

*evoluzione del concetto di
memoria di lavoro
e sue relazioni col linguaggio*

Sergio Morra

Università di Genova

morra@nous.unige.it

Perché studiare la memoria di lavoro?

motivi teorici :

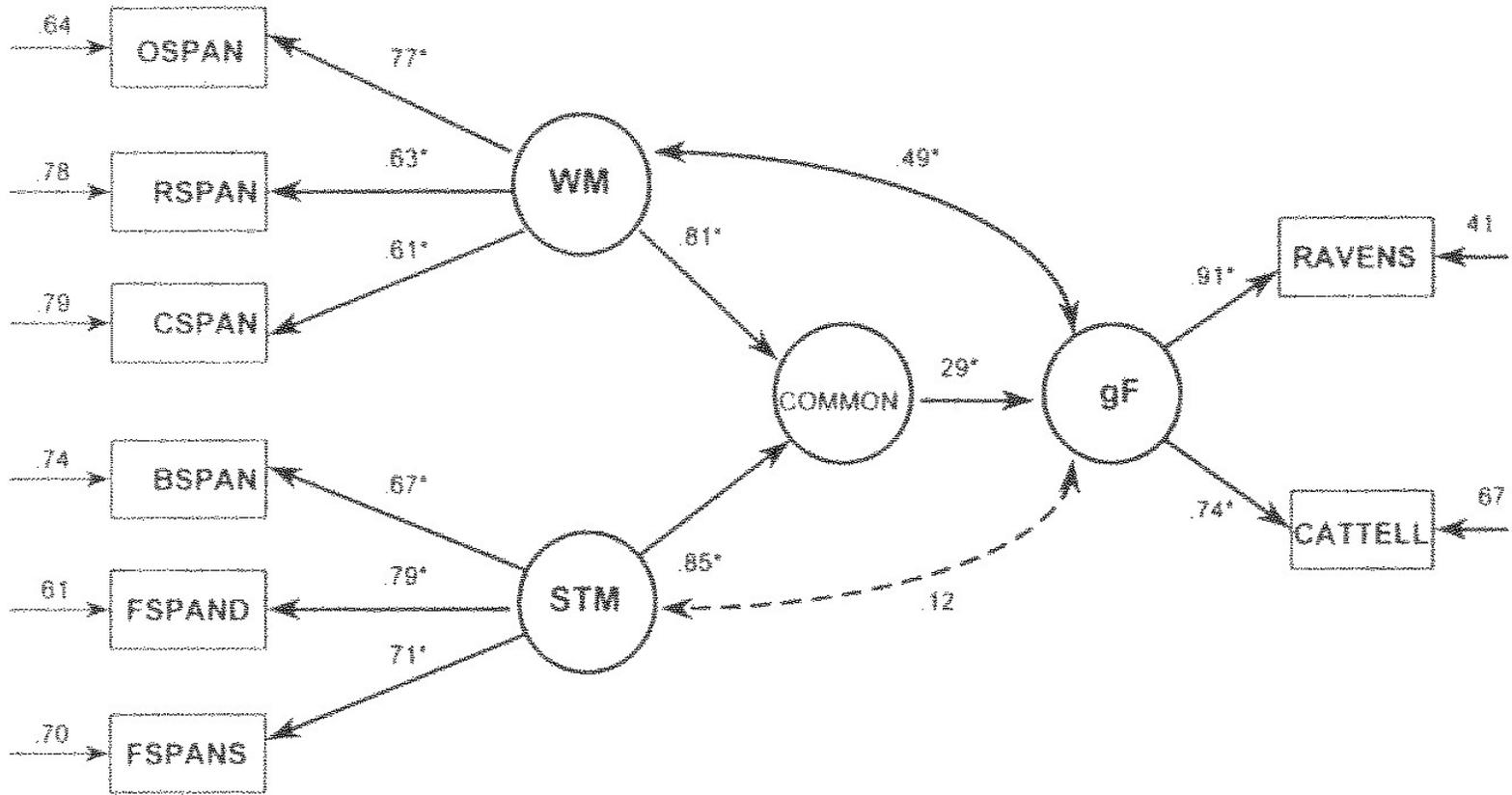
- Componente essenziale dell'**architettura della mente**, fondamentale per comprendere l'uomo come elaboratore di informazioni

motivi pratici :

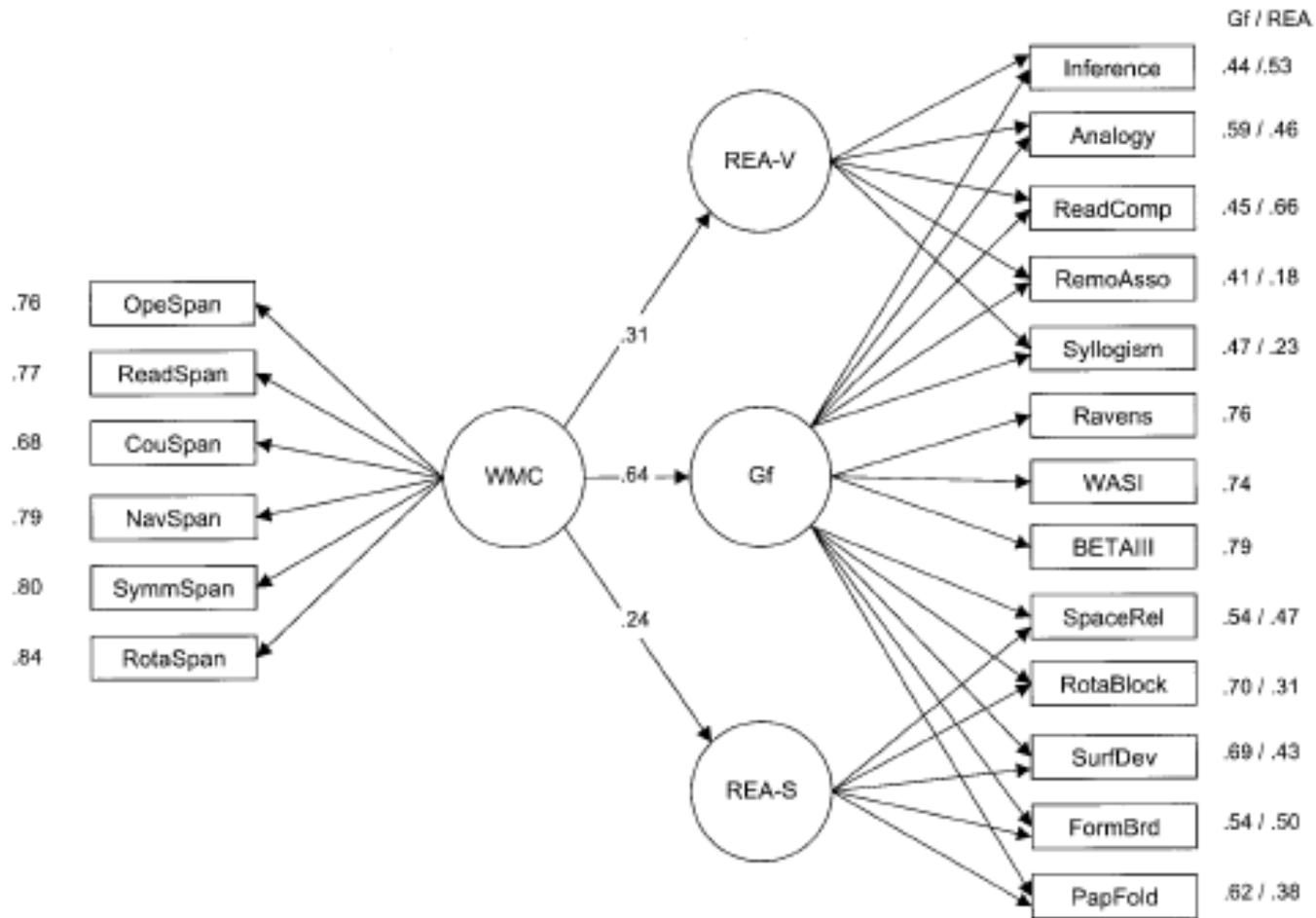
- Implicata nelle più diverse forme di **ragionamento** e di **soluzione di problemi**.
- Implicata in importanti acquisizioni nello **sviluppo cognitivo**.
- Spiega in buona parte le differenze individuali nell'**intelligenza fluida**.
- Probabilmente coinvolta nei **disturbi dell'apprendimento** e in aspetti dell'interazione fra **cognizione ed emozione**.

memoria di lavoro e intelligenza

- ***Kyllonen*** : forte correlazione fra capacità della WM e intelligenza fluida
- ***Engle*** : le differenze individuali nell'intelligenza fluida sono in buona parte spiegate dalle differenze individuali nella capacità della WM (*non STM e non risorse dominio-specifiche*)



(Engle, Kane & Tuholski, 1999)



(Kane et al, 2004)

struttura della relazione

1. WM e intelligenza
2. Terminologia
3. **Storia e stato attuale dei modelli della WM**
4. WM e apprendimento lessicale
5. WM e comprensione di testi
6. WM e comprensione di descrizioni spaziali
7. WM e struttura concettuale narrativa
8. WM, EF, disturbi del linguaggio
9. WM e STM verbale
10. Si può addestrare la WM?

terminologia

- **STM** (*memoria a breve termine*) : mantenere alcune informazioni per un breve tempo (secondi)
- **WM** (*memoria di lavoro*) : mantenere alcune informazioni elaborandole, selezionandole, integrandole o trasformandole.

terminologia

- **compiti di STM / WM** : *distinzione descrittiva, che comporta solo minime assunzioni teoriche.* p.es. *“span di cifre”*
- **funzioni di STM / WM** : *ci si chiede come la mente mantenga e/o elabori le informazioni, senza necessariamente presupporre che esistano componenti specifiche dedicate a questo scopo.* p.es. *“ripetizione subvocale”*
- **strutture di STM / WM** : *si postula che esistano componenti specifiche (p. es. uno o più magazzini a breve termine) il cui ruolo è mantenere una quantità limitata di informazioni (ed eventualmente elaborarle)* p.es. *“loop fonologico”*

DUE METAFORE

Immagazzinamento vs. Attivazione

Magazzini di memoria di breve durata, di capacità limitata, “contengono” le rappresentazioni delle informazioni utili al compito attuale.

Le rappresentazioni sono immagazzinate solo in memoria a lungo termine; risorse attentive di capacità limitata le mantengono “attivate” finché utili al compito attuale.



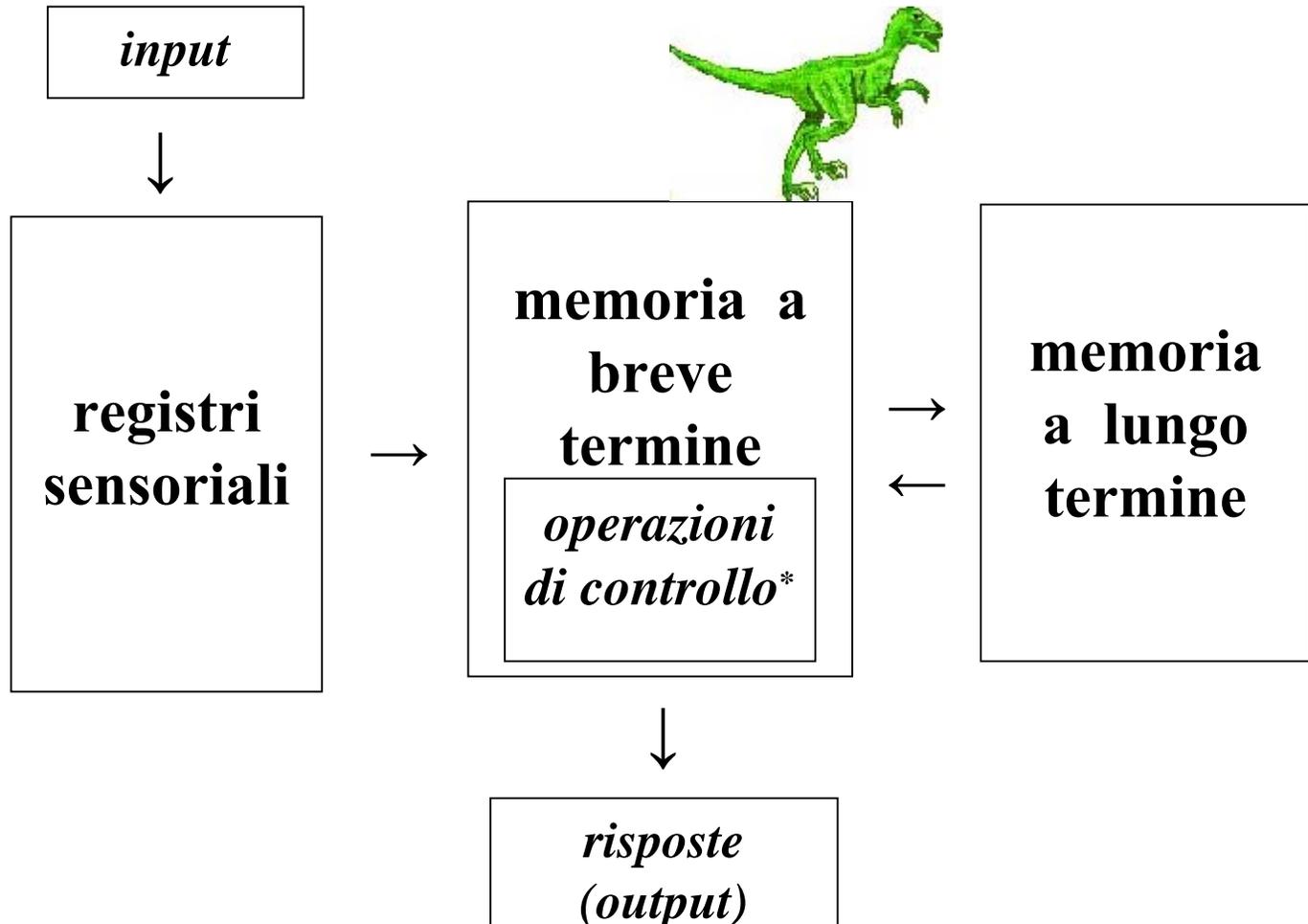
Preistoria

- Prima della nascita della psicologia cognitiva *la memoria* era concepita come un unico sistema. Le misure di span erano ampiamente usate e studiate, ma spiegate coi concetti allora disponibili (associazioni, interferenza...)
- Negli anni sessanta emergono modelli in cui vi è un *magazzino di memoria a breve termine*, che svolgerebbe anche la funzione di memoria di lavoro.



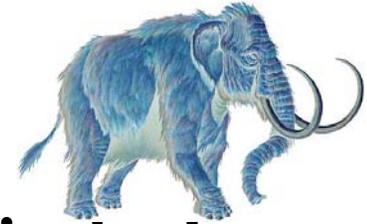
Modello Modale

(Atkinson & Shiffrin, 1968)



* *codifica, ripetizione, decisione, strategie di recupero*

Preistoria



- Ma anche nella preistoria della psicologia cognitiva l'immagazzinamento non era l'unica metafora. *Miller (1956)* si riferiva a una *capacità di canale*: quanta informazione viene trasmessa (e non immagazzinata).



- Negli anni settanta lo stesso *Shiffrin* inizia a parlare della memoria a breve termine come *porzione attiva della memoria a lungo termine*.

Storia antiqua



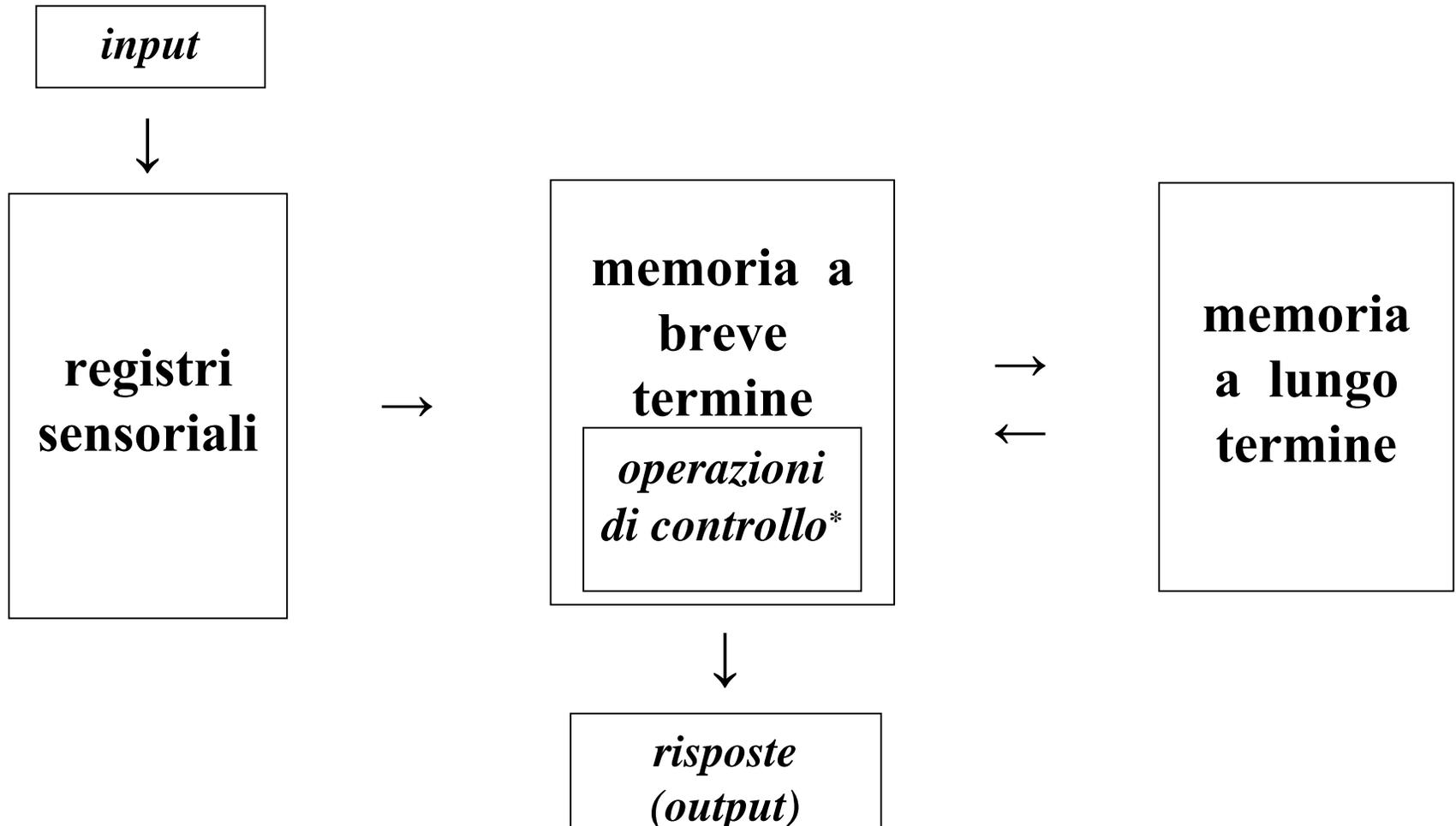
- L'ipotesi di un singolo magazzino di memoria a breve termine viene criticata.
- Al suo posto si ipotizza una pluralità di magazzini a breve termine, distinti per modalità o tipo di informazioni conservate.
- Questi magazzini sono integrati in un sistema più complesso, che comprende anche una componente di controllo esecutivo (*Baddeley & Hitch, 1974*).



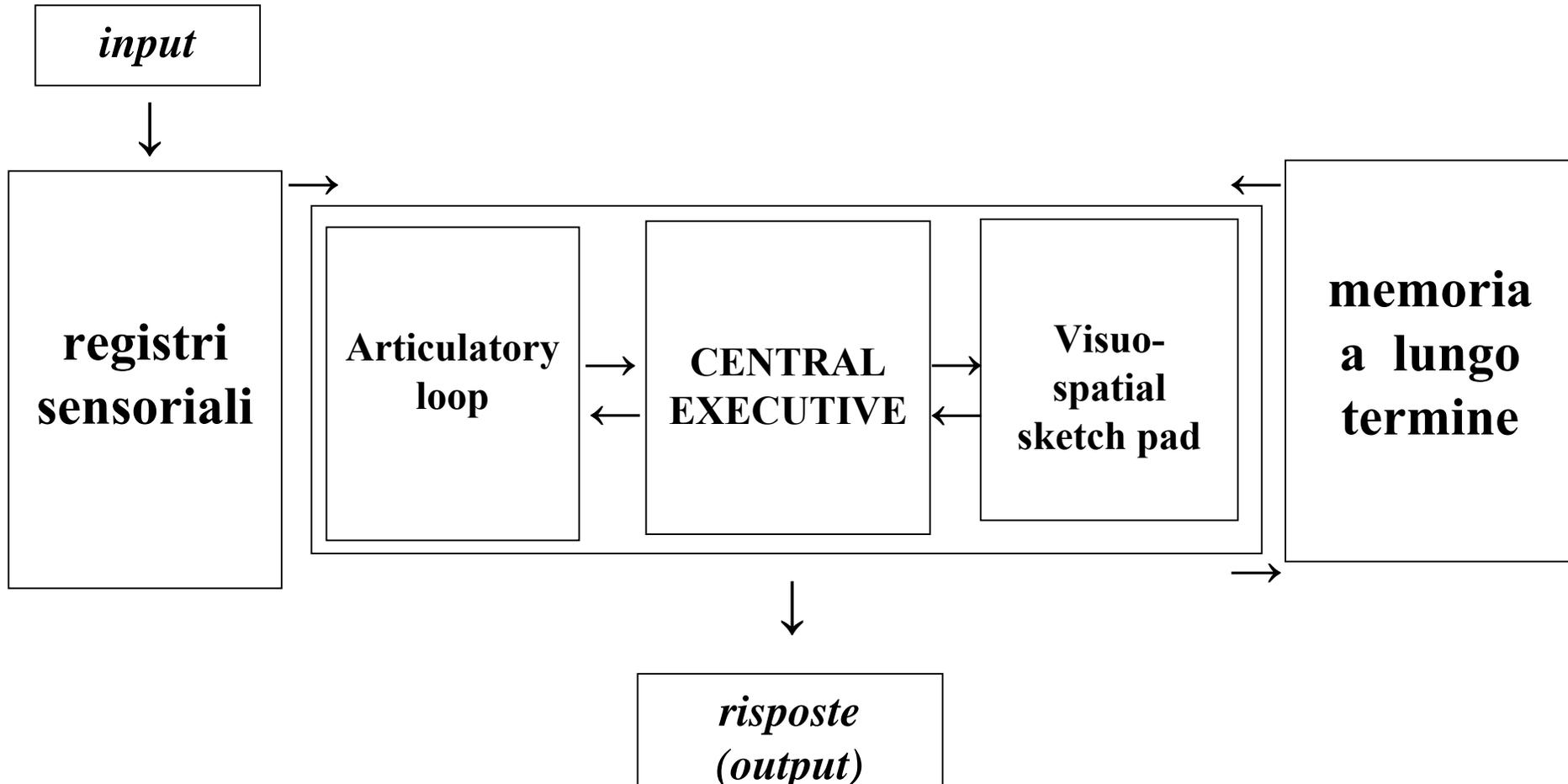
Modello di Baddeley



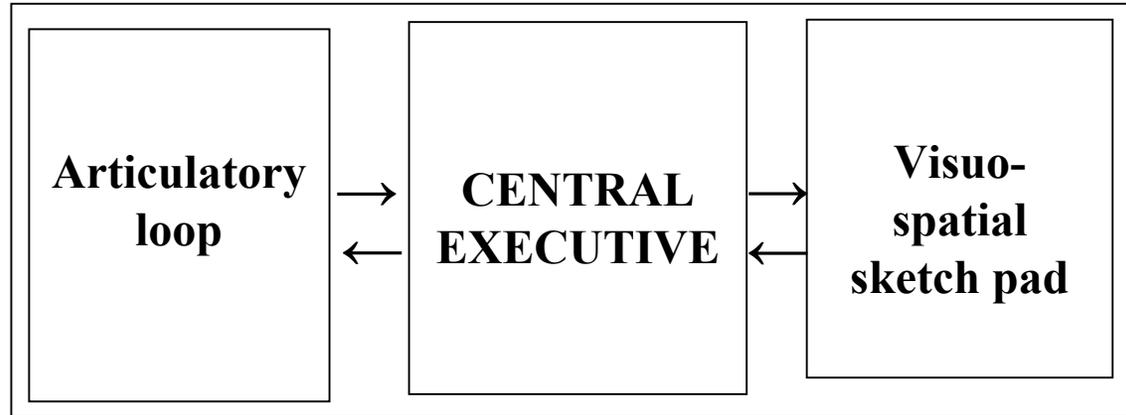
Il modello di Atkinson & Shiffrin...



*...può essere aggiornato inserendovi
quello di Baddeley*



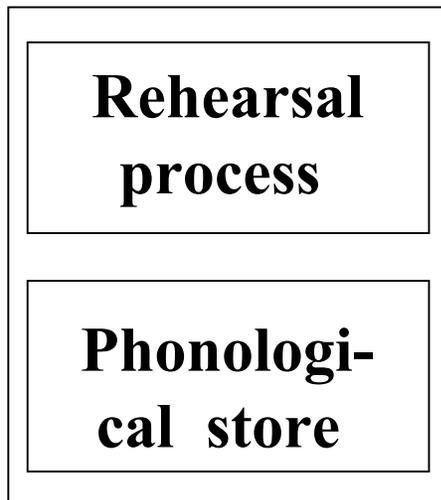
Vantaggi del modello di Baddeley



- **Adatto a spiegare le dissociazioni fra deficit neuropsicologici acquisiti**
- **Adatto a spiegare la performance in esperimenti di doppio compito**

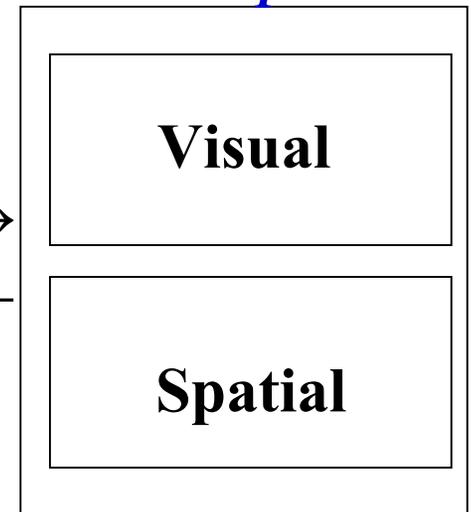
Revisione “anni ottanta”

Phonological loop

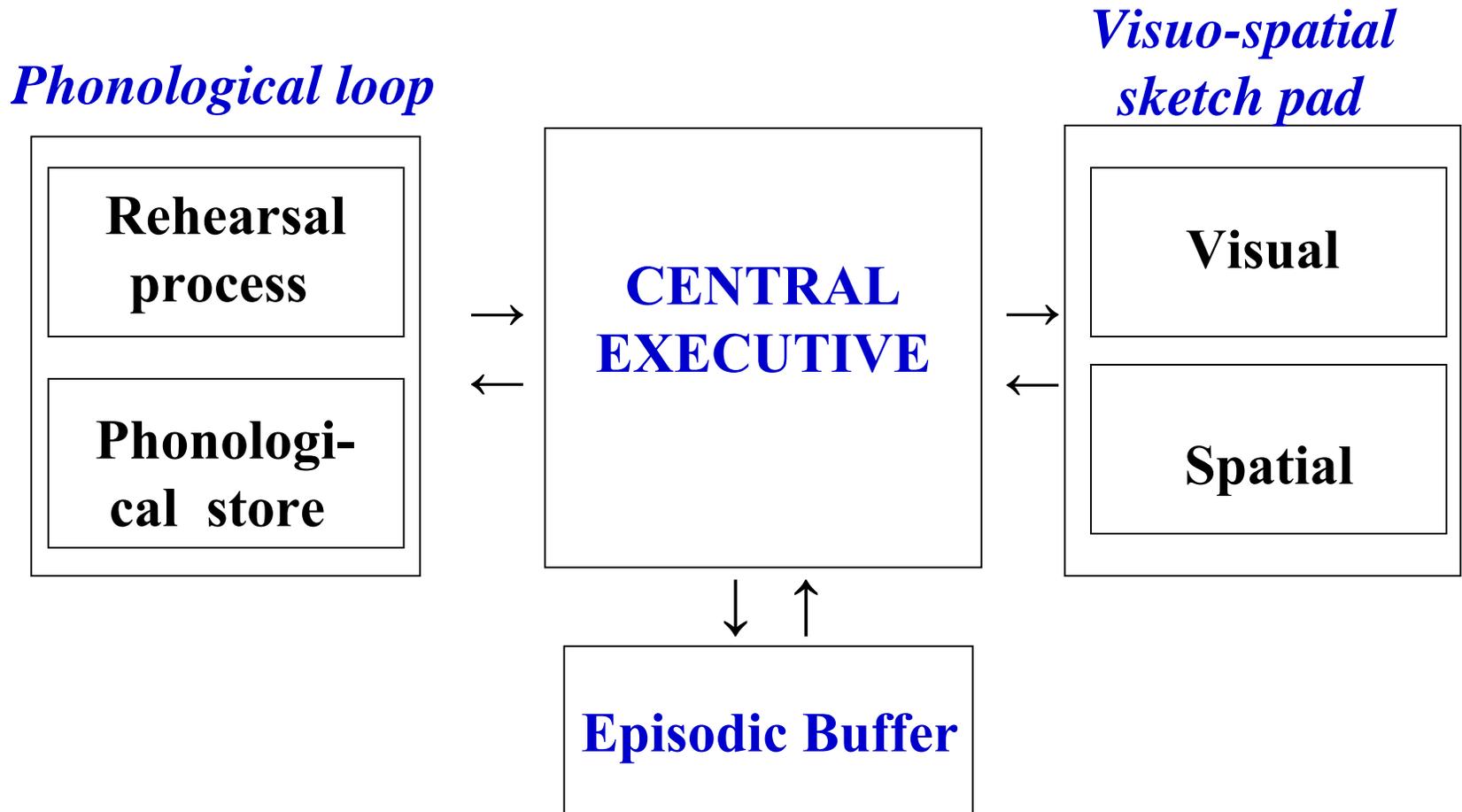


**CENTRAL
EXECUTIVE**

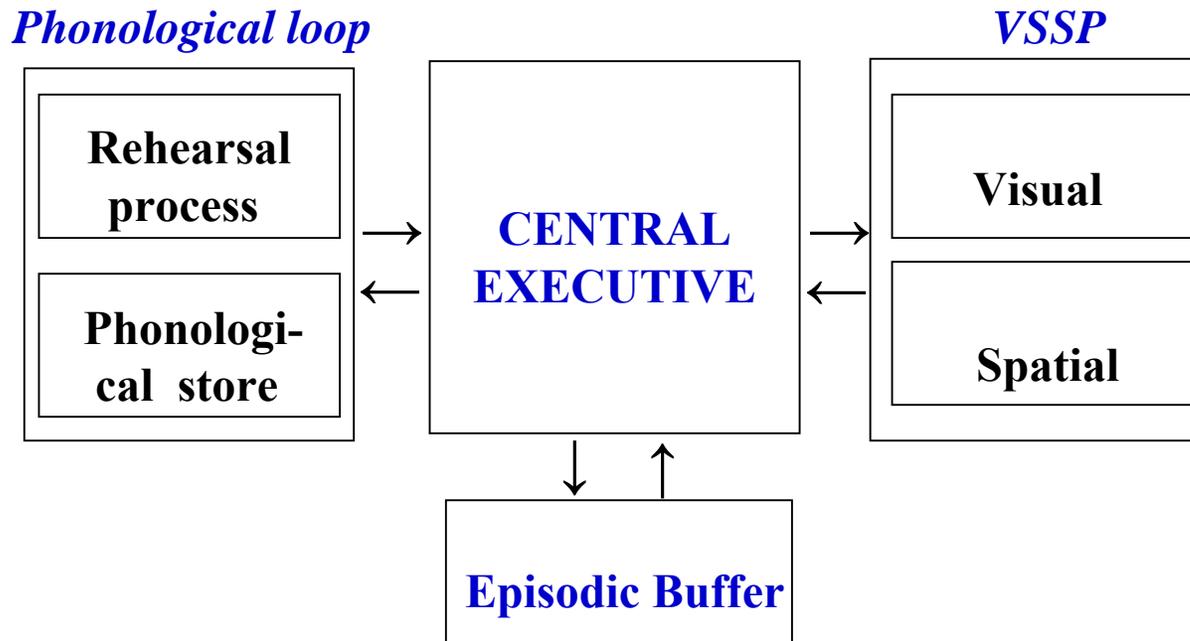
Visuo-spatial sketch pad



Revisione “terzo millennio”

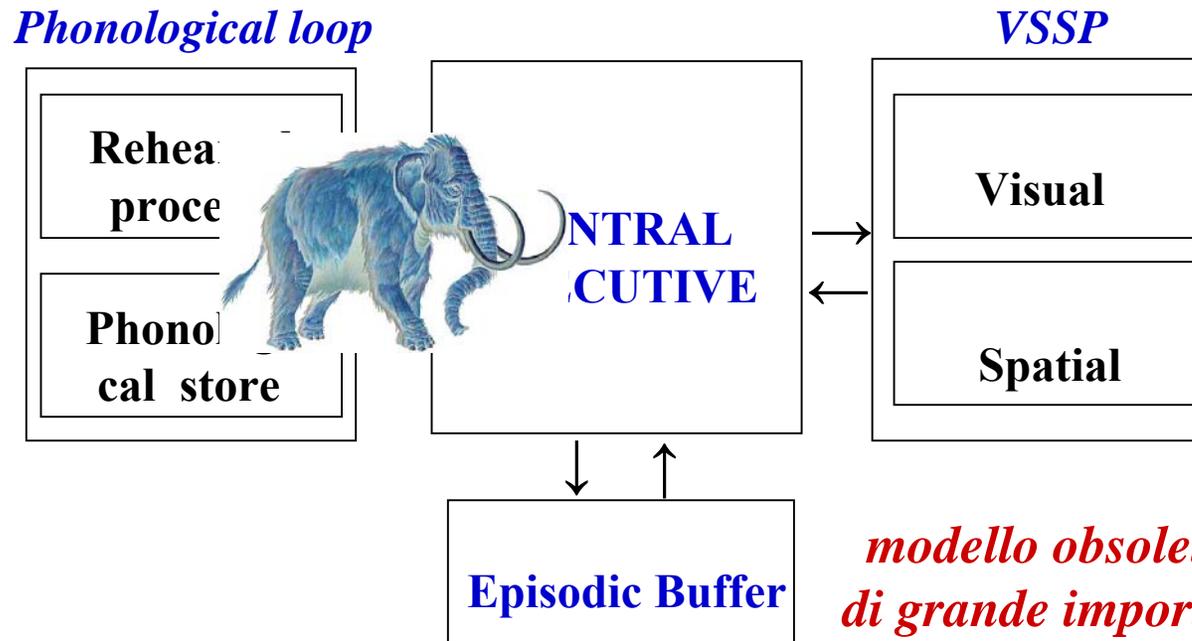


Svantaggi del modello di Baddeley



- La **capacità dei vari magazzini** (tranne la componente di rehearsal del loop fonologico) non è **mai stata determinata**.
- La **capacità** del meccanismo di **rehearsal**, determinata come “quanto è possibile ripetere in 1.5 - 2 secondi”, è stata **falsificata**.
- Come si connette il **central executive** (di natura attentiva) coi vari magazzini?

Svantaggi del modello di Baddeley



modello obsoleto, anche se di grande importanza storica

- La capacità dei vari magazzini (tranne la componente di rehearsal del loop fonologico) non è mai stata determinata.
- La capacità del meccanismo di rehearsal, determinata come “quanto è possibile ripetere in 1.5 - 2 secondi”, è stata falsificata.
- Come si connette il *central executive* (di natura attentiva) coi vari magazzini?

Baddeley, Thomson & Buchanan (1975): Word Length Effect (WLE)

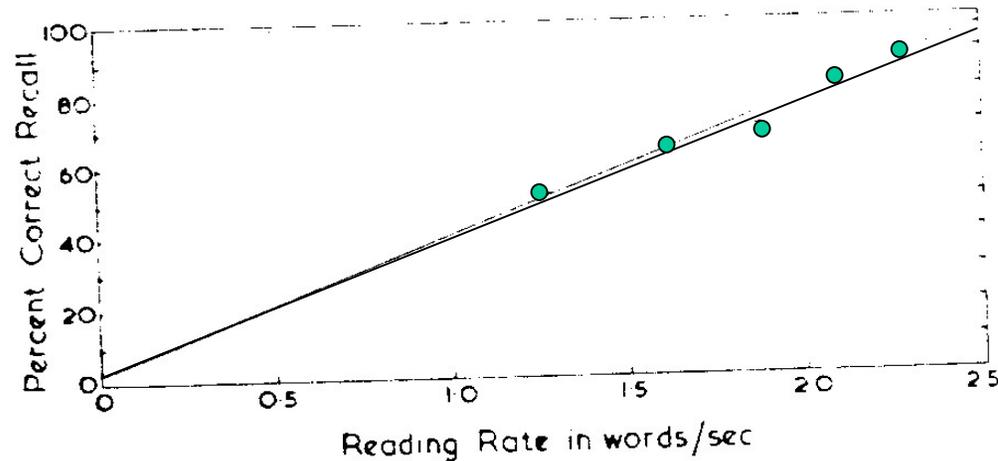


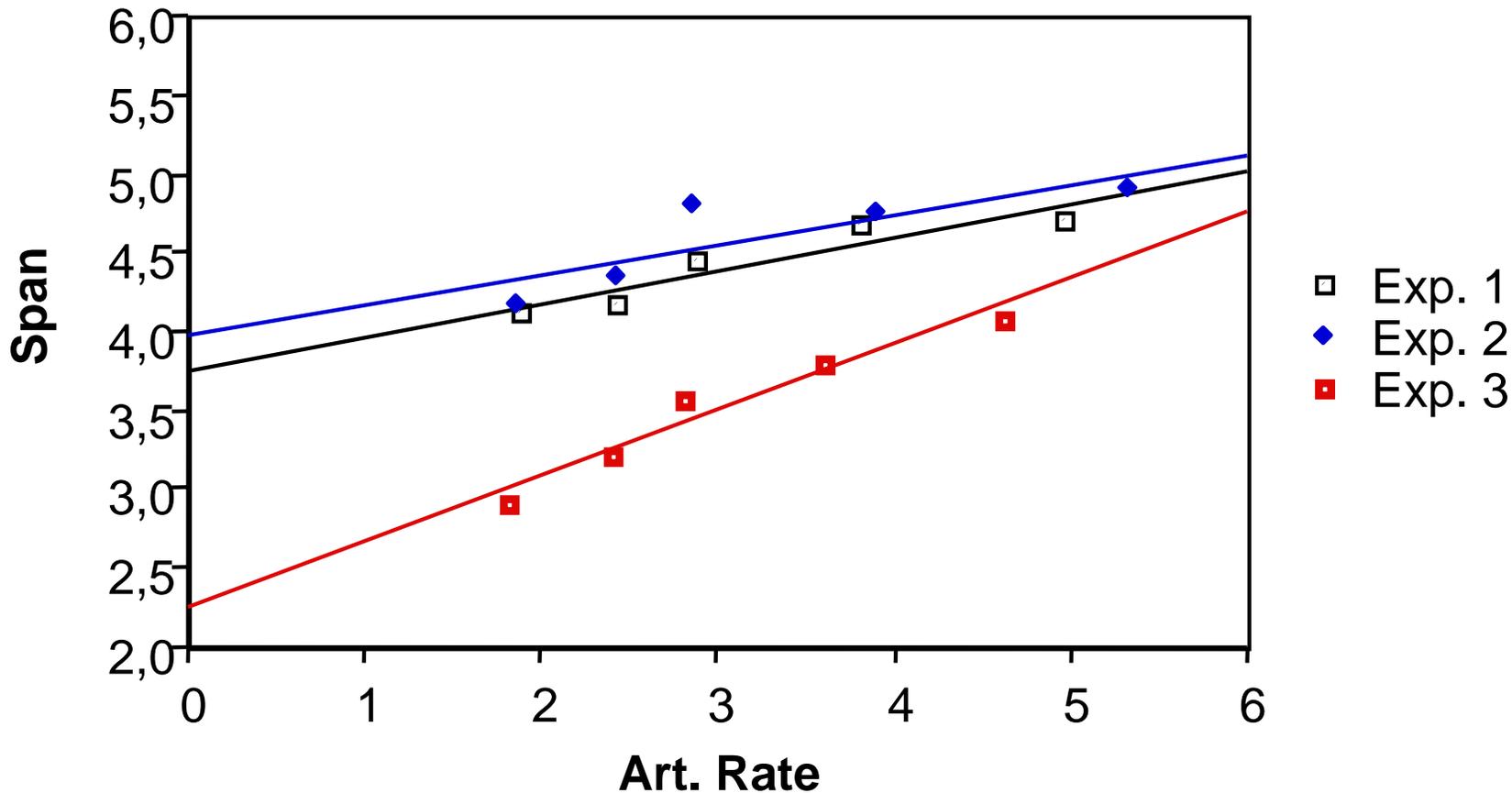
FIG. 4. The relationship between reading rate and recall observed in Experiment VI.

$$\text{Span} = 0.17 + 1.87 \text{ Vel.Pron.}$$

↓ ↓ ↓ ↓
n. parole n. parole secondi parole/sec

Come è stato falsificato il modello del loop fonologico?

- **Evidenze che il Word Length Effect esiste ma lo span non è proporzionale alla velocità di articolazione (*p.es. Hulme et al, 1991*)**
- **Non la durata temporale ma la complessità fonologica spiega il WLE (*p.es. Service, 1998; Tolan & Tehan, 2005*)**
- **Una delle cause del WLE è l'interferenza dell'output (*p.es. Cowan et al, 1992*)**
- **Lo span è influenzato anche da variabili semantiche e grammaticali che non risentono della velocità di articolazione (*p.es. Tehan & Humphreys, 1988*).**



$$\text{Span} = 3.76 + 0.21 \text{ Art.Rate}$$

$$\text{Span} = 3.96 + 0.19 \text{ Art.Rate}$$

$$\text{Span} = 2.24 + 0.42 \text{ Art.Rate}$$

Brown & Hulme (1995). Modeling item length effects in memory span: No rehearsal needed?

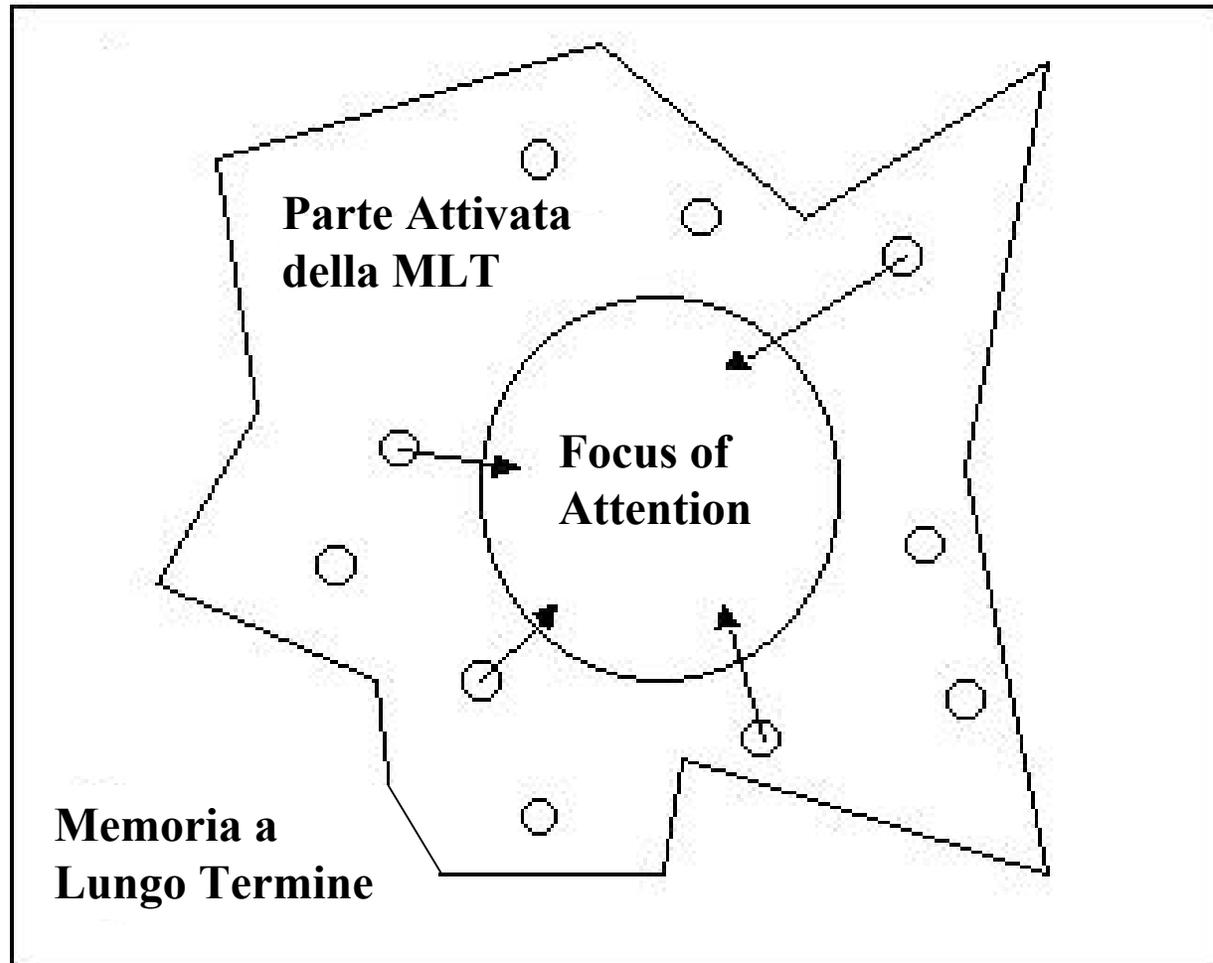
Lewandowsky & Oberauer (2008) :

“Il WLE rappresenta una correlazione fra durata dell’articolazione e prestazione di memoria, e la durata dell’articolazione inevitabilmente si confonde con altre caratteristiche delle parole. Le ricerche recenti hanno confermato che **tale confusione è responsabile per gran parte, forse per intero, del WLE**”

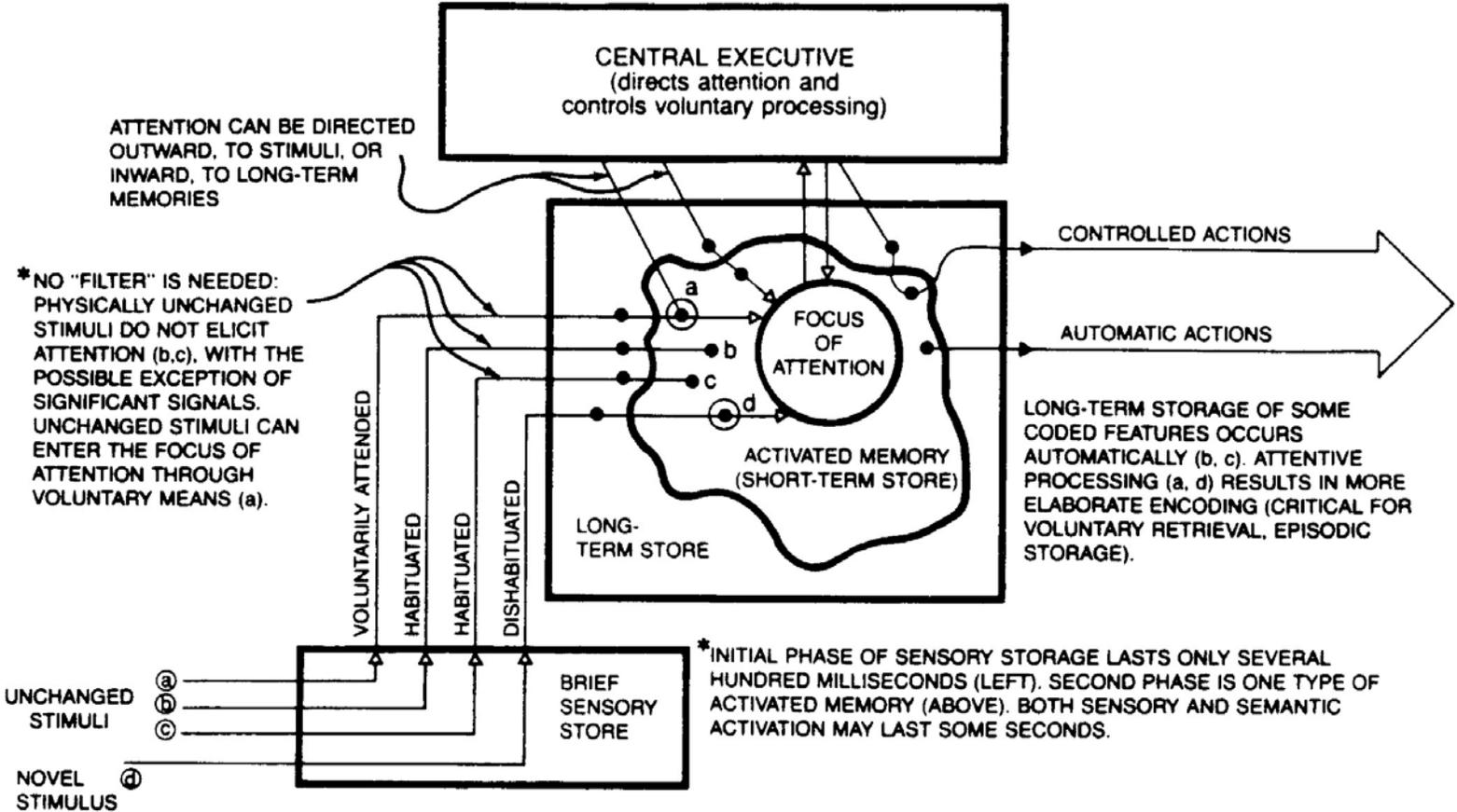
*se abbandoniamo i modelli componenziali,
a magazzini specifici, qual'è l'alternativa?*

*modelli in cui la WM è concepita come la
parte attivata della memoria a lungo termine*

Modello di Cowan



Cowan (1988)



Modello di Engle

**Working Memory =
STM (activated portion of LTM) +
+ Controlled Attention**

Componenti del modello

- **Una componente attentiva, domain-free, a capacità limitata**, implicata nei processi controllati.
- **Una memoria primaria** o a breve termine, costituita dall'insieme degli elementi della MLT attualmente attivati.
- **Strategie** di codifica, di raggruppamento e **procedure** utili a mantenere attivate tali rappresentazioni.

Componenti del modello di Engle

La **componente attentiva** svolge funzioni di attivazione, retrieval, blocco dell'interferenza. *Indicizzata talvolta da misure di span complessi, talvolta da compiti cognitivamente più semplici (anti-saccade, stroop). Le differenze individuali negli span complessi spiegano in gran parte le differenze individuali nell'intelligenza fluida.*

Le **strategie di codifica/raggruppamento** e le **procedure di mantenimento** sono dominio-specifiche. *La loro messa in atto può richiedere risorse attentive in misura più o meno ampia, secondo il compito o il soggetto. AL e VSSP potrebbero essere due esempi di tali strategie o procedure.*

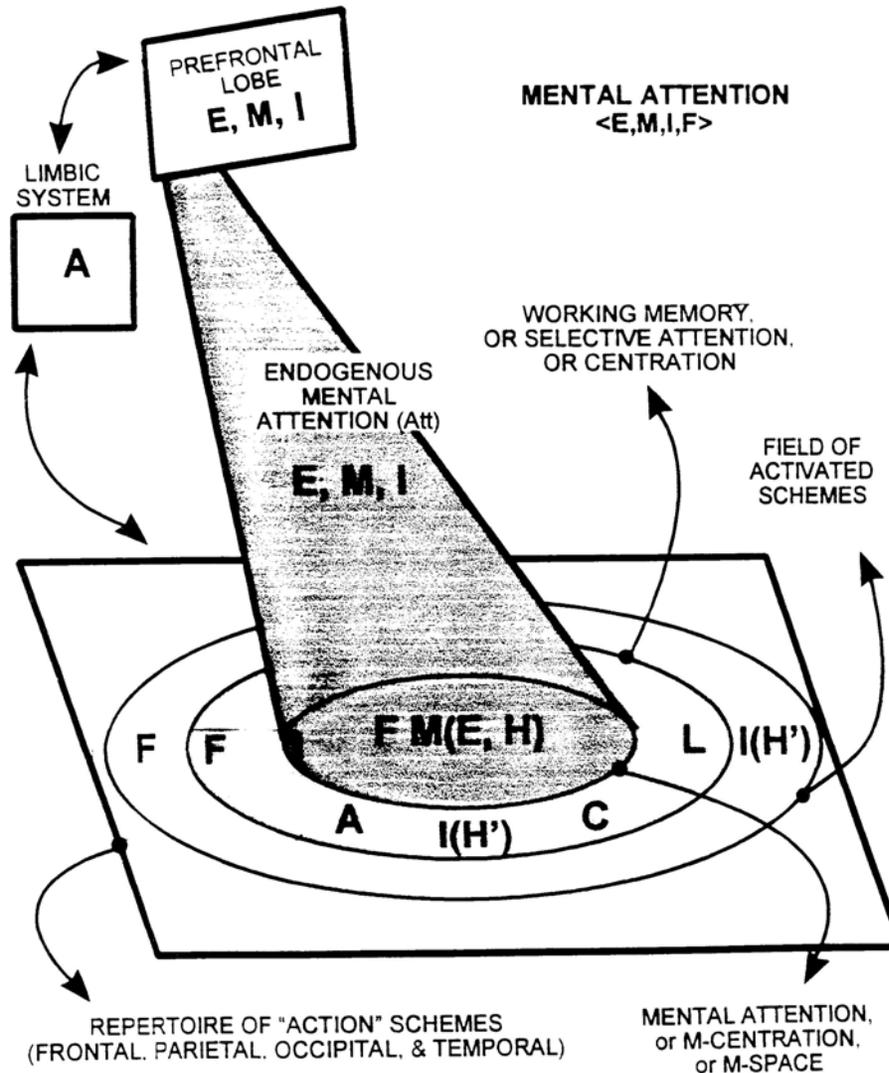
La **memoria a breve termine** è costituita da elementi attivati della MLT. *Diverse cause di attivazione, fra cui input recenti. Si possono richiamare automaticamente due o tre elementi presentati recentemente, ma se ve ne sono di più occorre attenzione controllata.*

Modello di Pascual-Leone

E = executive schemes

M = mental energy

I = interruption



Sviluppo della M capacity con l'età
(Pascual-Leone, 1970)

<i>età</i>	<i>M capacity</i>
3 - 4 anni	<i>e + 1</i>
5 - 6 anni	<i>e + 2</i>
7 - 8 anni	<i>e + 3</i>
9 - 10 anni	<i>e + 4</i>
11 - 12 anni	<i>e + 5</i>
13 - 14 anni	<i>e + 6</i>
15 - 16 anni	<i>e + 7</i>

Sviluppo della M capacity con l'età

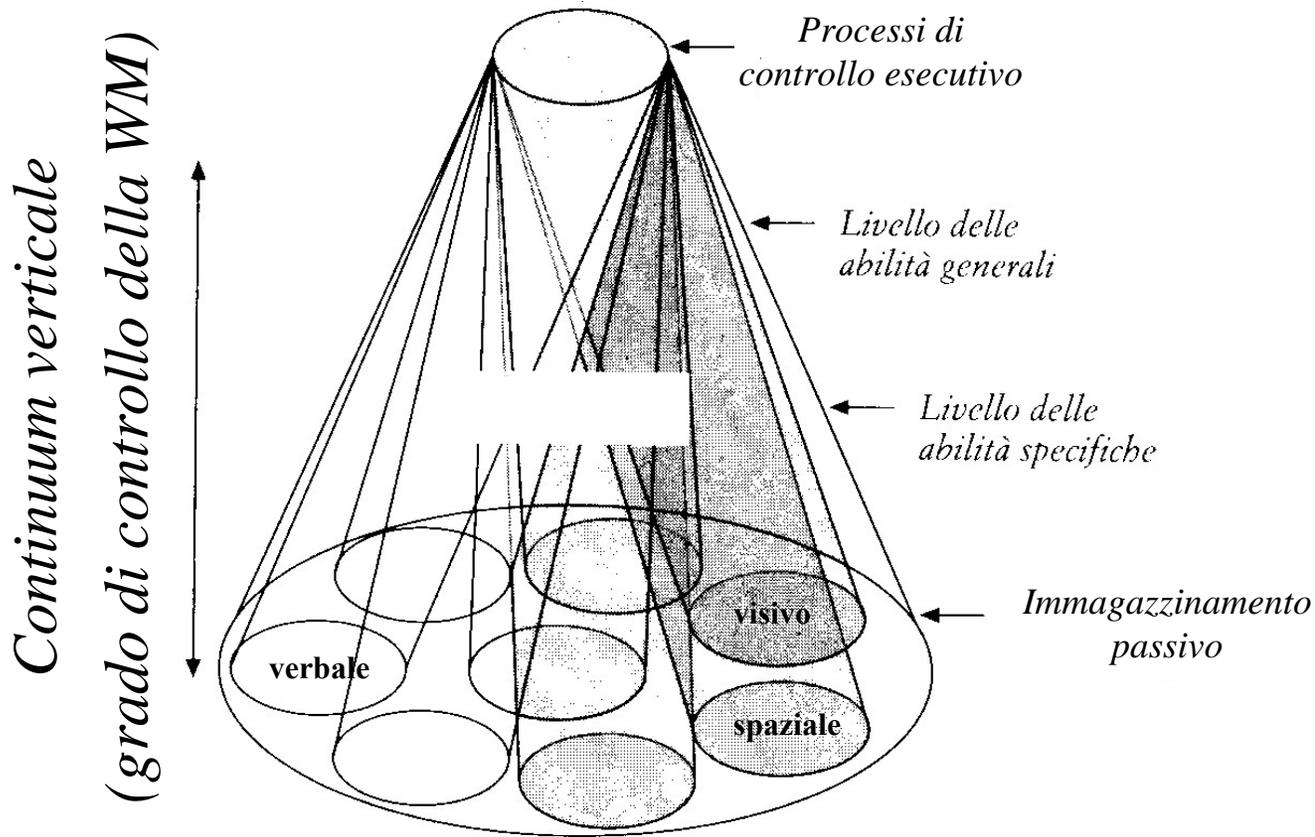
<i>età</i>	<i>schemi sensomotori</i>	<i>schemi di livello simbolico</i>
1-4 mesi	1	
4-8 mesi	2	
8-12 mesi	3	
12-18 mesi	4	
18-26 mesi	5	
26-36 mesi	6	
3 - 4 anni	7	$e + 1$
5 - 6 anni		$e + 2$
7 - 8 anni		$e + 3$
9 - 10 anni		$e + 4$
11 - 12 anni		$e + 5$
13 - 14 anni		$e + 6$
15 - 16 anni		$e + 7$

Altri modelli basati sull'attivazione e sul controllo attentivo

- *Anderson* (Active Control of Thought)
- *Barrouillet* (Time-Based Resource Sharing)
- ...

- Il cambiamento di paradigma (*dai magazzini all'attivazione*) è avvenuto prima in America (*metà anni novanta*) che in Europa
- Osservando il cambiamento in Europa, negli **EWOMS (European Working Memory Symposium)**:
 - **EWOMS-2 (Beaune, 2004)**: la grande maggioranza delle relazioni fa riferimento a modelli “a magazzini”
 - **EWOMS-3 (Genova, 2006), EWOMS-4 (Bristol, 2008), EWOMS-5 (Civita Cast., 2010)**: la grande maggioranza delle relazioni fa riferimento a modelli dell'attivazione.

Modello di Cornoldi



*Continuum orizzontale
(specificità di dominio)*

se accettiamo i modelli dell'attivazione, come si spiegano le dissociazioni tra “magazzini”?

- le dissociazioni (fra conoscenze, strategie etc) esistono già in memoria a lungo termine

- in particolare il rehearsal non è un magazzino a capacità limitata, ma una strategia o procedura

Evidenze neuropsicologiche

- Negli **anni settanta-ottanta** le **dissociazioni fra deficit** in pazienti con lesioni sono state interpretate a favore di una **pluralità di magazzini specifici**.
- **Dagli anni novanta**, però, le ricerche di **brain imaging** evidenziano l'**impossibilità di dissociare** i magazzini a breve termine **dalla struttura della MLT** e il **ruolo dei processi attentivi** nel mantenimento a breve termine.

Evidenze neuropsicologiche

- Ruchkin et al. (2003) *“Working memory retention systems: A state of activated long-term memory”*

I sistemi di memoria a lungo termine associati ai processori della corteccia posteriore forniscono le basi di rappresentazione necessarie alla WM. **Non c'è ragione di postulare** sistemi neurali specializzati la cui funzione sia limitata a quella di **magazzini a breve termine**. La corteccia prefrontale fornisce il sistema di **“puntatori” attenti** per **mantenere l'attivazione** negli appropriati sistemi posteriori di elaborazione. La capacità di memoria a breve termine è determinata dai limiti al numero di **“puntatori”** che il sistema prefrontale di controllo riesce a sostenere.

Evidenze neuropsicologiche

- **Jonides et al. (2005)** *“Processes of working memory in mind and brain”*

Il mantenimento è mediato da quelle stesse strutture del cervello che elaborano l'informazione percettiva. Il rehearsal impegna una rete di aree del cervello che controllano anche l'attenzione a stimoli esterni.

CONCLUSIONE TEORICA

I modelli “a magazzini” sono storicamente importanti, ma alla luce delle ricerche degli ultimi 25 anni è preferibile focalizzarsi sull’uso di risorse attentive e processi di controllo per attivare o dis-attivare unità di rappresentazione (schemi, chunk, procedure...)

WM e apprendimento lessicale

spiegazione “classica”

(Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998)

La capacità del loop fonologico,

indicizzata da compiti come la ripetizione di non-parole e il digit span,

spiega:

- l'apprendimento delle parole della propria madrelingua da parte dei bambini piccoli
- l'apprendimento delle parole di lingue straniere da parte di bambini più grandi e adulti

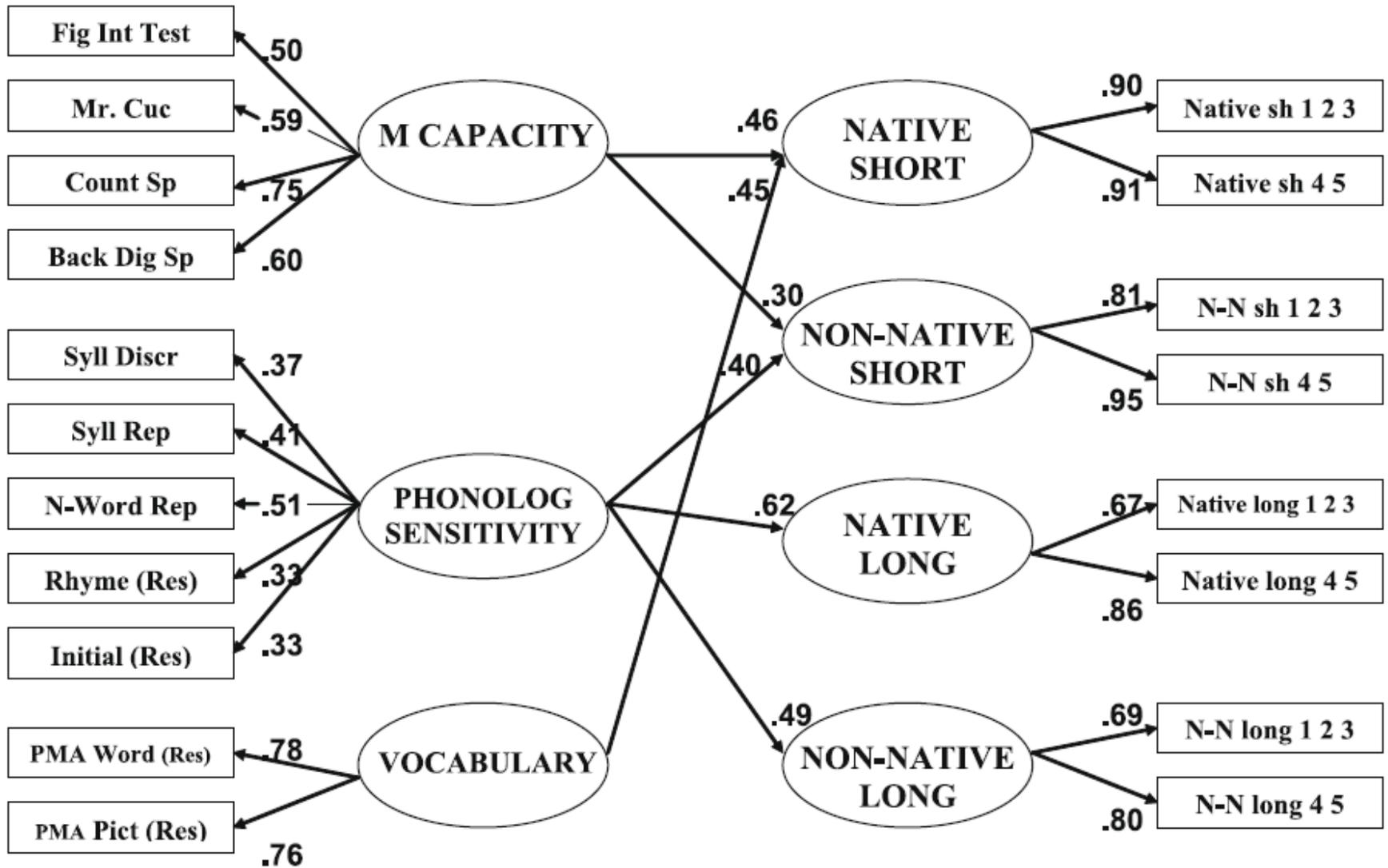
problemi per la spiegazione “classica”

- La **ripetizione di non-parole** misura davvero la **capacità del loop fonologico**? (*Bowey, 1997*)
 - Perché **non** usare la **velocità di articolazione**?
 - **Esiste davvero un loop fonologico di capacità limitata**?
 - Come spiegare **l'effetto della conoscenza del vocabolario** sull'acquisizione di nuovi vocaboli? (*Gathercole et al, 1997*)
- e infine:
- Può un **singolo meccanismo** (il loop fonologico) fornire una **spiegazione adeguata** ?

Morra & Camba (2009; Camba & Morra, 2009)

- **Bambini di 8-11 anni (III-V elem, n=161)**
- **Apprendimento di diversi tipi di non-parole** associate a **figure** (*apprendere nomi in una “lingua straniera”*)
 - **brevi (2 sillabe) versus lunghe (4 sillabe)**
 - **fonologicamente legali versus con 1 fonema russo**
- **Misure di diversi predittori potenziali:**
 - **M capacity (4 test)**
 - **Vocabolario (PMA)**
 - **Velocità di articolazione**
 - **Sensibilità fonologica (5 test)**
 - **Matrici di Raven**
 - **Digit Span**

*Analisi preliminari:
la ripetizione di non-parole
si raggruppa coi test di
sensibilità fonologica,
non col digit span o con la
velocità di articolazione*



- La **sensibilità fonologica** spiega l'apprendimento di tutti i tipi di non-parole, tranne quelle "italiane" brevi
- La conoscenza del **vocabolario**, viceversa, spiega solo l'apprendimento delle "italiane" brevi
- La **M capacity** spiega l'apprendimento delle non-parole brevi, ma non di quelle lunghe
- **A seconda del carico di informazione e della sua familiarità, uso flessibile di strategie diverse**
- **Tali diverse strategie fanno riferimento a diverse risorse cognitive**
- Memoria di cifre e velocità di articolazione non hanno un ruolo esplicativo; il contributo della ripetizione di non-parole è assimilabile a quello della sensibilità fonologica

Conclusioni sull'apprendimento lessicale

- La spiegazione “classica” (in termini di capacità del loop fonologico) non è in grado di spiegare i risultati
- L'apprendimento lessicale è un terreno su cui si evidenzia la superiorità dei modelli di attivazione rispetto a quelli a magazzini

WM e comprensione di testi

- La comprensione di testi non correla con misure di STM, ma con **misure di WM**, sia **dominio-specifiche** (*reading span, listening span*), sia **inerenti ad altri domini** (*operation span*): *Daneman & Carpenter (1980), Daneman & Hannon (2001)*.
- La correlazione tra WM e comprensione dei testi è positiva anche nei bambini, a partire dalla III classe (*Seigneuric & Ehrlich, 2005*)

Comprendere un testo comporta tenere presenti e integrare fra loro parecchie informazioni.

- La comprensione di testi correla con **misure di efficienza nell'inibire informazioni irrilevanti**, con materiale sia verbale sia non verbale (*Gernsbacher & Faust, 1991*).
- I cattivi lettori in compiti di WM compiono più **errori di intrusione** di informazioni non rilevanti e hanno maggiore **difficoltà ad aggiornare** il contenuto della WM (*De Beni et al, 1998; Palladino et al, 2001*)

Comprendere un testo comporta selezionare le informazioni rilevanti e scartare quelle irrilevanti dalla WM.

Conclusioni sulla comprensione di testi

- Anche in questo campo la rilevanza di ipotetici magazzini a breve termine è stata ben presto esclusa.
- Vi sono risultati che indicano un ruolo di risorse a **capacità limitata per l'attivazione di informazioni rilevanti.**
- Vi sono risultati che indicano un ruolo di processi di controllo per l'**inibizione di informazioni irrilevanti** e l'**aggiornamento** della WM.
- Le due ipotesi non sono necessariamente incompatibili.
- **Possiamo attenderci sviluppi delle ricerche sulla dialettica dei processi di attivazione e inibizione nella comprensione di testi di differenti tipi a diverse età.**

WM e comprensione di descrizioni spaziali

Johnson-Laird (1983) :

per comprendere una descrizione spaziale si combina l'informazione contenuta nelle diverse frasi, costruendo un modello mentale spaziale.

Compito di Ehrlich & Johnson-Laird (1982):

The spoon is in front of the glass.

The fork is to the left of the spoon.

The glass is to the left of the dish.

Come avviene la costruzione in WM del modello mentale spaziale?

Un'analisi del compito convalidata da esperimenti con bambini (Morra, Pascual-Leone, Johnson & Baillargeon, 1991) e adulti (Morra, 2001)

- *Descrizioni spaziali di tipi diversi richiedono di co-attivare rispettivamente 5, 6 or 7 schemi per costruire un modello mentale integrato.*
- *I soggetti con M capacity inferiore a 5, 6, o 7 commettono molti errori nelle descrizioni che richiedono di attivare più schemi.*

Costruzione di un modello mentale (1)

The spoon is in front of the glass.

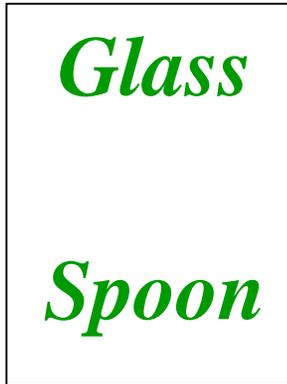
Glass



Spoon

3 schemi

Costruzione di un modello mentale (2)



The fork is to the left of the spoon

Fork ← @ (*Spoon*)

5 schemi

nel caso di descrizioni brevi ci si ferma qui.

nel caso di descrizioni continue o semicontinue si prosegue...

Costruzione di un modello mentale (3)

Glass

Fork

Spoon

The glass is to the left of the dish

@ (*Glass*) ← *Dish*

6 schemi

Costruzione del modello mentale (*fine*)



nel caso di descrizioni discontinue il carico è di 7 schemi:

Costruzione di un modello mentale (3)

Sheep *Dog*

Turkey *Cat*

The turkey is behind the dog

@ (*Turkey*)



@ (*Dog*)

7 schemi

WM e strutture concettuale narrativa

Teoria di Case (1992, 1998; Case & Okamoto, 1996)

Strutture concettuali centrali (SCC) = reti di rappresentazioni mentali, sia verbali che analogiche, sia dichiarative che procedurali, che hanno un ruolo cruciale nell'organizzare la comprensione di domini di conoscenza piuttosto vasti ed eterogenei.

Esempi: SCC quantitativa, SCC narrativa, SCC spaziale.

Lo sviluppo di ogni SCC è legato allo sviluppo della WM, che permette il formarsi di SCC via via più complesse.

WM concepita come risorsa generale; il modello dello sviluppo della WM è simile a quello di Pascual-Leone.

WM e sviluppo della SCC narrativa (Case & Mc Keough, 1990; Mc Keough, 1992)

3-4 anni (WM = 1) la struttura della storia si riduce a un semplice *script*

5-6 anni (WM = 2) l'organizzazione tipica della storia include *una situazione-problema* e una *conclusione*

7-8 anni (WM = 3) l'organizzazione tipica della storia include *una situazione-problema*, uno o più *eventi intermedi* (p.es. tentativi di soluzione) e la *conclusione*

9-10 anni (WM = 4) iniziano a emergere storie con trama più strutturata (p.es. uno dei tentativi di soluzione si sviluppa in modo autonomo come una storia a sé)

In adolescenza, sviluppo della SCC narrativa rispetto alla psicologia dei personaggi (Mc Keough & Genereux, 2003)

Le misure per l'età evolutiva della WM costruite in base ai modelli di Pascual-Leone e/o di Case predicono anche:

- **la comprensione della falsa credenza** (*Keenan, Olson & Marini, 1998*)

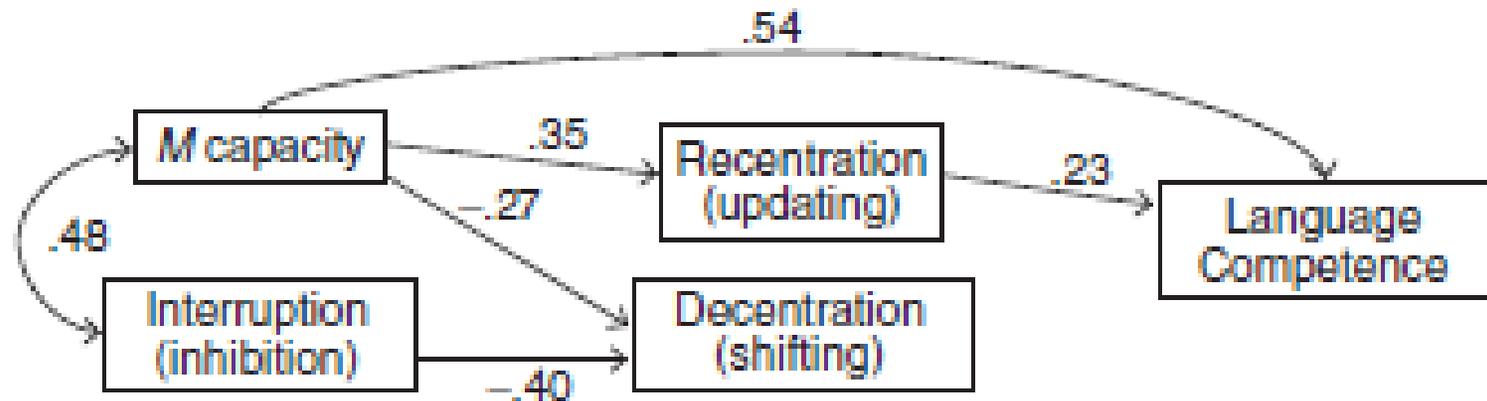
- **lo sviluppo della comprensione delle emozioni** (*Morra, Parrella & Camba, 2010*)

WM, EF e disturbi del linguaggio

- Concezione tradizionale: I disturbi specifici di apprendimento dipendono da **deficit dominio-specifici**.
- Conseguente abbondanza di ricerche sui deficit in compiti di WM con specifici materiali (*spesso interpretate come deficit di uno specifico magazzino*) (*ma il deficit mnestico specifico è causa o conseguenza dei deficit nei processi dominio-specifici?*)
- Evidenza crescente che i bambini con disturbi specifici di apprendimento possono presentare **deficit anche in qualche risorsa generale**: executive functions, misure non dominio-specifiche di WM (*p.es. Passolunghi & Siegel, 2001*).

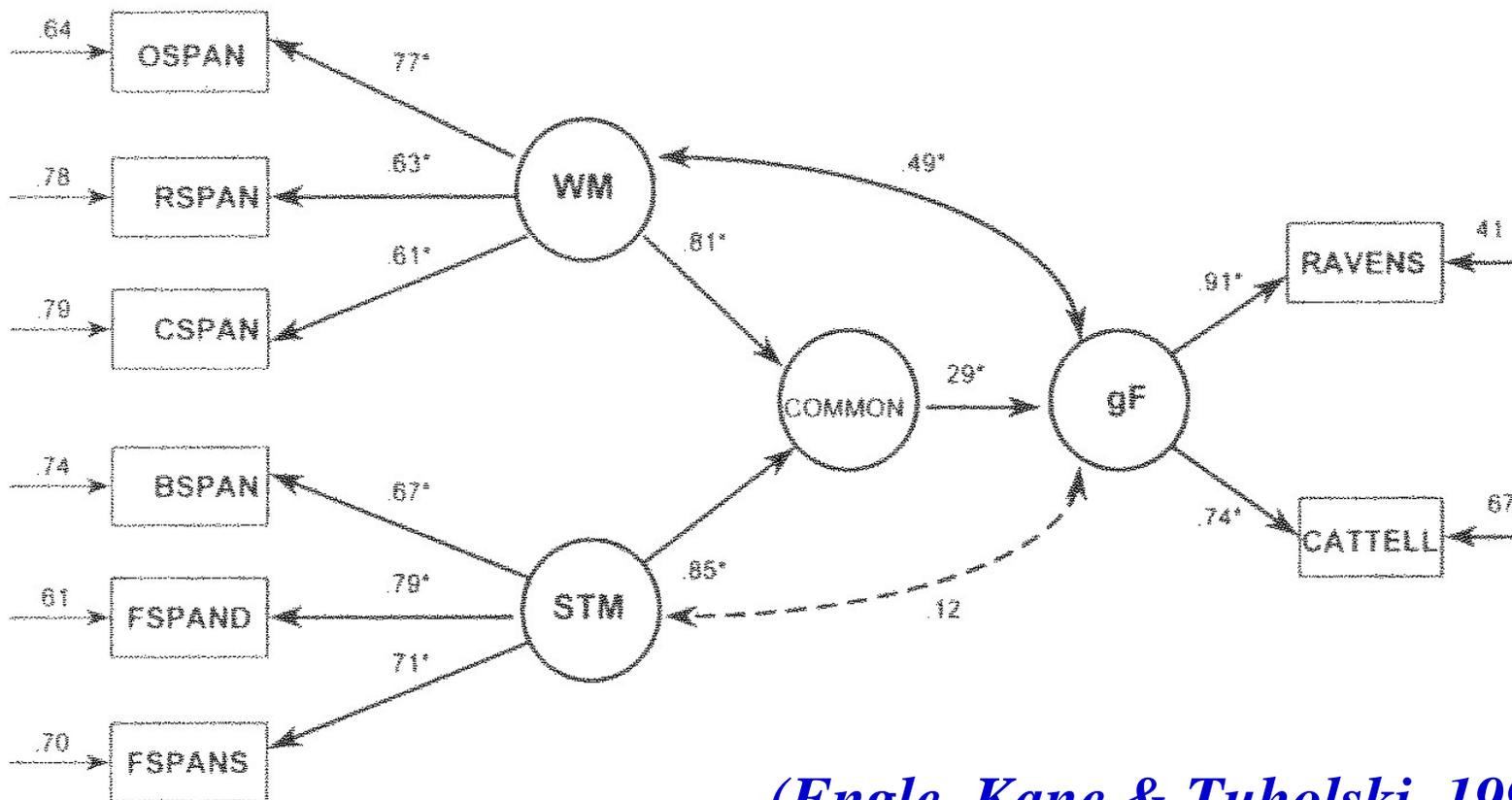
Problema: come integrare deficit specifici e generali nella spiegazione dei deficit specifici di apprendimento?

bambini (7-12 anni) con disturbi specifici del linguaggio (SLI)
(Im-Bolter & al, 2006)



- M capacity e Inhibition come capacità di base
- Updating e Shifting come executive functions
- Influenza di M capacity sulle competenze linguistiche sia direttamente, sia attraverso la mediazione dell'updating

che rapporto tra WM e STM?



(Engle, Kane & Tuholski, 1999)

che cosa hanno in comune i compiti di WM e STM verbale?

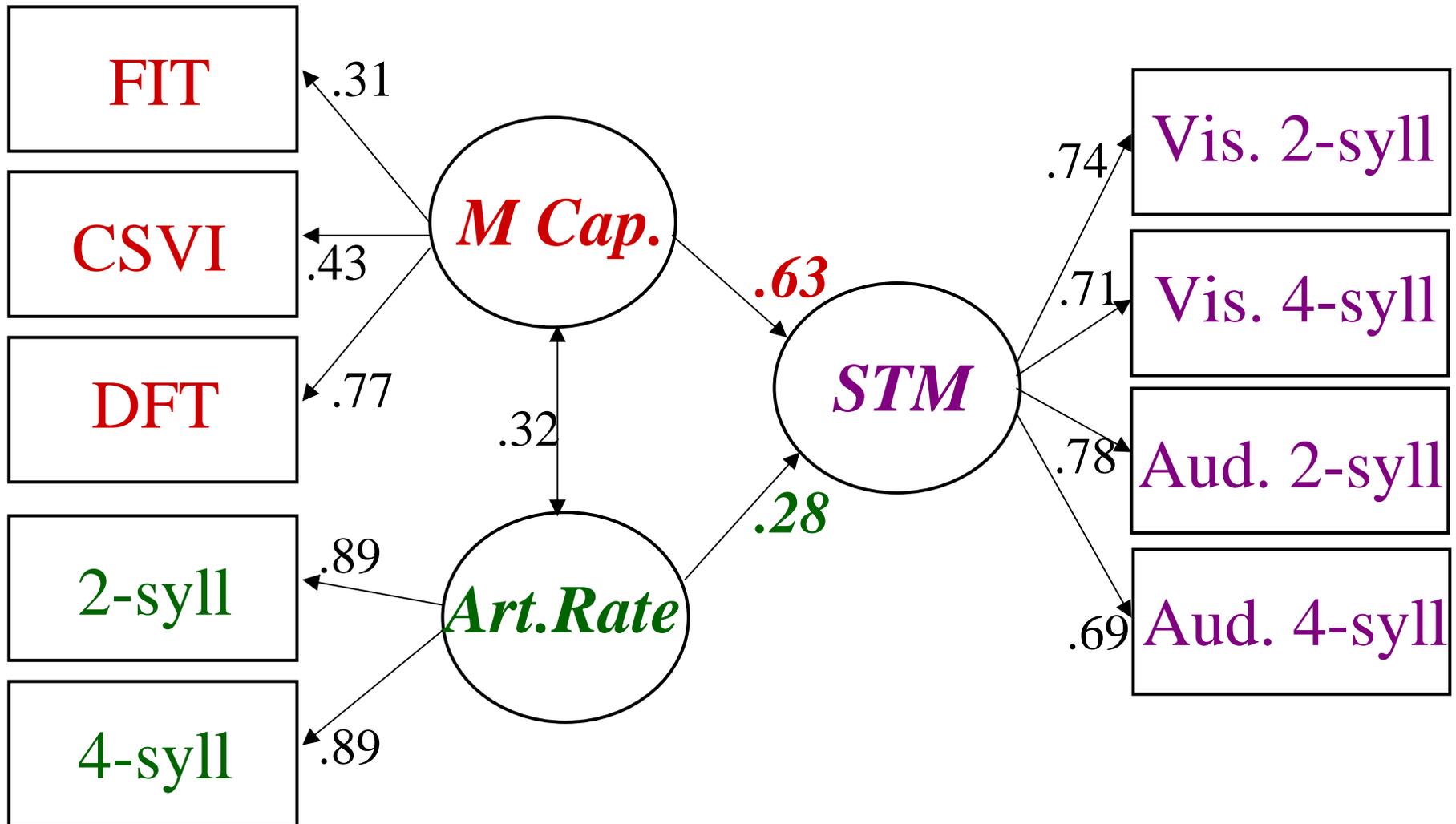
M capacity e velocità di articolazione contribuiscono indipendentemente alle differenze individuali nella STM verbale

Morra (2000)

- Bambini di 9-11 anni (IV-V elem, n=113)
- Diverse misure di **STM verbale** correlano (*r tra .28 a .37*) con la **M capacity**, con età e velocità di articolaz. parzializzate
- Le stesse misure di **STM verbale** correlano (*r tra .17 a .25*) con la **velocità di articolaz.**, con età e M capacity parzializzate

Morra & Delfante (2009)

- **Adulti (studenti universitari, n=102)**



Modello dello span di MBT verbale (Morra 2000)

- **Formulato in un quadro teorico neopiagetiano**
- **Una risorsa attentiva centrale (M capacity) viene usata per attivare schemi operativi e figurativi**
- **La codifica è un'operazione che in presentazione visiva consuma risorse, ma è automatica in presentazione uditiva**
- **Il rehearsal è uno schema operativo che consuma risorse e serve a mantenere l'ordine degli item ripetuti mentalmente**
- **Le rappresentazioni degli item attivati mediante M capacity restano pienamente disponibili, ma quelli che eccedono la M capacity perdono progressivamente attivazione**

Modello dello span di MBT verbale (Morra 2000)

- **Il modello contiene due parametri**
- **Uno rappresenta la M capacity del singolo individuo (misurata indipendentemente con test)**
- **L'altro è un parametro libero che rappresenta la perdita di attivazione di quegli schemi che eccedono la M capacity. Si assume che sia specifico a ciascun tipo di materiali (p.es. parole concrete di 2 sillabe).**

Sequenza ipotetica di processing steps da parte di un soggetto con M capacity = $e+5$, per una lista di 5 parole presentata visivamente

step	Schemes activated by the M Operator						Output	Activation weight of the schemes					Probab. of correct recall
	e	k						ϕ_{W1}	ϕ_{W2}	ϕ_{W3}	ϕ_{W4}	ϕ_{W5}	
1	ϵ_{Read}	Ψ_{Code}	$W1$				ϕ_{W1}	1					
2	ϵ_{Read}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W1}	Ψ_{Code}	$W2$		ϕ_{W2}	1	1				
3	ϵ_{Read}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W1}	ϕ_{W2}	Ψ_{Code}	$W3$	ϕ_{W3}	1	1	1			
4	ϵ_{Read}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W1}	ϕ_{W2}	Ψ_{Code}	$W4$	ϕ_{W4}	1	1	$1-i$	1		
5	ϵ_{Read}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W1}	ϕ_{W2}	Ψ_{Code}	$W5$	ϕ_{W5}	1	1	$1-3i$	$1-2i$	1	
6	ϵ_{Read}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W1}	ϕ_{W2}	Ψ_{Code}	END	ϵ_{Rec}	1	1	$1-6i$	$1-5i$	$1-3i$	
7	ϵ_{Rec}	Ψ_{Retr}	ϕ_{W1}	Ψ_{Reh}	ϕ_{W2}				1	$1-9i$	$1-8i$	$1-6i$	1
8	ϵ_{Rec}	Ψ_{Retr}	ϕ_{W2}							$1-12i$	$1-11i$	$1-9i$	1
9	ϵ_{Rec}	Ψ_{Retr}	ϕ_{W3} ?								$1-13i$	$1-11i$	$1-12i$
10	ϵ_{Rec}	Ψ_{Retr}	ϕ_{W4} ?									$1-12i$	$1-13i$
11	ϵ_{Rec}	Ψ_{Retr}	ϕ_{W5} ?										$1-12i$

Probabilità di recall corretto = $(1-12i)^2 (1-13i)$

- **Ciò che accomuna i compiti di WM e STM è l'uso delle medesime risorse attentive, che nei compiti STM sono dedicate alla codifica delle informazioni da ricordare e all'attuazione delle strategie utili a ricordarle.**
- **Tuttavia, nei compiti di STM sono importanti anche le strategie specifiche (p.es. il rehearsal) e per questo motivo la loro correlazione coi compiti di WM è meno elevata.**

Si può migliorare la funzionalità della WM?

- Filone di ricerca piuttosto recente, motivato anche dalle scoperte su WM e intelligenza. È possibile migliorare l'intelligenza attraverso un lavoro di training della WM?
- Risposte non definitive, ma risultati promettenti:
 - negli **adulti** (*Jäggi et al, 2008*)
 - negli **anziani** (*Borrella et al, in press*)
 - in **bambini con ADHD** (*Klingberg et al, 2002*)
 - in **bambini con deficit di WM** (*Holmes et al, 2009*)

Conclusioni

- *Caveat!* Questa rassegna non è esaustiva (feature model di Nairne; Modelli computazionali di Burgess-Hitch, Lewandowski...)
- **Due metafore di immagazzinamento e attivazione di MLT - entrambe presenti fin dagli anni Settanta**
- **Iniziale prevalenza di consensi su modelli a magazzini (*Baddeley*). Metafora dell'attivazione tradotta più recentemente in modelli testabili (*Cowan; Engle; Anderson...*) che iniziano a prevalere dagli anni Novanta in America e recentemente anche in Europa**
- **In campo evolutivo, teorie neopiagetiane (*Pascual-Leone*) congruenti coi modelli dell'attivazione**
- **Il dibattito è aperto, non solo perché esistono ancora sostenitori di modelli dell'immagazzinamento, ma anche perché i modelli dell'attivazione sono numerosi e diversi fra loro.**



Snæfellsjökull (Islanda)

The End