di soluzione dei problemi insight è aumentata in maniera significativa, mentre quella dei problemi incrementali è rimasta uguale. Questi risultati confermano il legame tra il linguaggio e l'*insight problem solving*, nel processo di formazione del problema (Macchi & Bagassi 2015, 2018), oltre che di soluzione (Macchi & Bagassi, 2012).

Per quanto riguarda i problemi incrementali, nell'esperimento 1, l'influenza positiva della WM verbale non è stata confermata. Il motivo per cui non si sono replicati i risultati di DeCaro et al. (2016), sulla relazione tra WM verbale e problemi di tipo ST, potrebbe risiedere nel differente livello di familiarità del campione americano rispetto a quello italiano con i numeri romani. I soggetti, infatti, possono creare una rappresentazione del problema dei *Matchstick* a partire non solo dalle istruzioni, ma anche dalla loro esperienza precedentemente acquisita. Il livello di conoscenza dei numeri romani è probabilmente molto alto nella popolazione italiana, data l'elevata percentuale di risposte corrette negli ST, e questo avrebbe potuto appiattire l'influenza delle differenze individuali nella WMC verbale. Nell'esperimento 2 è stato scelto un campione proveniente da una popolazione con una diversa familiarità con i numeri romani rispetto a quella italiana, ed è stato controllato l'eventuale effetto delle conoscenze pregresse

sulla soluzione dei problemi. I risultati dell'esperimento 2 hanno mostrato che una migliore performance nei problemi incrementali è associata ad una maggiore familiarità con i numeri romani, ma non a una più alta WMC verbale. L'effetto della WMC visuo-spaziale è presente con significatività marginale. La soluzione dei problemi ST è pertanto associata principalmente ai vincoli derivanti dalle regole che determinano le mosse possibili all'interno dello spazio del problema, associati alla familiarità con gli oggetti del compito.

Questi risultati ci portano a concludere che è possibile immaginare ruoli distinti per le componenti della memoria di lavoro sulle fasi del processo di soluzione dei problemi insight, ma ci fanno anche riflettere sull'importanza di considerare sia le caratteristiche specifiche dei problemi utilizzati in relazione alle specificità del campione considerato. Non solo i problemi insight non sono tutti uguali quanto a grado di difficoltà e quindi di ristrutturazione richiesta (vedi ad es. Macchi & Bagassi, 2016), ma anche le competenze implicite dei soggetti in relazione al compito possono differire, influenzando il processo di soluzione del problema.

## CAPITOLO 5. STRATEGIE DI SOLUZIONE E DIFFERENZE INDIVIDUALI NELLA MEMORIA DI LAVORO

Quando siamo di fronte a problemi di tipo incrementale spesso è richiesto di fare affidamento su strategie complesse che richiedono di tenere nella WM più operazioni mentre si procede verso la soluzione (Jarosz, 2015). Al contrario, la difficoltà dei problemi insight si basa su una rappresentazione iniziale del problema che non è in linea con la soluzione, quindi le strategie abituali di soluzione non conducono a progressi e tantomeno alla soluzione del problema. Per ristrutturare la rappresentazione del problema è necessario elaborare elementi critici della situazione, che per molto tempo, durante il susseguirsi dei tentativi di soluzione, sono stati considerati come fissi.

Il concetto di fissità funzionale fu originariamente proposto da Dunker (1945) proprio per indicare la difficoltà di modificare la funzione di default degli oggetti del problema. Ad esempio, nel celebre *Problema della candela* (Dunker, 1935), l'autore chiede ai partecipanti di immaginare di avere a disposizione una candela, una scatola di puntine da disegno e una bustina di fiammiferi. Il compito da svolgere è quello di attaccare la candela al muro al di sopra di un tavolo, in modo tale che la cera sciolta non goccioli sopra il tavolo. I partecipanti non riuscivano a risolvere il problema perché si fissavano sulla funzione di default della scatola, cioè esclusivamente il dover contenere le puntine. Quando lo sperimentatore toglieva le puntine dalla scatola e le disponeva sparse sul tavolo, allora i soggetti intuivano improvvisamente la soluzione del problema: potevano ora vedere in modo nuovo la scatola e la sua funzione, che da contenitore diventava un sostegno per la candela.

La fissità, secondo Dunker (1945), è una delle fonti di difficoltà nella soluzione dei problemi insight e dipende dal fatto che l'oggetto viene impiegato normalmente in una funzione diversa da quella richiesta dal problema. L'abitudine, l'esperienza pregressa, giocano un ruolo importante anche nella "fissazione" di procedimenti di soluzione, ovvero quando si ha la tendenza ad applicare un metodo già utilizzato con successo in precedenza alla soluzione di un nuovo problema apparentemente simile. Koffka (1910, citato in Maier, 1930, pag. 141) fa riferimento a questa predisposizione basata sull'esperienza come effetto *Einstellung* o "impostazione soggettiva". L'illustrazione più

classica dell'effetto dell'impostazione è data dal *Water Jars problem* di Luchins (1942, anche conosciuto come *Water Jug problem*). In realtà come riporta lo stesso Luchins (ibidem, p.1), il celebre problema è stato studiato per la prima volta presso l'Istituto di Psicologia di Berlino da Zener e Duncker nel 1927, attraverso esperimenti preliminari mai pubblicati. Essi avevano abituato i soggetti a risolvere alcuni tipi di problemi sempre nella stessa maniera. Quando veniva dato loro un problema che poteva essere risolto anche attraverso una maniera ovvia e più semplice, questa veniva solitamente trascurata e veniva utilizzato il metodo di soluzione impostato nei problemi precedenti. Il ripetuto uso dello stesso metodo aveva procurato uno stato mentale "meccanizzato".

Nel *Water Jars problem*, i soggetti devono immaginare di avere a disposizione tre recipienti vuoti di diversa capienza e una certa quantità di acqua. Il compito dei partecipanti è quello di riempire tre contenitori per ottenere un volume di acqua ben definito. Dopo una serie di problemi che prevedono la stessa strategia di soluzione (B-A-2C), ne vengono presentati altri che possono essere risolti con la stessa strategia o con una più breve. In figura 5.1 un esempio di problema da risolvere con la strategia lunga B-A-2C, utilizzato da Luchins.

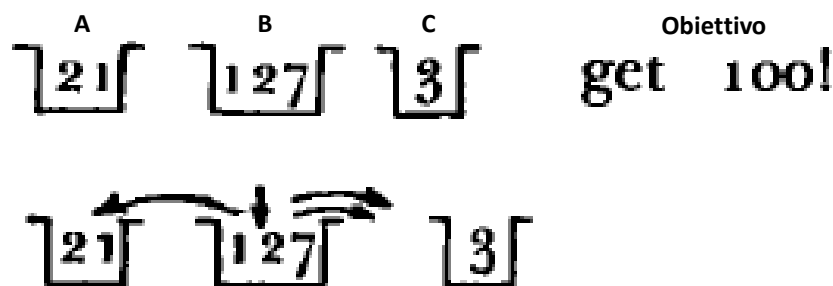


Figura 5.1. *Water Jars problem* (Luchins, 1942), adattamento di un esempio originale con soluzione

I partecipanti che praticavano sempre la stessa strategia complessa nei primi problemi, persistevano nell'utilizzare quella strategia anche sui problemi successivi che potevano essere risolti in maniera più semplice (ad es.: A-C). Essi applicavano rigidamente la loro conoscenza della strategia praticata, il che sembrava averli resi meno aperti a generare strategie alternative. Questo non accadeva nella condizione in cui i soggetti non utilizzavano la formula complessa nei primi problemi.

Secondo l'autore, questa attività meccanizzata non è espressione del comportamento caratteristico dell'essere umano ma è creata da "fattori speciali" della



situazione sperimentale. Ad esempio, il curioso fatto che tutti i problemi si possano risolvere nello stesso modo, porta il soggetto a giungere alla conclusione che non sia il caso a determinare questo fenomeno, ma un preciso piano sottostante l'esperienza.

Molti studiosi, nel secolo scorso, hanno descritto costrutti psicologici che si potrebbero sovrapporre a quello di effetto *Einstellung*. Ad esempio, i concetti di "perseveranza" (Kendig, 1937), di "set mentale" (Smith & Blankenship, 1991), di "inerzia dell'attenzione" (Diamond & Kirkham, 2005), riflettono tutti l'opinione generale che la mente è portata a resistere al cambiamento, anche di fronte alla pressione esterna.

Comunque venga chiamata questa "impostazione mentale", l'interesse per questo argomento è vivo (per lavori recenti vedi ad esempio Sovansky & Ohlsson, 2016; Van Stockum & DeCaro, 2015; Winter & Ohlsson, 2018). Frequentemente in letteratura ci si riferisce a esso come alla tendenza a usare strategie precedentemente apprese anche dopo che queste strategie cessano di essere efficienti (vedi ad es. Beilock & DeCaro, 2007; Crooks & McNeil, 2009; Vallée-Tourangeau, Euden & Hearn, 2011).

Il primo aspetto su cui riflettere è perciò relativo all'efficienza di questa strategia di soluzione più complessa. L'efficienza può essere misurata in termini di tempo, risorse e sforzo che devono essere investiti nell'attività di produrre un risultato positivo o desiderato (Kirsh, 1995). In alcuni casi l'esperienza può guidare il comportamento in maniera inefficiente, incoraggiando strategie di problem solving che sprecano risorse per raggiungere un risultato che si sarebbe potuto ottenere in una maniera più frugale. La soluzione del problema data attraverso la strategia più breve potrebbe essere considerata più efficiente perché richiede meno passaggi, quindi meno calcoli e probabilmente meno tempo. D'altro canto, la ripetizione di una strategia già appresa è un procedimento che presenta sicuramente dei vantaggi, perché quando funziona, assicura un risparmio di tempo ed energia (Kanizsa, 1973). Secondo lo stesso Luchins, una possibile causa dell'effetto *Einstellung* potrebbe essere che il soggetto, già in possesso di una strategia vincente per risolvere un certo tipo di problema, alla vista di un problema simile, voglia raggiungere la soluzione in fretta e senza perdere altro tempo a cercare di capire come affrontare ogni problema in maniera indipendente. Secondo Kanizsa (1973), "una volta trovato il metodo di soluzione, gli altri problemi della serie non possono nemmeno essere considerati problemi nel senso che abbiamo dato a

questo termine: infatti non vi è soggettivamente una barriera o difficoltà da superare, che richieda pertanto l'intervento del pensiero" (p.68).

Beilock e DeCaro (2007), indagando il ruolo della memoria di lavoro (in termini di controllo esecutivo; Kane et al., 2004) sulla scelta della strategia di soluzione in relazione a diverse condizioni di stress, si imbattono in un curioso fenomeno. In condizioni di basso stress (una condizione sperimentale che si può definire "normale", con sperimentatori senza camici bianchi e nessuna competizione tra soggetti) i partecipanti con una più alta WMC mostravano una maggiore meccanizzazione, rispetto ai soggetti con bassa WMC, della strategia di soluzione più complessa nel *Water Jars problem*. In condizioni di alto stress invece, le differenze tra soggetti con alta e bassa WMC non erano significative ed entrambi i gruppi utilizzavano la strategia breve appena questa era disponibile.

Secondo le teorie del doppio processo (ad es.: Carruthers, 2011; Evans, 2012; Evans & Stanovich, 2013; Stanovich & Toplak, 2012; vedi capitolo 3) i soggetti possono risolvere un compito secondo due strategie: la prima strategia è quella associativa e richiede l'utilizzo di poche risorse; la seconda è invece basata su regole e al contrario della prima richiede molte risorse e un ampio coinvolgimento della memoria di lavoro. Secondo Beilock e DeCaro (2007), visto che gli individui con una WMC più alta sono in grado di eseguire mentalmente calcoli più complessi (Siegler, 1988; Siegler & Lemaire, 1997; Siegler & Shipley, 1995; Siegler & Shrager, 1984) ed è più probabile che facciano affidamento su algoritmi basati su regole (ad es.: Stanovich, West & Toplak, 2016), allora essi persisterebbero di più nell'utilizzo della formula più lunga perché sono in grado di estrarre ed utilizzare la regola con minor sforzo rispetto agli individui con una più bassa WMC.

### **5.1. L'esperimento**

Il *Water Jars* è un compito particolarmente interessante per esaminare in che modo le differenze individuali nella WMC influenzano la scelta delle strategie di soluzione di un problema. Si potrebbe dire che passare alla soluzione più breve dopo aver utilizzato con successo per più volte la soluzione più complessa, è un processo simile a quello

dell'insight perché richiede al solutore di cambiare la propria rappresentazione del problema.

Recenti studi, che hanno utilizzato il *Water Jars Problem*, hanno confermato che una più alta WMC sarebbe maggiormente associata all'utilizzo della strategia più lunga, anche quando la strategia più economica è disponibile (Sovansky & Ohlsson, 2016; Van Stockum e DeCaro, 2015).

In merito allo studio di Beilock e DeCaro (2007) si possono fare alcune considerazioni. La consegna che le autrici hanno utilizzato chiedeva ai partecipanti di ottenere una specifica quantità di acqua con contenitori di varie capacità, utilizzando *la strategia più semplice possibile*. Il primo punto da chiarire è cosa intenda lo sperimentatore e cosa intendano i soggetti per strategia "*più semplice*". Secondo Beilock e DeCaro ad esempio, la strategia che ha meno passaggi e che impegna meno in termini temporali è quella più semplice. Questa definizione potrebbe essere condivisa da alcuni soggetti, ma da altri no. Per chi ha alta WMC, rispetto a chi ha bassa WMC, ad esempio, potrebbe essere più semplice mantenere in memoria la strategia che hanno utilizzato per metà del compito, sebbene questa sia più lunga. In questo caso, la strategia più lunga potrebbe essere considerata più semplice perché utilizzata in maniera meccanica e con meno sforzo. In relazione alle loro capacità cognitive, se la regola è stata interiorizzata sarebbe sufficiente ritrovare nel nuovo problema presentato alcune regolarità estratte dai problemi precedenti (nei quali la strategia ha avuto successo), affinché il soggetto sia in grado efficacemente di riapplicare la regola senza andare alla ricerca di una nuova strategia. Pertanto, chiedere di trovare *la strategia più semplice* potrebbe dare origine a un malinteso. Se lo sperimentatore con "*più semplice*" intende la strategia più corta, allora la consegna dovrebbe chiedere ai soggetti di trovare la soluzione attraverso *il minor numero di travasi possibili*.

Beilock e DeCaro (ibidem) trovano, inoltre, che la strategia più complessa è meno efficiente in termini di tempo. Il tempo è stato calcolato dalle autrici come il periodo che intercorre tra la presentazione del problema e la pressione della barra spaziatrice a seguito della registrazione della risposta. Le autrici trovano che la strategia più semplice è anche quella più veloce, confermando così secondo loro il fatto che l'algoritmo complesso sia peggiore. Tuttavia, la velocità con la quale i soggetti arrivano alla

soluzione potrebbe essere diversa rispetto alla velocità con la quale rispondono (incluso la scrittura della risposta). Ad esempio, scrivere la formula semplice  $A-C$  è sicuramente più veloce di scrivere quella più complessa  $B-A-2*C$ , ma questo a nostro parere non dovrebbe influire sull'operationalizzazione dell'efficienza delle strategie. Il metodo utilizzato per calcolare il tempo non dimostra che la soluzione sia stata computata più velocemente nel primo caso piuttosto che nel secondo, pertanto ci sembrerebbe più ragionevole conteggiare il tempo escludendo la parte di inserimento della risposta.

Nel nostro esperimento le performance dei soggetti nel *Water Jars* saranno valutate sulla base delle differenze individuali nella WMC, intesa come misura del controllo esecutivo (Kane et al., 2004) e sulla base dell'analisi dei movimenti oculari. La disposizione degli elementi del problema, in numero limitato e disposti in maniera distinta sullo schermo del pc, è infatti particolarmente favorevole per determinare con precisione i movimenti oculari su determinate aree di interesse.

Cercheremo di mettere in dubbio l'idea che gli individui con una più alta WMC persistono in una strategia che è *meno efficiente*. Come già sottolineato, la ripetizione di una strategia appresa è un procedimento che presenta dei vantaggi perché assicura un risparmio di tempo ed energia, se la strategia è appropriata anche per la soluzione del nuovo problema. In un compito come il *Water Jars problem*, nel quale una volta estratta la regola è possibile risolvere tutti i problemi con la stessa formula, anche se lunga. Perciò l'efficienza di un procedimento può essere determinata non solo dal tempo impiegato ma anche dallo sforzo impiegato nell'esplorazione dello spazio del problema e nell'estrazione della regola.

In accordo con Beilock e DeCaro (2007), ci aspettiamo di trovare che gli individui con una più alta WMC utilizzino maggiormente la strategia più complessa rispetto a quelli con una più bassa WMC, anche quando quella più semplice è disponibile, perché sarebbero in grado di estrarre la regola più facilmente, perché sono in grado di controllare meglio l'attenzione sulle informazioni rilevanti, ma hanno al contempo un elevato controllo esecutivo che non permette loro di vedere oltre il compito che stanno svolgendo. Ci aspettiamo quindi di trovare anche tempi di risposta più brevi per i soggetti con alta WMC nei primi problemi, quelli che si possono risolvere solo con la

formula lunga. Utilizzeremo tuttavia, come precedentemente spiegato, un metodo diverso di definire il tempo impiegato per risolvere il problema, che prevede di considerare il periodo che intercorre tra la presentazione dello stimolo e il raggiungimento della risposta, escludendo la parte di scrittura della formula. In base a questo, al contrario delle autrici, ci aspettiamo di non trovare differenze tra chi ha una più alta WMC e chi ha una più bassa WMC nel tempo di soluzione dei problemi che possono essere risolti con entrambe le strategie (controllando la tipologia di strategia utilizzata). Se da una parte, gli individui che utilizzano la strategia complessa devono fare più calcoli, dall'altra essi sarebbero avvantaggiati dal fatto di riapplicare una regola già utilizzata in precedenza in problemi simili, senza la necessità di esplorare ulteriormente le possibili soluzioni. I soggetti invece che non hanno estratto la regola, dovranno per ogni problema esplorare gli elementi costitutivi e cercare la nuova formula, tuttavia, la formula breve prevede calcoli molto semplici da effettuare.

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'eye-tracking, ci focalizzeremo sull'analisi del numero di fissazioni e della durata delle fissazioni, sulle aree di interesse definite dalle porzioni di spazio occupate dagli oggetti del problema. Secondo Ballard, Hayhoe, Pook e Rao (1997), esiste una distinzione funzionale tra fissazioni brevi e lunghe ed è più probabile che una fissazione più lunga segnali un'elaborazione più profonda. Una fissazione più breve serve principalmente a ricodificare un elemento del problema nella memoria di lavoro e non implica necessariamente che l'elemento ricodificato sia ulteriormente elaborato. Secondo le nostre ipotesi, dopo una fase esplorativa si assisterebbe quindi ad un allungamento dei tempi di fissazione (Knoblich, Ohlsson & Raney, 2001), perché i soggetti dovranno elaborare i dati per effettuare i calcoli. Pertanto, nei soggetti con una più alta WMC si dovrebbe assistere a una diminuzione del tempo di fissazione negli ultimi problemi perché la fase di elaborazione dovrebbe essere più preponderante durante la ricerca della formula, piuttosto che durante la riapplicazione della formula appresa. Invece, nei soggetti con una più bassa WMC non dovrebbero esserci differenze nei tempi di fissazione tra i primi problemi e gli ultimi, perché per ogni problema i soggetti andrebbero alla ricerca della strategia, esplorando in modo simile gli oggetti del compito.

Infine, verranno confrontate due versioni della consegna del problema, in modo da verificare se la richiesta di risolvere il problema con la formula più semplice possibile corrisponde anche per il partecipante (e non solo per lo sperimentatore) a risolvere il problema con il minor numero di travasi possibile. La richiesta di risolvere il problema con la formula più semplice possibile può essere infatti compatibile con una doppia interpretazione sulla base delle preferenze individuali: da un lato potrebbe essere più semplice riapplicare la stessa regola che fino a quel momento per problemi simili ha funzionato; dall'altro lato, il "semplice" potrebbe essere interpretato come il minor numero di travasi e di calcoli.

### 5.1.1 Metodo

#### *Partecipanti*

All'esperimento hanno partecipato 47 studenti dell'Università degli Studi di Milano – Bicocca, dei quali 13 maschi, di età compresa tra i 20 e i 53 anni (età media = 25.91 anni, DS= 7.31). Tutti i partecipanti sono madrelingua italiana, con vista normale o corretta (con lenti a contatto) e con assenza di diagnosi di ADHD e DSA. I partecipanti hanno ricevuto crediti formativi per la partecipazione. Un ulteriore partecipante è stato escluso per elevate difficoltà in lettura e calcolo, associate a probabile DSA non diagnosticato.

#### *Materiali e procedura*

Dopo aver letto e firmato il consenso informato e il trattamento dei dati personali, i partecipanti sono stati preparati per la registrazione dei movimenti oculari.

Il soggetto è stato posizionato a 80cm dallo schermo del computer (28 pollici) ed è stato utilizzato un poggiatesta per mantenere la testa ferma, direzionata verso il centro dello schermo. L'apparecchio utilizzato è un EYELink 1000 ed il software usato per la creazione del compito è SR-Research's Experiment Builder. Per ogni soggetto, è stata registrata il movimento dell'occhio dominante.

Dopo una prima fase di calibrazione dello strumento, i partecipanti sono stati assegnati casualmente a una delle due versioni pseudoparallele del *Water Jars Problem*.

Entrambe le versioni chiedono ai soggetti di risolvere i problemi mentalmente, senza l'obbligo di utilizzare tutti i vasi e avendo a disposizione una fornitura di acqua illimitata. Mentre la prima versione chiede ai soggetti di risolvere i problemi con "la formula più semplice possibile", l'altra versione chiede di risolvere i problemi con "il minor numero di travasi possibili". Dopo che il soggetto riesce a risolvere un problema di esempio, inizia la prova vera e propria.

Il tempo di risposta viene calcolato escludendo la parte di trasferimento della risposta sul foglio, in questo modo: quando il soggetto avrà risolto mentalmente il problema (non ha limiti di tempo per trovare la soluzione) dovrà premere la barra spaziatrice; il problema scomparirà dallo schermo e il soggetto potrà riportare sul foglio la risposta (una risposta per ogni pagina, senza la possibilità di vedere le risposte precedenti); infine, premendo di nuovo la barra spaziatrice al soggetto sarà mostrato il problema successivo. Non sono ammesse pause tra un problema e l'altro.

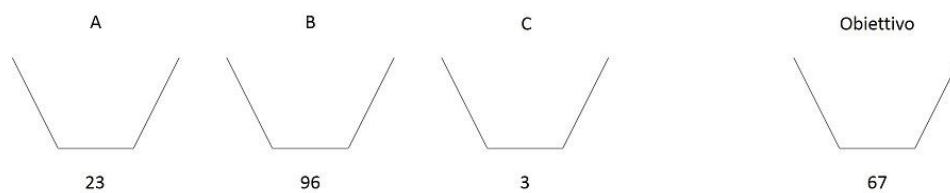


Figura 5.5. Il primo problema del Water Jars task, così come presentato ai soggetti.

In figura 5.2. uno dei problemi presentati. I problemi da risolvere, come in Beilock e DeCaro (2007) sono 6 in tutto. I primi tre si possono risolvere esclusivamente con la formula più lunga  $B-A-2*C$ , mentre gli ultimi tre possono essere risolti attraverso la formula lunga oppure la formula più corta  $A-C$ . In tabella 5.1 i problemi utilizzati.

Tabella 5.1. Water Jars problem, adattato da Beilock e DeCaro, 2007.

Problema	VASO			Obiettivo
	A	B	C	
1	23	96	3	67
2	11	48	6	25
3	20	59	4	31
4	23	49	3	20
5	15	39	3	18
6	14	36	8	6

Infine, i soggetti hanno completato due *complex span task* per la misurazione della WMC: l'*automated Symmetry span task (aSspan)*; Redick, et al., 2012) e l'*automated Reading span task (aRspan)*; Redick, et al., 2012). Entrambi gli *span task* sono presentati al computer e sono composti da compiti di memorizzazione e da compiti di processamento delle informazioni, che vengono intervallati. La misurazione della WMC richiede circa 40 minuti in totale. Nell'*aSspan* i partecipanti sono chiamati a giudicare la simmetria di una figura lungo un asse verticale centrale (*symmetry task*), poi viene presentato loro un quadratino rosso all'interno di una griglia 4x4. Il loro compito è quello di memorizzare la posizione del quadratino rosso, poiché dopo una serie di giudizi di simmetria e memorizzazione di quadratini (la lunghezza delle serie è variabile da 2 a 5), è chiesto loro di richiamare alla memoria la posizione dei quadratini visti nella serie, in ordine di presentazione. I partecipanti completano 12 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale consiste nel numero di quadratini rossi totali ricordati correttamente, con un range di 0-42.

In modo simile, nell'*aRspan* è chiesto di giudicare la verità/falsità di una frase e di ricordare la lettera presentata immediatamente dopo la frase. Essi hanno il compito di memorizzare la lettera, poiché dopo una serie di frasi e lettere (la lunghezza della serie è in questo caso da 3 a 7), è chiesto loro di richiamare alla memoria le lettere che hanno visto, nel corretto ordine di presentazione. I partecipanti completano 15 serie in totale, 3 serie per ogni successione di diversa lunghezza. Il punteggio finale corrisponde al numero di lettere ricordate correttamente, con un range di 0-75.

I punteggi finali sono considerati validi se il partecipante risponde correttamente ad almeno l'80% dei compiti nel *symmetry task* e nel *sentence task* (Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm & Engle, 2005). Un'accuratezza inferiore in uno dei due test determina l'esclusione del soggetto dall'analisi.

### 5.1.2. Analisi dei risultati

In tabella 5.2 sono riassunti i risultati dei problemi del Water Jars, con numero di solutori e tempo di risposta medio, divisi per strategia utilizzata. Come si può chiaramente vedere, i tempi di risposta decrescono con l'avanzare dei problemi, diminuiscono le risposte errate e anche le risposte che non corrispondono a quelle



previste, ma che sono comunque matematicamente corrette, come ad esempio nel problema 2:  $(A-C)*5$ .

Tabella 5.2. Risultati del Water Jars problem

		n	Tempo (medio)
<b>Problema1</b>	Formula lunga	40	1m37s
	Errata	5	1m44s
	Altro	2	4m56s
<b>Problema 2</b>	Formula lunga	37	1m20s
	Errata	4	3m58s
	Altro	6	2m05s
<b>Problema 3</b>	Formula lunga	43	0m47s
	Errata	3	0m20s
	Altro	1	2m21s
<b>Problema 4</b>	Formula breve	24	0m18s
	Formula lunga	23	0m28s
	Errata	0	-
	Altro	0	-
<b>Problema 5</b>	Formula breve	29	0m28s
	Formula lunga	17	0m31s
	Errata	1	0m42s
	Altro	0	-
<b>Problema 6</b>	Formula breve	26	0m30s
	Formula lunga	19	0m55s
	Errata	2	0m53s
	Altro	0	

I risultati delle misurazioni della WMC verbale e visuo-spaziale, con le relative statistiche descrittive, sono riportati in Tabella 5.3. L'affidabilità delle misurazioni è stata calcolata come indicato in Conway et al. (2005). I due punteggi correlano positivamente tra di loro,  $r(47) = .515$ ,  $p < 0.000$ .

Tabella 5.3. Working memory capacity: statistiche descrittive

	Minimo	Massimo	Media	Dev. std.	Asimmetria	Curtosi	Affidabilità ( $\alpha$ Cronbach)
WMC verbale	33	71	54.32	9.47	-.386	-.390	.750
WMC visuo-spaziale	3	42	31.64	7.76	-1.294	2.584	.809

A partire da queste, è stato creato un punteggio fattoriale globale di WMC, sulla base della varianza condivisa tra i due punteggi. Alta e bassa WMC sono state definite attraverso median split, così come in Beilock e DeCaro (2007).

In primo luogo, è stato valutato l'effetto della manipolazione fatta sulla consegna del problema. Le versioni pseudoparallele non hanno prodotto differenze statisticamente significative sulla scelta di utilizzare la strategia corta  $F(1, 35) = .356, p = .555$ , neanche considerando l'interazione tra gruppo sperimentale e WMC,  $F(1, 35) = 1.472, p = .234$ . Questo risultato non conferma le nostre preoccupazioni sul possibile fraintendimento della consegna. I due gruppi saranno perciò considerati come un unico campione e analizzati insieme.

Escludendo i soggetti che hanno compiuto errori o che hanno trovato soluzioni alternative a quelle previste nei primi tre problemi, troviamo che la differenza nell'utilizzo della strategia breve negli ultimi tre problemi tra soggetti con alta WMC e bassa WMC è statisticamente significativa  $t(33) = 2,601, p = .014$ .

I soggetti con bassa WMC rispetto a quelli con alta WMC utilizzano più frequentemente la strategia breve di soluzione del problema (rispettivamente  $M = .94, DS = 1.16$  vs  $M = 2.00, DS = 1.09$ ; Figura 5.3).

È così confermata l'ipotesi che i soggetti con una più bassa WMC sono più propensi, rispetto ai soggetti con alta WMC, a utilizzare la formula breve quando essa è disponibile, piuttosto che continuare ad utilizzare la formula più complessa.

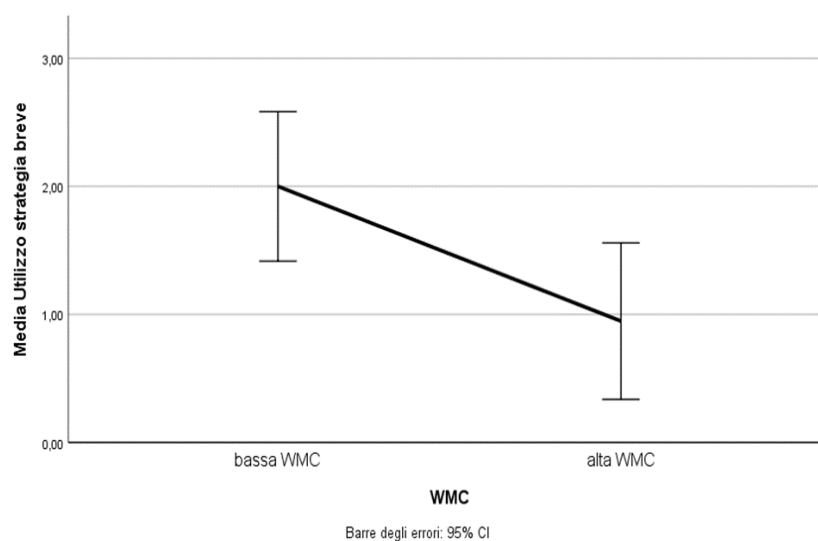


Figura 5.6. Media di utilizzo della strategia breve per soggetti con alta e bassa WMC

Per quanto riguarda i tempi di risposta per i primi tre problemi, si può osservare (figura 5.4) che i soggetti con un'alta WMC sono più veloci, rispetto a quelli con bassa WMC, a risolvere i problemi quando essi consistono nel trovare la formula più lunga.

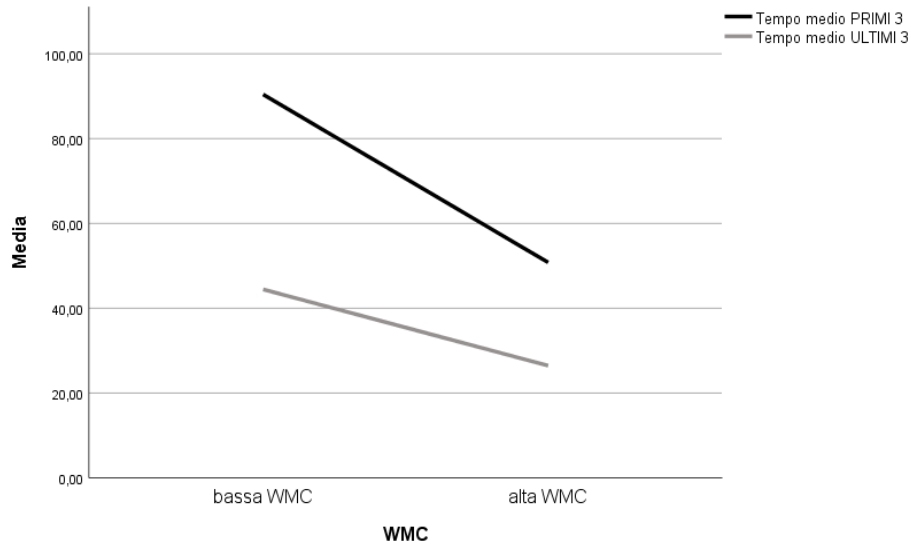


Figura 5.4. Water Jars problem: tempi di risposta medi per i primi tre problemi e per gli ultimi tre in base per i soggetti con alta e bassa WMC.

La differenza tra tempi di risposta medi è statisticamente significativa  $t(18,85)=2.429$ ,  $p=.025$ . I tempi medi di risposta corrispondono a 0m50s ( $DS=0m24s$ ) per chi ha alta WMC e 1m30s ( $DS=1m01s$ ) per chi ha bassa WMC. La differenza tra tempi di risposta medi dei soggetti con alta e bassa WMC non è invece statisticamente significativa negli ultimi tre problemi  $t(45)=1.785$ ,  $p=.081$ . I tempi medi di risposta corrispondono a 0m23s ( $DS=0m17s$ ) per chi ha alta WMC e 0m39s ( $DS=0m37s$ ) per chi ha bassa WMC. Questa differenza è stata controllata anche come effetto dell'interazione tra utilizzo della formula breve e WMC, risultando comunque non significativa  $F(1, 35)=.028$ ,  $p=.868$ .

È evidente il miglioramento nei tempi di risposta negli ultimi tre problemi, rispetto ai primi tre, a prescindere dalla WMC. In entrambi i casi, la differenza nei tempi medi di risposta tra i primi tre e gli ultimi tre problemi è statisticamente significativa (per alta WMC:  $t(36)=3.433$ ,  $p=.002$ ; per bassa WMC:  $t(30)=2.460$ ,  $p=.020$ ).

Infine, i risultati della registrazione dei movimenti oculari. Sono stati esclusi dalle analisi 4 soggetti a causa di errori nella registrazione dei dati.

In tabella 5.4 sono riassunti i risultati sul numero di fissazioni medio e la durata media delle fissazioni per i primi tre problemi e gli ultimi tre problemi, sulla base delle differenze nella WMC.

Tabella 5.5. *Water Jars problem: numero e durata media delle fissazioni*

		<b>Numero medio fissazioni (DS)</b>	<b>Durata media fissazioni (DS)</b>
Primi 3 problemi	<b>Bassa WMC</b>	268.85 (184.19)	259.74 ms (55.50ms)
	<b>Alta WMC</b>	174.90 (130.42)	275.52 ms (71.01ms)
Ultimi 3 problemi	<b>Bassa WMC</b>	103.65 (65.16)	229.52 ms (43.94ms)
	<b>Alta WMC</b>	70.87 (51.19)	232.43 ms (55,11ms)

Tra i soggetti con alta e bassa WMC sembrerebbe che ci sia una differenza nel numero medio di fissazioni, più basso per chi ha alta WMC. Tuttavia non ci sono differenze statisticamente significative nel numero di fissazioni medio, né nei primi tre problemi, né negli ultimi tre problemi (rispettivamente, nei primi tre:  $t(41) = 1.949$ ,  $p = .058$ ; negli ultimi tre:  $t(41) = 1.846$ ,  $p = .072$ ). Si può notare tuttavia un decremento nel numero di fissazioni dai primi tre problemi agli ultimi tre, sia per i soggetti con bassa WMC, che per i soggetti con alta WMC. Le differenze sono statisticamente significative: per chi ha alta WMC  $t(28.62) = 3.561$ ,  $p = .001$ ; per chi ha bassa WMC  $t(23.68) = 3.781$ ,  $p = .001$ . Ciò può voler dire che sia replicando la strategia già appresa in precedenza come fanno i soggetti con alta WMC, che trovando la strategia più semplice come i soggetti con bassa WMC, lo sforzo nell'esplorazione degli elementi del problema diminuisce, ma per ragioni differenti.

Le analisi della durata media delle fissazioni nei primi tre problemi non hanno mostrato differenze significative tra chi ha alta WMC e chi ha bassa WMC,  $t(41) = -.803$ ,  $p = .427$ . Lo stesso è stato trovato negli ultimi tre problemi,  $t(41) = -.190$ ,  $p = .851$ .

La durata media delle fissazioni dei soggetti con alta WMC è notevolmente diminuita negli ultimi tre problemi, rispetto ai primi tre,  $t(44)=2.299$ ,  $p=.026$ . Questi risultati indicano che gli individui con alta WMC sono più impegnati a manipolare i dati nei primi tre problemi, ma una volta estratta la formula non hanno più bisogno di andare alla ricerca di una nuova strategia. Una volta che il problema è riconosciuto come simile a quelli precedenti, la formula lunga può essere applicata, limitando il numero delle operazioni da eseguire a quelle previste da essa.

La durata media delle fissazioni dei soggetti con bassa WMC non ha invece mostrato differenze statisticamente significative tra i primi tre problemi e gli ultimi tre  $t(38)=1.909$ ,  $p=.064$ . ciò potrebbe indicare che gli individui con bassa WMC continuano a cercare, allo stesso modo dei primi tre problemi, la formula anche negli ultimi tre, esplorando e manipolando i dati del problema nello stesso modo. L'unica differenza risiederebbe nella semplicità di estrarre la regola più breve, rispetto a quella lunga.

## **5.2. Discussione**

I risultati dell'esperimento hanno mostrato che i soggetti con una più alta WMC sono più inclini a restare fissati sull'utilizzo della regola estratta, anche quando è disponibile una strategia più semplice, in linea con le evidenze sperimentali presenti in letteratura (ad es. Beilock & DeCaro, 2007), ma questo non sembra influire sulla performance dell'individuo in termini di efficienza, al contrario di ciò che è stato sostenuto finora. I risultati infatti hanno mostrato che non c'è differenza nei tempi di soluzione negli ultimi tre problemi, tra chi ha alta e bassa WMC.

Data la specifica struttura del compito, formato da problemi simili che si possono risolvere nello stesso modo, una maggiore focalizzazione dell'attenzione sulla regola estratta inizialmente, lunga ma sempre efficace per ogni problema, risulta essere un vantaggio, poiché permette di evitare lo sforzo di esplorare ogni volta il problema come se fosse una situazione nuova. Gli individui con una più bassa WMC sembrano, invece, più in difficoltà ad estrarre la regola, di conseguenza sarebbero più portati ad esplorare ogni volta un nuovo problema, come se fosse indipendente dagli altri. Un'attenzione più diffusa sugli elementi del compito, piuttosto che focalizzata sul controllo della regola,

permette ai soggetti con la WMC più bassa di individuare la formula più breve e quindi di avere una performance simile, in termini di tempo e sforzo, a quella dei partecipanti con una più alta WMC. Secondo la nostra opinione, le differenze nelle performance potrebbero essere visibili se aumentassimo la difficoltà dei calcoli da eseguire con la formula più semplice, lasciando inalterato il numero di travasi. In questo caso, potrebbe risultare evidente che la ripetizione della stessa strategia per tutti i problemi è un vantaggio per chi è in grado di estrarre la regola facilmente nei primi problemi, ovvero per i soggetti con una più alta WMC.

Facendo un parallelismo con l'*insight problem solving*, si è spesso sostenuto che nel Water Jars problem passare alla soluzione più breve dopo aver utilizzato con successo per più volte la soluzione più complessa, potrebbe essere considerato un processo simile a quello dell'*insight*, perché richiede al solutore di cambiare la propria rappresentazione del problema. La difficoltà dei problemi *insight* si basa su una rappresentazione che non è in linea con la soluzione, quindi le strategie comunemente utilizzate in quello spazio del problema non conducono né a progressi, né alla soluzione del problema. In letteratura, evidenze sperimentali mostrano che una più alta WMC potrebbe ostacolare il raggiungimento dell'*insight* (ad es. DeCaro et al., 2016), perché il maggior controllo attenzionale e la maggiore propensione ad utilizzare strategie basate su regole, possono portare a perseverare di più all'interno della rappresentazione iniziale del problema in cerca della soluzione, senza apportare vantaggi al raggiungimento di quest'ultima, poiché essa non è possibile in quella rappresentazione.

I nostri risultati, mostrano che in compiti come questo, dove la strategia inizialmente utilizzata è invece efficace in tutti i problemi, i soggetti con alta WMC che riescono ad estrarre semplicemente la regola, non hanno motivi per cambiare strategia. Essi sono più meccanici rispetto a chi ha bassa WMC proprio perché confidano maggiormente su un ragionamento basato su regole (Sistema 2). L'efficienza della ripetizione di una strategia già applicata e che funziona, è indicata sia dall'accorciamento dei tempi di risposta nei soggetti con alta WMC tra i primi tre problemi e gli ultimi tre, sia dal numero e dalla durata delle fissazioni, che decrescono anch'essi.

L'unica spinta al cambio della rappresentazione rimane quella indicata dalle istruzioni del problema che chiede di trovare la "formula più semplice possibile" oppure "il minor

numero di travasi possibili”, ma sembrerebbe essere messa in secondo piano dalla struttura stessa del compito, che sollecita una visione aggregata dei problemi. Il compito, sebbene formato da più problemi, sembra essere considerato un tutt’uno (da un punto di vista pragmatico, un unico scopo, un’unica intenzione sperimentale). Sia i soggetti con alta WMC che quelli con bassa WMC tendono quindi all’economicità, con i mezzi cognitivi che hanno a disposizione.

## CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente contributo è stato quello di approfondire la conoscenza dei processi mentali responsabili di una delle attività cognitive più affascinanti, ovvero *l'insight problem solving*.

A questo proposito, si è scelto di utilizzare il costrutto di memoria di lavoro, un modello teorico della memoria responsabile del mantenimento e dell'elaborazione delle informazioni necessarie per affrontare compiti più o meno complessi. La WM è un sistema a capacità limitata, che opera attraverso processi coscienti e le differenze individuali nella WMC sembrano spiegare le differenti performance degli individui in una varietà di attività cognitive complesse. La relazione tra problemi incrementali e memoria di lavoro è chiara: una WMC più elevata migliora le prestazioni nella risoluzione, indicando la natura conscia dei processi di soluzione di questo tipo di problemi. Invece, la relazione tra WM e soluzione dei problemi insight è al centro di un dibattito interessante, che rivela prospettive teoriche contrastanti. L'*insight problem solving* non è infatti considerato in maniera univoca come un processo speciale, distinto da quello che sottende la soluzione dei problemi incrementali. Esistono diverse ipotesi sull'argomento, che possono essere identificate in tre prospettive principali. Due discendono dalla tradizione teorica della Gestalt, ovvero la *special process view* (ad es.: Ash & Wiley, 2006; Ohlsson, 2011; Öllinger et al., 1993; Schooler et al., 1993; Wiley & Jarosz, 2012) e *l'unconscious analytic thought* (Bagassi & Macchi, 2016, 2017; Macchi & Bagassi, 2012; 2015; 2018); l'altra fa riferimento direttamente alla Teoria dell'elaborazione delle informazioni di Simon e Newell (Simon & Newell, 1971; Newell & Simon, 1972), ovvero la *business-as-usual view* (ad es.: MacGregor et al., 2001; Chronicle et al., 2004).

Le prospettive *special process* e *business-as-usual*, si pongono agli opposti per quanto riguarda la natura dei processi responsabili della soluzione dei problemi insight. Mentre per la *special process view* questi processi sarebbero di tipo associativo, automatico, inconscio, per i sostenitori della *business-as-usual view* la natura dei processi insight non



differisce da quella del problem solving incrementale, essendo entrambi di tipo analitico cosciente.

Invece, per la prospettiva dell'*unconscious analytic thought* la soluzione dei problema insight è resa possibile da un pensiero di tipo analitico ma inconscio. Esso è definito come un pensiero creativo, produttivo, derivante da un'attivazione generale diffusa della conoscenza di tipo non consapevole, ma allo stesso tempo analitica, guidata da un processo di ricerca pertinente agli obiettivi, che va ben oltre il pensiero automatico associativo casuale.

Se consideriamo la Working Memory nel suo ruolo più generale di "esecutivo centrale" (Baddeley e Hitch, 1974; Baddeley, 2000; 2003) e quindi come un sistema che agisce esclusivamente in maniera cosciente, allora una sua influenza nella soluzione di un problema dovrebbe indicare che i processi che hanno permesso di raggiungere la soluzione siano di tipo cosciente. In alternativa, questi processi sarebbero di tipo implicito, non consapevole. Attraverso quattro studi, si è cercato di analizzare l'influenza della Working Memory sul processo di soluzione di problemi di tipo incrementale e di tipo insight. Il risultato è stato un approfondimento che non si limita alla relazione tra Working Memory e insight, ma si compone anche di alcune considerazioni su alcune variabili che orbitano silenziosamente attorno a questa relazione.

Nello scontro tra natura conscia e inconscia dei processi di soluzione responsabili dei problemi insight, non sembrerebbe esserci una prospettiva che prevale sull'altra in termini di evidenze sperimentali. Queste evidenze empiriche contrastanti potrebbero derivare da una serie di fattori che variano da studio a studio, come, ad esempio, fattori situazionali attribuibili al contesto sperimentale, l'utilizzo di istruzioni differenti per lo stesso problema, caratteristiche specifiche dei problemi definiti in maniera generale come *insight problem*, caratteristiche del campione utilizzato, variabilità nella scelta dei test per la misurazione della WMC, ecc.

Consideriamo, in primo luogo, la memoria di lavoro. Nella ricerca sul *problem solving*, la WM è generalmente intesa come un'unica componente, enfatizzando la relazione tra soluzione del problema e attenzione esecutiva (Engle, 2002). Non c'è però accordo sulla misura della WMC da utilizzare: nella maggior parte degli studi, le misure della WMC verbale e visuo-spaziale sono utilizzate in maniera aggregata, calcolando un punteggio

globale di WMC tramite media o punteggio fattoriale; altre volte la misura della WMC passa attraverso la misurazione esclusiva di un componente della WM, che viene considerato come un indicatore indifferentemente dalla sua natura verbale o visuo-spaziale; in un numero ristretto di studi, la misura dello span della memoria di lavoro verbale e quella della visuo-spaziale sono mantenute separate. Ci sembra importante sottolineare, viste le considerazioni fatte finora, la necessità di scegliere la misura della WMC da utilizzare sulla base sia degli scopi della ricerca, sia delle caratteristiche del problema scelto.

Nell'esperimento del Capitolo 3 (*"PigPen" Problem*), è stato analizzato il ruolo della memoria di lavoro intesa come un'unica componente dominio-specifica, che riflette il "controllo esecutivo", nella soluzione dei problemi incrementali e insight, al fine di confrontare diverse prospettive teoriche. In questo studio la misura globale della WMC è stata creata a partire dalla misurazione delle due componenti, verbale e visuo-spaziale. I risultati hanno mostrato che la WM influenza positivamente la performance del problema incrementale, mentre non influenza la performance nelle fasi di soluzione "veloce" del problema insight e a seguito di un periodo di incubazione indotto sperimentalmente. Questi risultati supportano l'esistenza di due tipi di processi separati per il problem solving incrementale e l'*insight problem solving*, così come sostenuto dalle prospettive *special process* e *unconscious analytic thought*.

Nell'esperimento 1 del Capitolo 4 (*Matchstick Arithmetic Task*), sono state ipotizzati ruoli opposti per le componenti verbali e visuo-spaziali della memoria di lavoro sulle fasi del processo di soluzione di *visual insight problem*, alla luce delle funzioni e delle caratteristiche dominio-specifiche dei magazzini di memoria, perciò abbiamo mantenuto separate le misure della WMC verbale e visuo-spaziale. I risultati hanno mostrato che una più alta WMC verbale influiva in maniera negativa, mentre una più alta WMC visuo-spaziale influenzava in maniera positiva la soluzione del problema insight.

Nel confronto tra questi due esperimenti, possiamo ritrovare due risultati apparentemente contraddittori. Il primo riguarda l'influenza positiva della componente visuo-spaziale della WM presente nei problemi CR (insight) del *Matchstick Arithmetic Task* (esperimento 1), ma che non è presente nel *PigPen problem* (Capitolo 4). Sarebbe

necessario prendere atto che non tutti i problemi insight sono uguali. I problemi insight vengono considerati in genere come equivalenti quanto a grado di difficoltà e l'effetto delle differenze individuali nella WMC è spesso analizzato sulla performance totale nella soluzione di più problemi. Alla luce delle diverse caratteristiche associate ad ogni problema, potrebbero essere individuate delle sottocategorie che si pongono lungo un continuum (Macchi e Bagassi, 2015) rispetto al grado di difficoltà. Di conseguenza, uniformare l'effetto della WMC sulla performance in una serie di problemi di categorie differenti potrebbe essere un ostacolo al raggiungimento della conoscenza rispetto al reale contributo della memoria di lavoro. Ad esempio, nel *Matchstick Arithmetic Task*, due sono le tipologie di problemi insight comunemente utilizzate, ovvero il tipo CR (*Constraint Relaxation*) e il tipo CD (*Chunk Decomposition*). Nell'esperimento 1 del Capitolo 4, i risultati hanno mostrato che CR e CD sono caratterizzati da livelli differenti di difficoltà e non è chiaro se essi condividano o meno gli stessi processi di soluzione. Sotto l'aspetto statistico, analizzare la performance dei soggetti in un maggior numero di problemi è vantaggioso perché aumenta l'affidabilità delle misurazioni. Se tuttavia, problemi di categorie differenti vengono messi insieme, il vantaggio derivante dal maggior numero di dati a disposizione può essere solo apparente.

Di conseguenza, a seconda delle diverse caratteristiche associate ad ogni problema, essi potrebbero appartenere a diverse sottocategorie ed il diverso ruolo della WMC spaziale in questo caso potrebbe essere utilizzato per discriminare i diversi livelli di difficoltà associati ai problemi.

Il secondo punto apparentemente contraddittorio riguarda la relazione tra WMC e la velocità con la quale il soggetto entra in impasse. Nell'esperimento con il *PigPen problem* (capitolo 3) i soggetti con alta WMC perseverano di più nella ricerca della soluzione, dichiarando di essere entrati in impasse più tardi. Invece nel capitolo 4, si è ipotizzato che una più alta WMC visuo-spaziale, essendo associata a una migliore capacità di manipolare le immagini mentali, potrebbe favorire la soluzione dei problemi insight, perché potrebbe avvantaggiare il solutore nella navigazione dello spazio iniziale del problema, in modo che raggiunga più velocemente l'impasse. I risultati dell'esperimento 1, capitolo 4 (*Matchstick Arithmetic Task*) mostrano che una più alta WMC visuo-spaziale influenza positivamente la soluzione. È necessario sottolineare che

nell'esperimento con il *PigPen problem* viene data la possibilità di informare lo sperimentatore di sentirsi bloccati, mentre questa possibilità non è presente nell'altro esperimento. Informare lo sperimentatore di essere bloccati non equivale a sostenere di aver navigato lo spazio del problema in maniera più veloce ed efficace, quanto piuttosto sembra segnare una "resa". Questa evidenza potrebbe forse suggerire che gli individui con una più alta WMC possano essere più perseveranti nella ricerca della soluzione all'interno della rappresentazione del problema, rispetto ai soggetti con una più bassa WMC che tendono ad arrendersi prima. Nel *Matchstick Arithmetic Task*, la possibilità di interrompere il compito non è data ed il tempo concesso ai soggetti per risolvere i problemi è diverso, rispetto al *PigPen problem*. Nei problemi in cui il tempo concesso per la risoluzione è limitato ed uguale per tutti, navigare in maniera più efficiente nello spazio del problema potrebbe determinare una maggiore velocità ad entrare in impasse e potrebbe aumentare le possibilità di risolvere il problema.

Nell'esperimento 2 del Capitolo 4, abbiamo mostrato che anche gli stessi problemi, se hanno consegne diverse, possono essere considerati dei problemi diversi. Modificando la consegna del *Matchstick Arithmetic Task*, senza intervenire sulle regole principali, la percentuale di soluzione dei problemi CR (insight) aumentava in maniera significativa (dal 12% di solutori nella versione originale al 26% nella versione neutra). Il compito era lo stesso, ma i vincoli che si venivano a creare in base alle versioni della consegna erano diversi. Dato lo stretto rapporto fra linguaggio e *insight problem solving* nel processo di formazione e di soluzione del problema (Macchi & Bagassi, 2012; 2015; 2018) è necessario tenere presente che ogni parte della situazione sperimentale concorre nella rappresentazione iniziale del problema, compresa la consegna o le istruzioni del problema. Utilizzare lo stesso problema, ma con una consegna differente (come ad esempio DeCaro et al., 2016 e Chuderski & Jastrzębski, 2017) potrebbe determinare l'esistenza di vincoli differenti e così influenzare la costruzione della rappresentazione del problema, determinando differenze nella percentuale di soluzione e in termini ipotetici anche nel ruolo della WMC sul processo di soluzione.

Questa differenza nei tassi di risposta, dovuta alla diversa consegna, non si verificava invece nei problemi ST (incrementali). Questi risultati corroborano l'idea che i vincoli derivanti dall'interpretazione del testo del problema non sono un impedimento alla soluzione dei problemi incrementali, mentre invece sono un ostacolo per il

raggiungimento della soluzione dei problemi insight, poiché la rappresentazione iniziale del problema non è in linea con la soluzione, determinando così una parte della difficoltà dei problemi insight

Altre componenti nella creazione della difficoltà dei problemi insight possono essere rintracciate nei vincoli che si vengono a creare sulla base delle conoscenze precedentemente acquisite dai soggetti. Sempre nel Capitolo 4, si può vedere come le conoscenze implicite legate all'esperienza passata con i numeri romani possono influenzare i tassi di soluzione nel Matchstick Arithmetic Task. Perciò non solo le caratteristiche del problema, ma anche le caratteristiche del campione utilizzato e il suo livello di familiarità con il compito dovrebbero essere prese in considerazione nello studio dei processi responsabili della soluzione dei problemi insight.

Nello studio 5 è stato esaminato in che modo le differenze individuali nella WMC possono influenzare il cambio di strategia nella soluzione dei problemi. Il cambio di strategia nel *Water Jug Problem* può essere infatti considerato come un processo simile a quello dell'insight, perché richiede al solutore di cambiare la propria rappresentazione del problema. Gli individui con una WMC persistono di più nella strategia più complessa anche quando una più semplice è disponibile poiché sono in grado di estrarre la regola più facilmente, sono maggiormente in grado di controllare l'attenzione sugli aspetti rilevanti, ma al contempo non riescono a vedere oltre il compito che stanno svolgendo. Quando si chiede loro di trovare la soluzione con il minor numero di passaggi, risolvendo il possibile malinteso suscitato dall'ambiguo significato dell'espressione "la strategia più semplice", per i soggetti con alta WMC, la performance non cambia. La loro attenzione è focalizzata sul ritrovare la similarità tra i problemi, tant'è che si potrebbe ipotizzare che nella loro rappresentazione il compito non consista in tanti problemi separati, ma in un unico scopo comune. Al contrario, gli individui con una più bassa WMC, dal momento che hanno un'attenzione è più diffusa, estraggono la regola con minor facilità e quindi non viene più cercata la somiglianza tra i problemi, viene esplorato tutto lo spazio di ogni problema in maniera indipendente senza attingere all'esperienza pregressa, permettendo alla soluzione più facile, quando prevista, di apparire.

Chi ha una più alta WMC mostra maggiore meccanizzazione rispetto a chi ha una più bassa WMC, ma questo non inficia sulla performance in termini di successo o di tempo

impiegato. Nel *Water Jug Problem* la strategia utilizzata nei primi tre problemi è ugualmente valida negli ultimi tre problemi anche se si compone di più passaggi. Al contrario, nei problemi insight è necessario un cambio della rappresentazione, perché le strategie precedentemente utilizzate non funzionano in quello spazio del problema, quindi la maggiore predisposizione ad utilizzare soluzioni già sperimentate potrebbe effettivamente allungare il tempo per raggiungere l'impasse. Dobbiamo però tenere in considerazione che la quantità di informazioni in grado di essere elaborate dai soggetti con alta WMC e bassa WMC è diversa, proprio sulla base delle differenze individuali nel mantenimento in memoria di un numero di informazioni specifiche (verbali o visuo-spaziali).

Infine, un ultimo aspetto della memoria di lavoro da prendere in considerazione riguarda la sua relazione con la coscienza. Alla luce delle più recenti evidenze sperimentali presenti in letteratura (vedi ad es. ad es.: Bergström & Eriksson, 2014; Dutta et al., 2014; Soto et al., 2011) e dei risultati descritti in questo lavoro rispetto alla controversa relazione tra le componenti dominio-specifiche della memoria di lavoro e la soluzione di alcuni *insight problem* (come ad esempio l'influenza positiva di una più alta WM visuo-spaziale e la contemporanea influenza negativa di una più alta WM verbale trovata nel *Matchstick Arithmetic Task*), si potrebbe iniziare a dubitare della natura stessa della WM come un sistema che opera attraverso processi prettamente coscienti e di conseguenza si potrebbe pensare a degli strumenti per operationalizzare questa facoltà. Le ricerche in proposito sono ancora in numero limitato, ma l'ipotesi di una WMC che operi anche attraverso processi inconsci, oppure che stimoli inconsci possano essere elaborati dalla memoria di lavoro, potrebbe trovare collocazione nella prospettiva dell'*Unconscious Analytic Thought*. Secondo Macchi e Bagassi (Bagassi & Macchi, 2016, 2017; Macchi & Bagassi, 2012, 2015) la ristrutturazione necessiterebbe infatti di una sorta di pensiero analitico inconscio, che agisce in base alla pertinenza. La possibilità dell'esistenza di un processo cognitivo di questo tipo potrebbe far pensare proprio a una dimensione inconscia della WM che lavora in parallelo.

## BIBLIOGRAFIA

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology-General*, 131, 567–589.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological bulletin*, 131(1), 30.
- Anderson, J. R. (1993). Problem solving and learning. *American Psychologist*, 48(1), 35.
- Anderson, J. R. (2005). *Cognitive psychology and its implications*. Macmillan.
- Ash, I. K., & Wiley, J. (2006). The nature of restructuring in insight: An individual-differences approach. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(1), 66-73.
- Ash, I. K., & Wiley, J. (2008). Hindsight bias in insight and mathematical problem solving: Evidence of different reconstruction mechanisms for metacognitive versus situational judgments. *Memory & Cognition*, 36(4), 822-837.
- Ash, I. K., Cushen, P. J., & Wiley, J. (2009). Obstacles in investigating the role of restructuring in insightful problem solving. *The Journal of Problem Solving*, 2(2).
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). Academic Press.

- Baars, B. J. (1997). *In the theater of consciousness: The workspace of the mind*. Oxford University Press, USA.
- Baars, B. J. (2005). Global workspace theory of consciousness: toward a cognitive neuroscience of human experience. *Progress in brain research*, 150, 45-53.
- Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory. New York, NY, US.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience*, 4(10), 829.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2019). The phonological loop as a buffer store: An update. *Cortex*, 112, 91-106.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model.
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological review*, 105(1), 158.



- Bagassi, M., & Macchi, L. (2016). The interpretative function and the emergence of unconscious analytic thought. In L. Macchi, M. Bagassi, & R. Viale (Eds.), *Cognitive Unconscious and Human Rationality* (pp. 43-76). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bagassi, M., Franchella, M., & Macchi, L. (2015). High cognitive abilities or interactional intelligence in insight problem solving? Manuscript under review.
- Bagassi, M., & Macchi, L. (2006). Pragmatic approach to decision making under uncertainty: The case of the disjunction effect. *Thinking & reasoning*, *12*(3), 329-350.
- Baird, B., Smallwood, J., Mrazek, M. D., Kam, J. W., Franklin, M. S., & Schooler, J. W. (2012). Inspired by distraction: Mind wandering facilitates creative incubation. *Psychological science*, *23*(10), 1117-1122.
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., Pook, P. K., & Rao, R. P. (1997). Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, *20*(4), 723-742.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological bulletin*, *130*(4), 553.
- Bartlett, F. (1958). *Thinking: An experimental and social study*.
- Batchelder, W. H., & Alexander, G. E. (2012). Insight problem solving: A critical examination of the possibility of formal theory. *The Journal of Problem Solving*, *5*(1), 6.

- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: explaining individual differences in working memory in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*(1), 71.
- Beijamini, F., Pereira, S. I. R., Cini, F. A., & Louzada, F. M. (2014). After being challenged by a video game problem, sleep increases the chance to solve it. *PloS one*, *9*(1), e84342.
- Beilock, S. L., & DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress: working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*(6), 983.
- Bergström, F., & Eriksson, J. (2014). Maintenance of non-consciously presented information engages the prefrontal cortex. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 938.
- Bona, S., Cattaneo, Z., Vecchi, T., Soto, D., & Silvanto, J. (2013). Metacognition of visual short-term memory: dissociation between objective and subjective components of VSTM. *Frontiers in psychology*, *4*, 62.
- Bosco, A., Longoni, A. M., & Vecchi, T. (2004). Gender effects in spatial orientation: Cognitive profiles and mental strategies. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *18*(5), 519-532.
- Bowden, E. M., Jung-Beeman, M., Fleck, J., & Kounios, J. (2005). New approaches to demystifying insight. *Trends in cognitive sciences*, *9*(7), 322-328.

- Brelsford Jr, J. W., Shiffrin, R. M., & Atkinson, R. C. (1968). Multiple reinforcement effects in short-term memory. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *21*(1), 1-19.
- Brody, N. (1997). Intelligence, schooling, and society. *American Psychologist*, *52*(10), 1046.
- Browne, B. A., & Cruse, D. F. (1988). The incubation effect: Illusion or illumination? *Human Performance*, *1*(3), 177-185.
- Cai, D. J., Mednick, S. A., Harrison, E. M., Kanady, J. C., & Mednick, S. C. (2009). REM, not incubation, improves creativity by priming associative networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(25), 10130-10134.
- Caravona, L., & Macchi, L. (in revision). Different incubation tasks in insight problem solving: evidences for an Unconscious Analytic Thought.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.
- Carroll, J. B. (1995). Book review – Assessment of cognitive processes: The PASS theory of intelligence. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *13*, 397–409.
- Carroll, J. B. (1997). Commentary on Keith and Witta's hierarchical and cross-age confirmatory factor analysis of the WISC-III. *School Psychology Quarterly*, *12*, 108–109.

- Carroll, J. B. (2003). The higher-stratum structure of cognitive abilities: Current evidence supports g and about ten broad factors. In H. Nyborg (Ed.), *The scientific study of general intelligence: Tribute to Arthur R. Jensen* (pp. 5–21). Boston: Pergamon.
- Carruthers, P. (2006). *The architecture of the mind*. Oxford University Press.
- Carruthers, P. (2011). *The opacity of mind: An integrative theory of self-knowledge*. OUP Oxford.
- Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of educational psychology, 54*(1), 1.
- Chein, J. M., Weisberg, R. W., Streeter, N. L., & Kwok, S. (2010). Working memory and insight in the nine-dot problem. *Memory & Cognition, 38*(7), 883-892.
- Chein, J. M., Weisberg, R. W., Streeter, N. L., & Kwok, S. (2010). Working memory and insight in the nine-dot problem. *Memory & Cognition, 38*(7), 883-892.
- Chen, S. A., & Desmond, J. E. (2005). Cerebrocerebellar networks during articulatory rehearsal and verbal working memory tasks. *Neuroimage, 24*(2), 332-338.
- Chronicle, E. P., MacGregor, J. N., & Ormerod, T. C. (2004). What makes an insight problem? The roles of heuristics, goal conception, and solution recoding in knowledge-lean problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition, 30*(1), 14.
- Chuderski, A. (2014). How well can storage capacity, executive control, and fluid reasoning explain insight problem solving. *Intelligence, 46*, 258-270.

- Chuderski, A., & Jastrzębski, J. (2017). Working memory facilitates insight instead of hindering it: Comment on DeCaro, Van Stockum, and Wieth (2016). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(12), 1993.
- Chuderski, A., & Jastrzębski, J. (2018). Much ado about aha!: Insight problem solving is strongly related to working memory capacity and reasoning ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(2), 257.
- Cohen, Jacob (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge. ISBN 978-1-134-74270-7.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, A., Juan-Espinosa, M., & Kyllonen, P. C. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by *g*. *Intelligence*, 32(3), 277-296.
- Conway, A. R., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 354.
- Conway, A. R., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163-183.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7(12), 547-552.
- Conway, A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic bulletin & review*, 12(5), 769-786.

- Conway, A., Cowan, N., Bunting, M., Theriault, D., & Minkoff, S. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163–183.
- Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2004). *Visuo-spatial working memory and individual differences*. Psychology Press.
- Corsi, P.M. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain*. Dissertation Abstracts International, 34, 819B.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163–191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. Oxford: Oxford University Press.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 20, 506.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and brain sciences*, 24(1), 87-114.
- Danek, A. H., Fraps, T., Von Mueller, A., Grothe, B., & Öllinger, M. (2014). Working wonders? Investigating insight with magic tricks. *Cognition*, 130(2), 174-185.
- Danek, A. H., Fraps, T., von Müller, A., Grothe, B., & Öllinger, M. (2014). It's a kind of magic—what self-reports can reveal about the phenomenology of insight problem solving. *Front. Psychol.* 5:1408.

- Danek, A. H., Wiley, J., & Öllinger, M. (2016). Solving classical insight problems without aha! experience: 9 dot, 8 coin, and matchstick arithmetic problems. *The Journal of Problem Solving*, 9(1), 4.
- Danek, A. H., Williams, J., & Wiley, J. (2018). Closing the gap: connecting sudden representational change to the subjective Aha! experience in insightful problem solving. *Psychological research*, 1-9.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9(4), 561.
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 3(4), 422-433.
- Dang, Braeken, Ferrer, & Liu (2012). Unitary or non-unitary nature of working memory? Evidence from its relation to general fluid and crystallized intelligence
- Dang, C. P., Braeken, J., Ferrer, E., & Liu, C. (2012). Unitary or non-unitary nature of working memory? Evidence from its relation to general fluid and crystallized intelligence. *Intelligence*, 40(5), 499-508.
- Dang, C. P., Braeken, J., Ferrer, E., & Liu, C. (2012). Unitary or non-unitary nature of working memory? Evidence from its relation to general fluid and crystallized intelligence. *Intelligence*, 40(5), 499-508.

- Davidson, J. E. (1995). The suddenness of insight. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 125-155). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- De Beni, R., Palladino, P., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *51*(2), 305-320.
- Debarnot, U., Rossi, M., Faraguna, U., Schwartz, S., & Sebastiani, L. (2017). Sleep does not facilitate insight in older adults. *Neurobiology of learning and memory*, *140*, 106-113.
- DeCaro, M. S. (2018). When does higher working memory capacity help or hinder insight problem solving?. In *Insight* (pp. 79-104). Routledge.
- DeCaro, M. S., Van Stockum, C. S., & Wieth, M. B. (2016). When higher working memory capacity hinders insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *42*(1), 39.
- Denis, M., Daniel, M. P., Fontaine, S., & Pazzaglia, F. (2012). Language, spatial cognition, and navigation. In *Imagery, language and visuo-spatial thinking* (pp. 153-176). Psychology Press.
- Dennett, D. C., & Kinsbourne, M. (1992). Time and the observer: The where and when of consciousness in the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, *15*(2), 183-201.
- Desmond, J. E., Gabrieli, J. D., Wagner, A. D., Ginier, B. L., & Glover, G. H. (1997). Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. *Journal of Neuroscience*, *17*(24), 9675-9685.



- D'Esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual review of psychology, 66*, 115-142.
- Diamond, A., & Kirkham, N. (2005). Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. *Psychological Science, 16*(4), 291-297.
- Dunker, K. (1945). On problem solving. *Psych. Monographs, 58*, 270.
- Dutta, A., Shah, K., Silvanto, J., & Soto, D. (2014). Neural basis of non-conscious visual working memory. *Neuroimage, 91*, 336-343.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current directions in psychological science, 11*(1), 19-23.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of experimental psychology: General, 128*(3), 309.
- Evans, J. S. B. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in cognitive sciences, 7*(10), 454-459.
- Evans, J. S. B. (2011). Dual-process theories of reasoning: Contemporary issues and developmental applications. *Developmental Review, 31*(2-3), 86-102.
- Evans, J. S. B. T. (2012). Dual process theories of deductive reasoning: facts and fallacies. *The Oxford handbook of thinking and reasoning, 115-133*.
- Evans, J. S. B., & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. *Perspectives on psychological science, 8*(3), 223-241.

- Fleck, J. I. (2008). Working memory demands in insight versus analytic problem solving. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*(1), 139-176.
- Fleck, J. I., & Weisberg, R. W. (2004). The use of verbal protocols as data: An analysis of insight in the candle problem. *Memory & Cognition, 32*(6), 990-1006.
- Fleck, J. I., & Weisberg, R. W. (2013). Insight versus analysis: Evidence for diverse methods in problem solving. *Journal of Cognitive Psychology, 25*(4), 436-463.
- Frankish, K. (2010). Dual-process and dual-system theories of reasoning. *Philosophy Compass, 5*(10), 914-926.
- Garden, S., Cornoldi, C., & Logie, R. H. (2002). Visuo-spatial working memory in navigation. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition, 16*(1), 35-50.
- Gardner, M. K., & Clark, E. (1992). The psychometric perspective on intellectual development in childhood and adolescence. *Intellectual development, 16*-43.
- George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows step by step. A simple study guide and reference* (10. Baskı).
- Ghiselin, B. (1952). *The creative process: A symposium*. Berkeley.
- Gick, M. L., & Lockhart, R. S. (1995). Cognitive and affective components of insight. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 197-228). Cambridge, MA, US: The MIT Press.

- Gilhooly, K. J., & Fioratou, E. (2009). Executive functions in insight versus non-insight problem solving: An individual differences approach. *Thinking & Reasoning*, *15*(4), 355-376.
- Gilhooly, K. J., & Murphy, P. (2005). Differentiating insight from non-insight problems. *Thinking & Reasoning*, *11*(3), 279-302.
- Gilhooly, K. J., Fioratou, E., & Henretty, N. (2010). Verbalization and problem solving: Insight and spatial factors. *British Journal of Psychology*, *101*(1), 81-93.
- Gilhooly, K. J., Georgiou, G. J., Sirota, M., & Paphiti-Galeano, A. (2015). Incubation and suppression processes in creative problem solving. *Thinking & Reasoning*, *21*(1), 130-146.
- Greeno, J. G. (1978). Natures of problem-solving abilities. In W. K. Estes (Ed.), *Handbook of learning & cognitive processes: V. Human information* (pp. 239-270). Oxford, England: Lawrence Erlbaum.
- Gyselinck, V., Cornoldi, C., Dubois, V., De Beni, R., & Ehrlich, M. F. (2002). Visuospatial memory and phonological loop in learning from multimedia. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *16*(6), 665-685.
- Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2003). The role of working memory in problem solving. *The psychology of problem solving*, 176-206.
- Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2003). The role of working memory in problem solving. *The psychology of problem solving*, 176-206.

- Hassin, R. R., Bargh, J. A., Engell, A. D., & McCulloch, K. C. (2009). Implicit working memory. *Consciousness and cognition*, 18(3), 665-678.
- Heider, F. (1960, January). The gestalt theory of motivation. In *Nebraska symposium on motivation* (Vol. 8, pp. 145-172). University of Nebraska Press Lincoln, Nebraska.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligence. *Journal of Education Psychology*, 57, 253–270.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta psychologica*, 26, 107-129.
- Horn, J. L., & Noll, J. (1997). Human cognitive capabilities: gf–gc theory. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 32–49). New York: Guilford Press.
- Howe, M. J. A. (1997). *IQ in question: The truth about intelligence*. London: Sage.
- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2003). A symbolic-connectionist theory of relational inference and generalization. *Psychological review*, 110(2), 220.
- Jacobs, C., & Silvanto, J. (2015). How is working memory content consciously experienced? The ‘conscious copy’ model of WM introspection. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 510-519.
- Jaeger, J. C. (1959). The Use of Complete Temperature? Time Curves for Determination of Thermal Conductivity with Particular Reference to Rocks. *Australian Journal of Physics*, 12(3), 203-217.

- Jarosz, A. F. (2015). *The relationship between working memory capacity and strategy use on tests of general fluid intelligence* (Doctoral dissertation).
- Jarosz, A. F., Colflesh, G. J., & Wiley, J. (2012). Uncorking the muse: Alcohol intoxication facilitates creative problem solving. *Consciousness and Cognition, 21*(1), 487-493.
- Jarrold, C., & Towse, J. N. (2006). Individual differences in working memory. *Neuroscience, 139*(1), 39-50.
- Jensen, A. R. (1994). Understanding g in terms of information processing. *Educational Psychology Review, 4*, 271–308.
- Jensen, A. R. (1998). *The factor*. Westport CT. Praeger.
- Johnson-Laird, P. N. (2006). *How we reason*. Oxford University Press, USA.
- Jones, G. (2003). Testing two cognitive theories of insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 29*(5), 1017.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological review, 99*(1), 122.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review, 9*(4), 637-671.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of experimental psychology: General, 132*(1), 47.

- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of experimental psychology: General*, *130*(2), 169.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., & Conway, A. R. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005).
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: a latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(2), 189.
- Kanizsa, G. (1973). Il problem solving nella psicologia della Gestalt, in: Mosconi G., D'Urso V. (a cura di), *La soluzione dei problemi*, Giunti-Barbera, Firenze, p. 35.
- Kaplan, C. A., & Simon, H. A. (1990). In search of insight. *Cognitive psychology*, *22*(3), 374-419.
- Kendig, I. (1937). Studies in perseveration: II. Determining factors in the development of compulsive activity. *The Journal of Psychology*, *3*(1), 231-246.
- King, J., & Just, M. A. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of memory and language*, *30*(5), 580-602.
- Kintsch, W., & Walter Kintsch, C. B. E. M. A. F. R. S. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge university press.

- Kirschen, M. P., Chen, S. A., Schraedley-Desmond, P., & Desmond, J. E. (2005). Load-and practice-dependent increases in cerebro-cerebellar activation in verbal working memory: an fMRI study. *Neuroimage*, *24*(2), 462-472.
- Kirsh, D. (1995). The intelligent use of space. *Artificial intelligence*, *73*(1-2), 31-68.
- Kirsh, D. (1995b). The intelligent use of space. *Artificial Intelligence*, *73*, 31–68.
- Knoblich, G., Ohlsson, S., & Raney, G. E. (2001). An eye movement study of insight problem solving. *Memory & cognition*, *29*(7), 1000-1009.
- Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *25*, 1534–1555.
- Koffka, K. (1910). Über latente Einstellung. Bericht über den IV. Kongress für exper. Psychol. *Insbruck.–1911*.
- Koffka, K. (1935). Principles of Gestalt Psychology (trad. it. Principi di psicologia della forma, Torino, Boringhieri, 1970).
- Köhler, W. (1925). An aspect of Gestalt psychology. *The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*, *32*(4), 691-723.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Harvard University Press.
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive science*, *4*(4), 317-345.

- Levinson SC (1995) Interactional biases in human thinking. In: Goody EN (ed) *Social intelligence and interaction*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 221–261
- Levinson SC (2000) *Presumptive meanings: the theory of generalized conversational implicature*. MIT press, Cambridge
- Logie, R. H. (1995). Visuo-spatial working memory Hove. UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological monographs*, 54(6), i.
- Macchi, L. (2000). Partitive formulation of information in probabilistic problems: Beyond heuristics and frequency format explanations. *Organizational behavior and human decision processes*, 82(2), 217-236.
- Macchi, L., & Bagassi, M. (2012). Intuitive and analytical processes in insight problem solving: a psycho-rhetorical approach to the study of reasoning. *Mind & Society*, Special issue: Dual process theories of human thought: The debate, 11(1), 53–67.
- Macchi, L., & Bagassi, M. (2014). The interpretative heuristic in insight problem solving. *Mind & Society*, 13(1), 97-108.
- Macchi, L., & Bagassi, M. (2015). When analytic thought is challenged by a misunderstanding. *Thinking & Reasoning*, 21(1), 147-164.
- Macchi, L., & Bagassi, M. (2018). A new test for rationality: contributions and outstanding issues. *American Journal of Psychology*, 131(2), 237-240.



- Macchi, L., Over, D., & Viale, R. (2012). Special issue on: Dual process theories of human thought: the debate. *Mind & Society*, 11(1), 1-2.
- MacDonald, M. C., & Christiansen, M. H. (2002). Reassessing working memory: comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996).
- MacGregor, J. N., Ormerod, T. C., & Chronicle, E. P. (2001). Information processing and insight: a process model of performance on the nine-dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(1), 176.
- Maier, N. R. (1930). Reasoning in humans. I. On direction. *Journal of comparative Psychology*, 10(2), 115.
- Martindale, C. (1995). Creativity and connectionism. *The creative cognition approach*, 249, 268.
- Mayer, R. E. (1995). The search for insight: Grappling with Gestalt psychology's unanswered questions.
- Mayer, R. E., & Hegarty, M. (1996). In RJ Sternberg & B.-Z. Talia. *The nature of mathematical thinking*.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of educational psychology*, 86(3), 389.
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological review*, 69(3), 220.

- Metcalfe, J. (1986). Premonitions of insight predict impending error. *Journal of experimental psychology: Learning, memory, and cognition*, 12(4), 623-634.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). Plans and the structure of behavior.
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.). (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York. Cambridge University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 130(4), 621.
- Monaghan, P., Sio, U. N., Lau, S. W., Woo, H. K., Linkenauger, S. A., & Ormerod, T. C. (2015). Sleep promotes analogical transfer in problem solving. *Cognition*, 143, 25-30.
- Mosconi G. (1988). Norma logica e regole discorsive nella ricerca sul ragionamento. In F. Castellani, & L. Montecucco (a cura di), *Normatività logica e ragionamento di senso comune*, Bologna: Il Mulino, pp. 223-240.
- Mosconi, G. (1970). Sillogismo e pensiero comune. *Rivista di psicologia*, 64, 139-154.
- Mosconi, G. (1978). *Il pensiero discorsivo*. Il mulino, Bologna.
- Mosconi, G. (1981). *La dimensione retorica: dall'Arte di persuadere, alla ricerca sul parlare-comunicare e sul parlare-pensare*.
- Mosconi, G. (1990). *Discorso e pensiero*. Il Mulino, Bologna.
- Mosconi, G. (1997). Pensiero. In P. Legrenzi (Ed.), *Manuale di psicologia generale*, (pp. 393-453). Bologna: Il Mulino.

- Mosconi, G. (2016). A Psycho-rhetorical Perspective on Thought and Human Rationality. In L. Macchi, M. Bagassi, & R. Viale (Eds.), *Cognitive Unconscious and Human Rationality*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Mosconi, G., & D'Urso, V. (1973). *La soluzione di problemi* (a cura di). Giunti-Barbera, Firenze
- Mosconi, G., & D'Urso, V. (1974). *Il farsi e il disfarsi del problema*. Giunti-Barbera, Firenze
- Murray, M. A. and Byrne, R. M. J. 2005. Attention and working memory in insight problem solving. *Proceedings of Cognitive Science Society*, 27: 1571–1575.
- Narayanan, N. S., Prabhakaran, V., Bunge, S. A., Christoff, K., Fine, E. M., & Gabrieli, J. D. (2005). The role of the prefrontal cortex in the maintenance of verbal working memory: an event-related fMRI analysis. *Neuropsychology*, 19(2), 223.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*, Mass, Cambridge: Harvard University Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104, No. 9). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action. In *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). Springer, Boston, MA.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 411.

- Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., & Lewandowsky, S. (2016). What limits working memory capacity?. *Psychological Bulletin*, *142*(7), 758.
- Öberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H. (2005). Working memory and intelligence—Their correlation and their relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle. *Psychological Bulletin*, *131*, 61-65.
- Ohlsson, S. (1984a). Restructuring revisited: I. Summary and critique of the Gestalt theory of problem solving. *Scandinavian Journal of Psychology*, *25*(1), 65-78.
- Ohlsson, S. (1984b). Restructuring revisited: II. An information processing theory of restructuring and insight. *Scandinavian journal of psychology*, *25*(2), 117-129.
- Ohlsson, S. (1992). Information-processing explanations of insight and related phenomena. *Advances in the psychology of thinking*, *1*, 1-44.
- Ohlsson, S. (2011). *Deep learning: How the mind overrides experience*. Cambridge University Press.
- Öllinger, M., Jones, G., & Knoblich, G. (2008). Investigating the effect of mental set on insight problem solving. *Experimental psychology*, *55*(4), 269-282.
- Öllinger, M., Jones, G., & Knoblich, G. (2014). The dynamics of search, impasse, and representational change provide a coherent explanation of difficulty in the nine-dot problem. *Psychological research*, *78*(2), 266-275.
- Olton, R. M., & Johnson, D. M. (1976). Mechanisms of incubation in creative problem solving. *The American Journal of Psychology*, 617-630.

- Papagno, C., Valentine, T., & Baddeley, A. (1991). Phonological short-term memory and foreign-language vocabulary learning. *Journal of memory and Language*, 30(3), 331-347.
- Pasolunghi, M. C., Cornoldi, C., & De Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory & Cognition*, 27(5), 779-790.
- Patalano, A. L., & Seifert, C. M. (1994). Memory for impasses during problem solving. *Memory & Cognition*, 22(2), 234-242.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362(6418), 342.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342–345.
- Perkins, D. (1981). *The mind's best work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Perkins, D. (1985). What creative thinking is. *developing minds: A resource book for teaching thinking*, 85-88.
- Persuh, M., LaRock, E., & Berger, J. (2018). Working memory and consciousness: The current state of play. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 78.
- Petrides, M., Alivisatos, B., Meyer, E., & Evans, A. C. (1993). Functional activation of the human frontal cortex during the performance of verbal working memory tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(3), 878-882.
- Posner, M. I. (1973). *Cognition: An introduction*.

- Postma, A., & De Haan, E. H. (1996). What was where? Memory for object locations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 178-199.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682.
- Redick, T. S., Broadway, J. M., Meier, M. E., Kuriakose, P. S., Unsworth, N., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2012). Measuring working memory capacity with automated complex span tasks. *European Journal of Psychological Assessment*.
- Reverberi, C., Toraldo, A., D'Agostini, S., & Skrap, M. (2005). Better without (lateral) frontal cortex? Insight problems solved by frontal patients. *Brain*, 128(12), 2882-2890.
- Reverberi, C., Toraldo, A., D'Agostini, S., & Skrap, M. (2005). Better without (lateral) frontal cortex? Insight problems solved by frontal patients. *Brain*, 128(12), 2882-2890.
- Salthouse, T. A. (2006). Mental exercise and mental aging: Evaluating the validity of the "use it or lose it" hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 68-87.
- Scheerer, M. (1963). Problem-solving. *Scientific American*, 208(4), 118-131.
- Schönauer, M., Brodt, S., Pöhlchen, D., Breßmer, A., Danek, A. H., & Gais, S. (2018). Sleep does not promote solving classical insight problems and magic tricks. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 72.

- Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993). Thoughts beyond words: When language overshadows insight. *Journal of experimental psychology: General*, *122*(2), 166-183.
- Schooler, J. W., Smallwood, J., Christoff, K., Handy, T. C., Reichle, E. D., & Sayette, M. A. (2011). Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind. *Trends in cognitive sciences*, *15*(7), 319-326.
- Segal, E. (2004). Incubation in insight problem solving. *Creativity Research Journal*, *16*(1), 141-148.
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of experimental psychology: General*, *125*(1), 4.
- Siegler, R. S. (1988b). Strategy choice procedures and the development of multiplication skill. *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*, 258–275.
- Siegler, R. S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, *126*, 71–92.
- Siegler, R. S., & Shipley, C. (1995). *Variation, selection, and cognitive change*. In T. J. Simon & G. S. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling* (pp. 31–76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). *Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do?* In C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills* (pp. 229–293). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The quarterly journal of economics*, *69*(1), 99-118.
- Simon, H. A. (1978). Rationality as process and as product of thought. *The American economic review*, *68*(2), 1-16.
- Simon, H. A. (1979). Rational decision making in business organizations. *The American economic review*, *69*(4), 493-513.
- Simon, H. A., & Newell, A. (1971). Human problem solving: The state of the theory in 1970. *American Psychologist*, *26*(2), 145.
- Sio, U. N., & Ormerod, T. C. (2009). Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review. *Psychological bulletin*, *135*(1), 94.
- Sio, U. N., Monaghan, P., & Ormerod, T. (2013). Sleep on it, but only if it is difficult: effects of sleep on problem solving. *Memory & cognition*, *41*(2), 159-166.
- Sio, U.N., & Ormerod, T.C. (2015). Incubation and cueing effects in problem-solving: Set aside the difficult problems but focus on the easy ones. *Thinking and Reasoning*, *21*(1), 113-129.
- Slovan, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological bulletin*, *119*(1), 3.



- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006). The restless mind. *Psychological bulletin*, 132(6), 946.
- Smallwood, J., McSpadden, M., Luus, B., & Schooler, J. (2008). Segmenting the stream of consciousness: The psychological correlates of temporal structures in the time series data of a continuous performance task. *Brain and cognition*, 66(1), 50-56.
- Smith, E. R., & DeCoster, J. (2000). Dual-process models in social and cognitive psychology: Conceptual integration and links to underlying memory systems. *Personality and social psychology review*, 4(2), 108-131.
- Smith, S. M. (1995). Fixation, incubation, and insight in memory and creative thinking. *The creative cognition approach*, 135, 156.
- Smith, S. M., & Blankenship, S. E. (1989). Incubation effects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27(4), 311-314.
- Smith, S. M., & Blankenship, S. E. (1991). Incubation and the persistence of fixation in problem solving. *The American journal of psychology*, 61-87.
- Soto, D., Mäntylä, T., & Silvanto, J. (2011). Working memory without consciousness. *Current Biology*, 21(22), R912-R913.
- Sovansky, E., & Ohlsson, S. (2016). When High WMC Promotes Mental Set: A Model of the Water Jar Task. In *CogSci*.
- Stanovich, K. E., & Toplak, M. E. (2012). Defining features versus incidental correlates of Type 1 and Type 2 processing. *Mind & Society*, 11(1), 3-13.

- Stanovich, K. E., & West, R. F. (2000). Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate?. *Behavioral and brain sciences*, 23(5), 645-665.
- Stanovich, K. E., West, R. F., & Toplak, M. E. (2016). *The rationality quotient: Toward a test of rational thinking*. Cambridge, MA, US: MIT Press.
- Sternberg, R. J., & Sternberg, R. J. (Eds.). (1982). *Handbook of human intelligence*. CUP Archive.
- Taylor, H. A., & Tversky, B. (1992). Spatial mental models derived from survey and route descriptions. *Journal of Memory and language*, 31(2), 261-292.
- Thürling, M., Hautzel, H., Küper, M., Stefanescu, M. R., Maderwald, S., Ladd, M. E., & Timmann, D. (2012). Involvement of the cerebellar cortex and nuclei in verbal and visuospatial working memory: a 7 T fMRI study. *Neuroimage*, 62(3), 1537-1550.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological review*, 114(1), 104.
- Vallée-Tourangeau, F., Euden, G., & Hearn, V. (2011). Einstellung defused: Interactivity and mental set. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(10), 1889-1895.
- Van Stockum, C. A., & DeCaro, M. S. (2014). The Upside of Down-Regulated Self-Control: Depletion Enhances Insight. In *Poster presented at the Annual Meeting of the Psychonomic Society, Long Beach, CA, November*.

- Van Stockum, C., & DeCaro, M. S. (2015). Different working memory components predict flexibility versus mental set. Poster presented at the 56th annual meeting of the Psychonomic Society, Chicago, IL.
- Velichkovsky, B. B. (2017). Consciousness and working memory: Current trends and research perspectives. *Consciousness and cognition*, 55, 35-45.
- Veltman, D. J., Rombouts, S. A., & Dolan, R. J. (2003). Maintenance versus manipulation in verbal working memory revisited: an fMRI study. *Neuroimage*, 18(2), 247-256.
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(4), 255-274.
- Wason, P. C. (1966). New horizons in psychology.
- Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts*. John Wiley & Sons.
- Weisberg, R. W. (2015). Toward an integrated theory of insight in problem solving. *Thinking & Reasoning*, 21(1), 5-39.
- Weisberg, R. W., & Alba, J. W. (1981). An examination of the alleged role of "fixation" in the solution of several "insight" problems. *Journal of experimental psychology: general*, 110(2), 169.
- Wertheimer, M. (1925). Über Gestalttheorie. *Symposion*.
- Wertheimer, M. (1945). Productive thinking. *Chicago: University of Chicago Press*.

Wertheimer, M. (1959). *Productive thinking*. Enlarged Edition. New York: Harper and Brothers.

Wertheimer, M. (1982). *Productive thinking* (M. Wertheimer, Ed.).

Wertheimer, M. (1985). A Gestalt perspective on computer simulations of cognitive processes. *Computers in Human Behavior*, *1*(1), 19-33.

Wiley, J. (1998). Expertise as mental set: The effects of domain knowledge in creative problem solving. *Memory & cognition*, *26*(4), 716-730.

Wiley, J., & Jarosz, A. F. (2012a). How working memory capacity affects problem solving. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 56, pp. 185-227). Academic Press.

Wiley, J., & Jarosz, A. F. (2012b). Working memory capacity, attentional focus, and problem solving. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(4), 258-262.

Winter, E. S., & Ohlsson, S. (2018). Strategy Specificity as a Predictor of Mental Set on the Water Jar Task. In *CogSci*.

Zimmer, H. D., Speiser, H. R., & Seidler, B. (2003). Spatio-temporal working-memory and short-term object-location tasks use different memory mechanisms. *Acta Psychologica*, *114*(1), 41-65.

## APPENDICE A

Di seguito è riportato il compito di incubazione utilizzato nell'esperimento del capitolo 3.4, ovvero una serie di operazioni matematiche a 3 cifre.

Svolgi il maggior numero di operazioni che riesci:

$124 + 148 =$ _____	$132 + 525 =$ _____	$513 + 184 =$ _____	$421 + 388 =$ _____
$376 + 536 =$ _____	$262 + 294 =$ _____	$626 + 135 =$ _____	$272 + 267 =$ _____
$432 + 364 =$ _____	$342 + 155 =$ _____	$250 + 379 =$ _____	$398 + 281 =$ _____
$145 + 159 =$ _____	$125 + 467 =$ _____	$378 + 389 =$ _____	$261 + 374 =$ _____
$256 + 375 =$ _____	$243 + 391 =$ _____	$162 + 287 =$ _____	$295 + 562 =$ _____
$361 + 273 =$ _____	$263 + 151 =$ _____	$256 + 382 =$ _____	$380 + 284 =$ _____
$176 + 146 =$ _____	$345 + 277 =$ _____	$380 + 281 =$ _____	$376 + 352 =$ _____
$218 + 575 =$ _____	$236 + 191 =$ _____	$301 + 183 =$ _____	$181 + 317 =$ _____
$329 + 159 =$ _____	$254 + 380 =$ _____	$294 + 227 =$ _____	$362 + 393 =$ _____
$463 + 528 =$ _____	$356 + 169 =$ _____	$278 + 195 =$ _____	$524 + 137 =$ _____
$298 + 335 =$ _____	$278 + 482 =$ _____	$243 + 426 =$ _____	$478 + 111 =$ _____
$547 + 265 =$ _____	$462 + 235 =$ _____	$289 + 216 =$ _____	$153 + 199 =$ _____
$356 + 154 =$ _____	$251 + 382 =$ _____	$211 + 337 =$ _____	$277 + 291 =$ _____
$524 + 143 =$ _____	$102 + 356 =$ _____	$123 + 519 =$ _____	$283 + 299 =$ _____
$143 + 369 =$ _____	$329 + 138 =$ _____	$288 + 102 =$ _____	$285 + 235 =$ _____
$115 + 452 =$ _____	$292 + 379 =$ _____	$183 + 729 =$ _____	$362 + 329 =$ _____
$245 + 124 =$ _____	$317 + 319 =$ _____	$287 + 294 =$ _____	$270 + 189 =$ _____
$436 + 176 =$ _____	$278 + 411 =$ _____	$293 + 158 =$ _____	$296 + 238 =$ _____
$356 + 243 =$ _____	$338 + 157 =$ _____	$198 + 375 =$ _____	$378 + 311 =$ _____
$244 + 352 =$ _____	$467 + 380 =$ _____	$278 + 512 =$ _____	$289 + 354 =$ _____
$536 + 184 =$ _____	$201 + 276 =$ _____	$243 + 556 =$ _____	$239 + 327 =$ _____
$245 + 156 =$ _____	$283 + 472 =$ _____	$427 + 124 =$ _____	$279 + 316 =$ _____

## APPENDICE B

Di seguito sono illustrati degli esempi di tentativi di soluzione del PigPen Problem (capitolo 3.4)

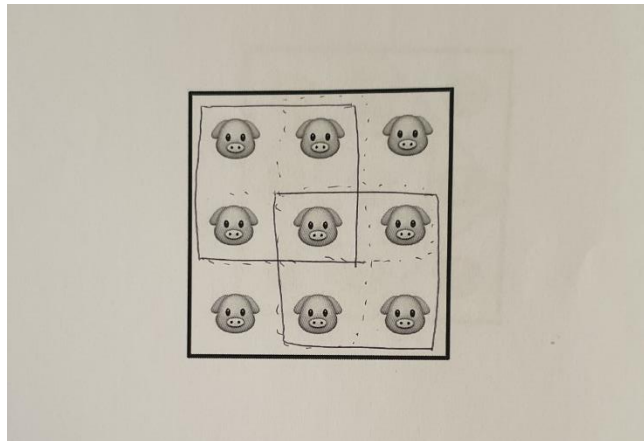


Figura B.1

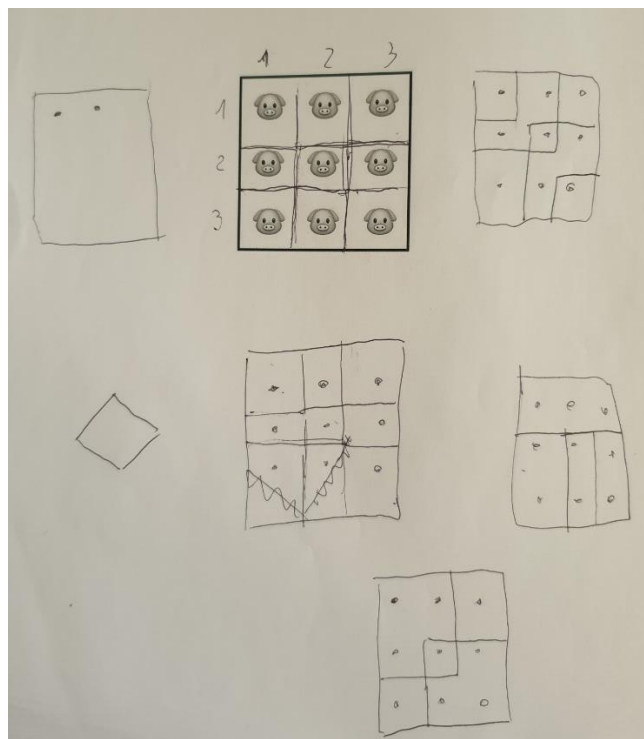


Figura B.2

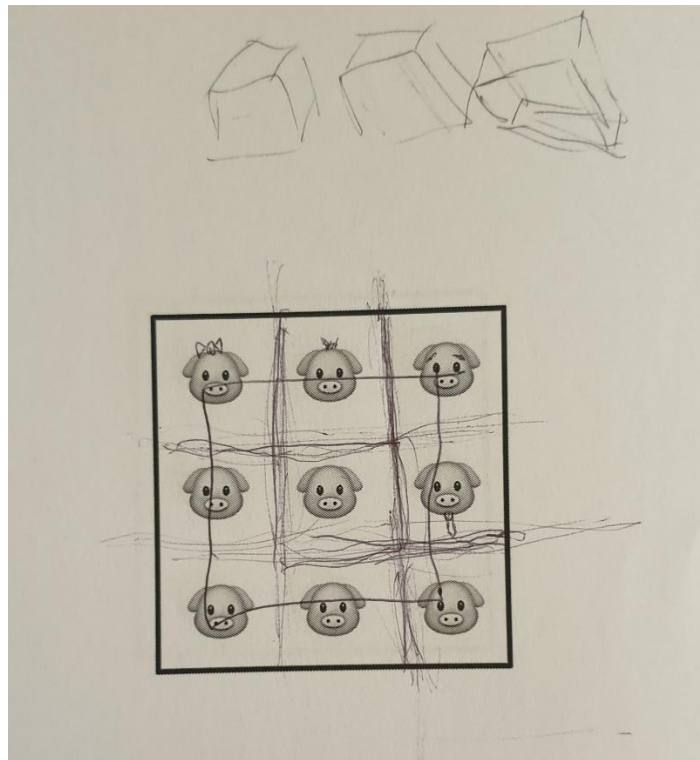


Figura B.37

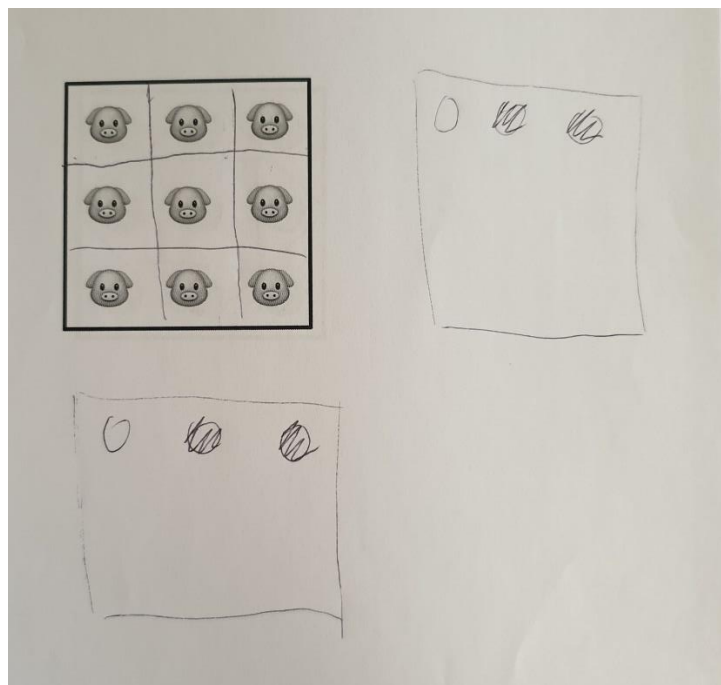


Figura B.4

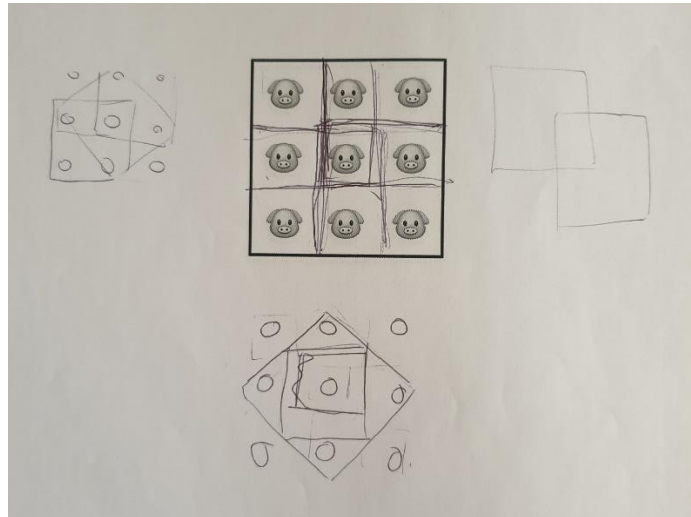


Figura B.5

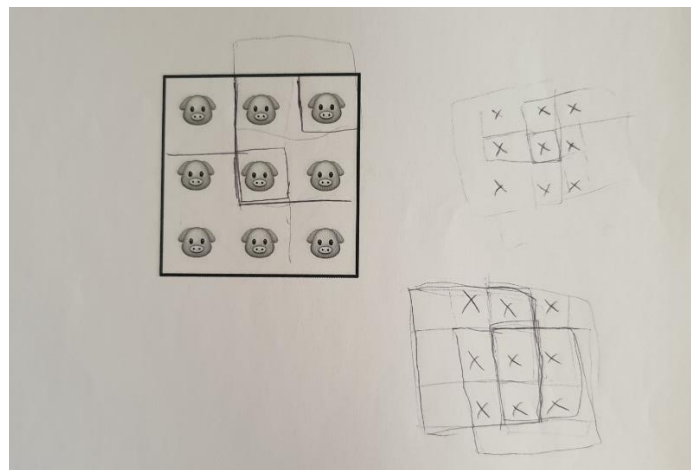


Figura B.6

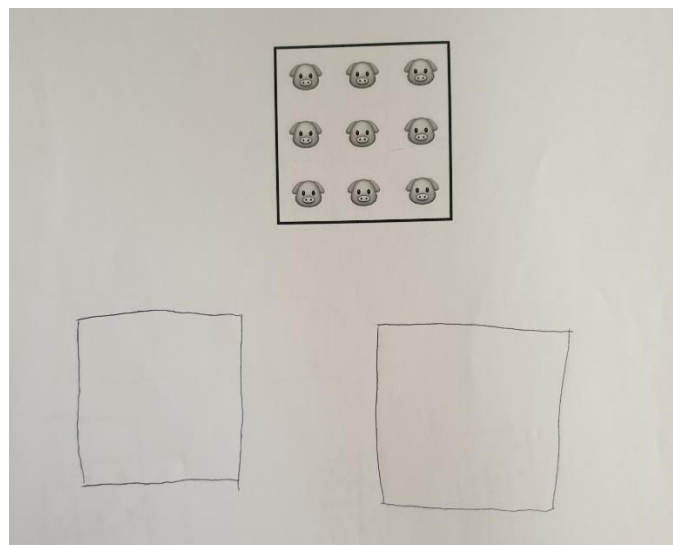


Figura B.7



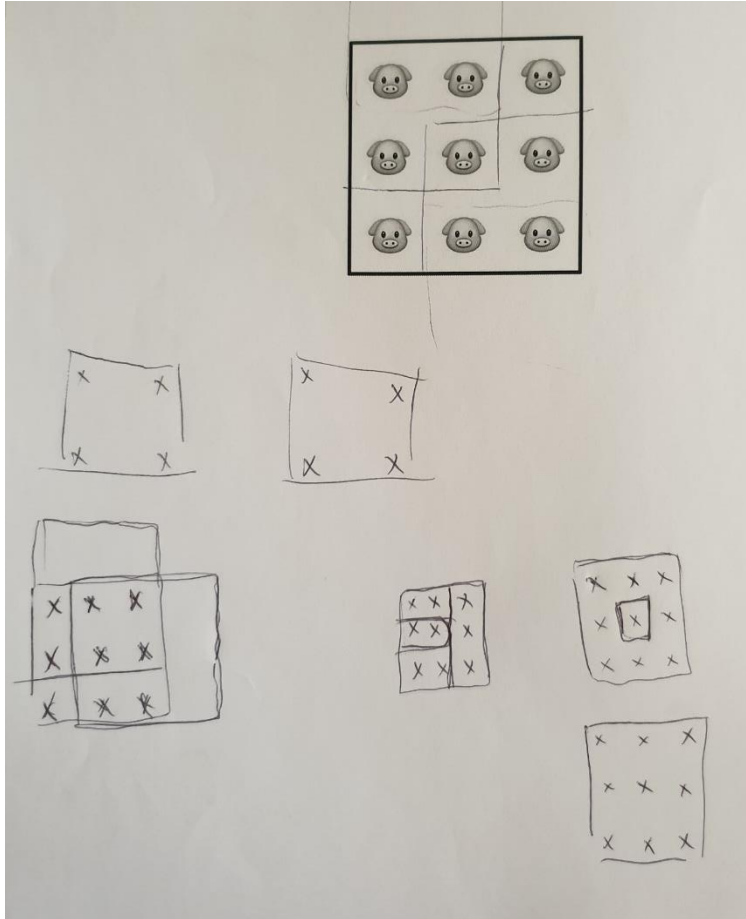


Figura B.8

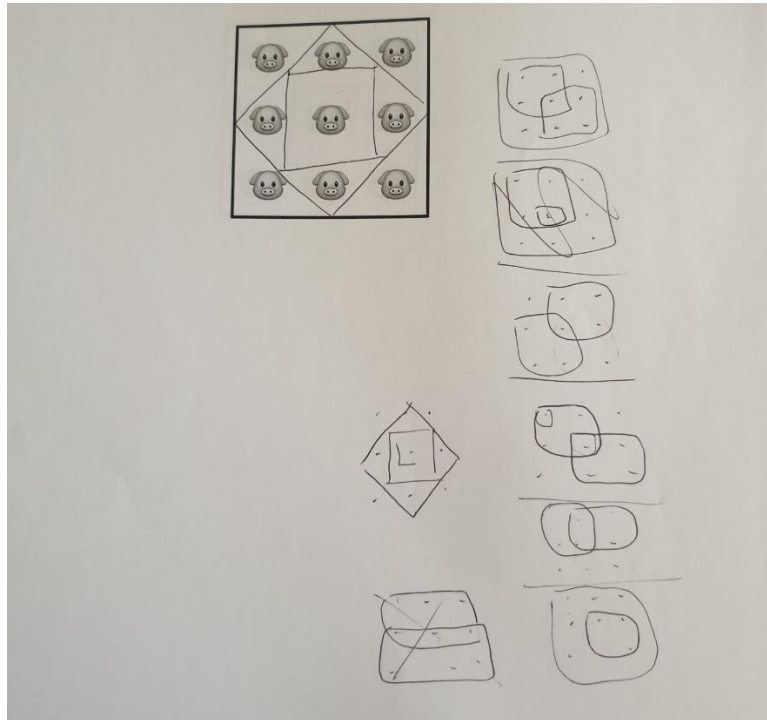


Figura B.9