



# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Psicologia

**Corso di laurea Triennale in Scienze psicologiche cognitive e  
psicobiologiche**

**Tesi di Laurea Triennale**

**Effetti delle azioni Pointing e Grasping su un compito numerico  
di stima di Magnitude**

Effects of Pointing and Grasping Actions on a  
Numerical Magnitude estimation Task

Relatore:

Prof.ssa Luisa Sartori

Laureando:

Leonardo Tonon

Matricola: 2051763

Anno Accademico

2023/2024

# EFFETTI DELLE AZIONI POINTING E GRASPING SU UN COMPITO DI STIMA DI MAGNITUDE

## INDICE

ABSTRACT.....	3
INTRODUZIONE .....	3
Cognizione Numerica: “Triple Code Model” .....	5
Aree corticali sottese al: “Triple Code Model” .....	6
Aree Corticali sottese al Grasping .....	7
Aree Corticali Sottese al Pointing .....	9
METODI.....	10
Partecipanti e Criteri di Selezione.....	10
Strumentazione e Procedure .....	11
ANALISI .....	15
Analisi e Risultati.....	15
DISCUSSIONE .....	16
CONCLUSIONI .....	18
BIBLIOGRAFIA .....	19

## ABSTRACT

Numerosi studi si sono interessati all'individuazione dei possibili effetti di interferenza e facilitazione che intercorrono tra compiti numerici e azioni manuali.

La plausibilità di questi effetti è data dalla vicinanza delle aree neurali coinvolte nei processi numerici e nei processi sensomotori.

Lo studio qui proposto va a prendere in considerazione l'effetto dato dalla combinazione di uno specifico compito numerico, quello di determinazione della grandezza di un numero (Magnitude) e due azioni manuali: Afferrare (Grasping) e Indicare (Pointing).

Lo studio prevedeva l'esecuzione dei due compiti manuali in blocchi distinti, seguiti dallo svolgimento del compito numerico.

Le risposte dei partecipanti al compito numerico erano di tipo verbale e venivano registrati sia la risposta (corretta/scorretta) che il tempo di reazione.

In linea con la letteratura, i risultati dell'analisi hanno mostrato una interazione significativa tra Azione e Distanza Numerica.

## INTRODUZIONE

L'associazione numeri e gestualità delle mani è pratica comune in diversi contesti della nostra vita e presente universalmente nella nostra cultura, fin dai primi albori della civiltà, come evidenziato nello studio di (Overmann, K. A.,2014) il quale rileva una correlazione tra stencil di mani risalenti a 27.000 anni fa e la posizione delle mani nelle pratiche moderne di conteggio con le dita.

In riferimento ai giorni nostri, basti pensare a come utilizziamo le mani per rappresentare i numeri, eseguire semplici calcoli, contare elementi ed esprimere quantità di grandezza. (Winter, B., Perlman, M., & Matlock, T.,2014).

Questa pratica può trovare spiegazione in due teorie: la prima di tipo culturale, presuppone che l'utilizzo dei gesti per esprimere concetti nella sfera dei numeri, tragga le sue origini da un apprendimento delle pratiche culturali di una data popolazione.

Tuttavia, questa ipotesi non sarebbe in grado di giustificare come, questa pratica sia universalmente presente, in tutte le culture.

Sempre più studi spostano l'ago della bilancia verso le teorie che attribuiscono una base biologica alla nostra predisposizione, per la connessione numeri gestualità.

All'interno di queste teorie, le quali sottendono ad un approccio biologico identifichiamo due filoni di ricerca della psicologia cognitiva.

Il primo fa riferimento al ruolo del conteggio con le dita con la conoscenza numerica e matematica (es. Fischer, 2011)

Studi in questo ambito hanno dimostrato ad esempio che le abilità numeriche dei bambini possono migliorare dopo l'allenamento con le dita (Gracia-Bafalluy, M., & Noël, M. P., 2008). Il secondo filone di ricerca invece si è incentrato sullo studio delle possibili interazioni tra l'elaborazione dei numeri e le azioni manuali più prototipiche: Afferrare e Indicare.

Le teorie cardine di questo filone di ricerca si rifanno ai modelli di embodied cognition, i quali sostengono che i processi sensomotori siano alla base delle rappresentazioni mentali dei numeri. (Andreas, Olivers e Badets, 2008)

Diversi studi hanno dimostrato come la grandezza numerica influenzi caratteristiche della presa come, la latenza nell'iniziare le azioni di apertura e chiusura della mano. (Andres, Davare, Pesenti, Oliver e Seron, 2004).

Altri studi successivi, hanno riportato come l'influenza numeri-presa sia bidirezionale, dimostrando anche come le azioni manuali di presa possano influenzare i compiti numerici (es. Grade, Badets, & Pesenti, 2017; Ranzini et al., 2011)

Alla base del nostro studio vi sono le ultime ricerche nell'ambito dell'interazione azione-compito numerico e viceversa.

Nello specifico il nostro studio si prefiggeva di indagare in una singola sessione entrambe le interazioni, tramite analisi della cinematica, per verificare le possibili influenze dei numeri sulla azione e l'analisi dei tempi di risposta e accuratezza nei compiti numerici, i quali sulla base delle ricerche precedenti verrebbero influenzati dalle azioni manuali.

La ricerca nella sua totalità indagava due tipi di azioni manuali: quello di presa (Grasping) e quello di indicare (senza toccare- Pointing), del medesimo oggetto.

Per quanto riguarda i compiti numerici, lo studio indagava gli effetti nei compiti di stima di Magnitude, determinare se un numero sia maggiore o minore di 5, e di identificazione dell'ordine, determinare se una sequenza di 3 cifre sia ordinata o no.

La seguente analisi si concentrerà solo sul compito di stima di Magnitude, analizzando gli effetti delle azioni manuali su quest'ultimo e non viceversa. Tuttavia, per completezza la sperimentazione verrà presentata per intero, al fine di far comprendere al meglio la sua strutturazione e le motivazioni alla base di quest'ultima.

Differenza sostanziale, rispetto agli studi precedenti, ereditata dal lavoro di Ranzini et al., 2022, riguarda la separazione temporale delle azioni manuali e dei compiti numerici, questa caratteristica risulta necessaria per impedire che si inneschino nel partecipante delle

associazioni implicite tra i compiti, così da poter discutere i risultati in termini di meccanismi cognitivi comuni tra numero e azione.

Per favorire la dissociazione tra i compiti il paradigma è stato progettato per indurre un adattamento motorio. Quest'ultimo induce l'adattamento neurale, ovvero la riduzione dell'attività neurale delle aree cerebrali interessate, in seguito alla ripetizione di uno stesso stimolo (per approfondimento sull'adattamento vedi Grill-Spector, K. 2006).

## Cognizione Numerica: “Triple Code Model”

Nell'ambito della elaborazione numerica, esistono diverse teorie e modelli, il principale è il “Triple Code Model” (Dehaene, S. 1992, Dehaene & Cohen, 1995).

Questo modello evidenzia l'esistenza di tre categorie di rappresentazione mentale dei numeri, che possiamo definire come rappresentazioni cardinali.

La prima categoria è relativa alla forma visiva araba dei numeri, ove i numeri sono rappresentati sotto forma di stitche, su un taccuino visuo-spaziale interno.

Ad esempio, il numero 45 sarà codificato come 4-5.

La seconda categoria è relativa alla struttura verbale dei numeri, in questo caso i numeri sono rappresentati come sequenze di parole organizzate sintatticamente. Riprendendo l'esempio precedente, in questo caso il numero “quaranta-cinque” viene codificato come “Decina (4) Unità (5), insieme costituiscono il lemma di una parola.

Le due categorie descritte non contengono informazioni semantiche, le quali sono contenute nella terza categoria, che gestisce la rappresentazione della grandezza.

In questa ultima componente del modello si recuperano le informazioni relative alla quantità o alla grandezza di un dato numero e queste informazioni poi vengono messe in relazione con le informazioni derivanti dagli altri numeri.

Un elemento importante in merito alla rappresentazione delle grandezze evidenzia come quest'ultime si possano rappresentare in una linea numerica orientata, nella quale i numeri vengono rappresentati da sinistra verso destra in ordine crescente.

La linea numerica obbedisce alla legge di Weber, la quale sottolinea come la rappresentazione dei numeri, sempre più grandi, diventi estremamente imprecisa. Tale affermazione è basata sui dati raccolti su soggetti normali (Dehaene, 1992).

Lo studio va a prendere in considerazione questa terza componente del “Triple Code Model”, andando alla ricerca di possibili effetti relativi ai compiti di confronto tra grandezze.

I principali effetti associati sono:

1. L'effetto di Grandezza (magnitude effect): riflette come, mantenendo una distanza numerica costante, i tempi di risposta per distinguere due numeri aumentino, all'aumentare della grandezza dei numeri (es. Sarà più facile distinguere 2-4 da 8-9, distanza numerica = 2, Buckley e Gillman, 1974; Moyer e Landauer, 1967)
2. L'effetto Distanza (distance effect): riflette come, i tempi di risposta in un compito di confronto di grandezze, diminuiscano con l'aumentare della distanza tra due numeri. (es. Sarà più facile distinguere 3-8 rispetto a 7-8, Moyer e Landauer, 1967)
3. L'effetto SNARC: riflette come, in compiti di identificazione di grandezza, dove si deve determinare se un numero è piccolo o grande, i tempi di reazione diminuiscono, quando vi è concordanza tra LNM e pulsante da premere (es. Premere a destra per determinare che un numero è grande, sarà più facile che premere il tasto a sinistra, Dehaene et al, 1993).

L'effetto SNARC è stato il primo strumento per andare a determinare come la LNM sia realmente orientata da sinistra a destra, dando prova di come vi sia una associazione tra spazio e grandezza numerica; infatti, i primi due effetti (distanza e grandezza) vanno a dimostrare solo, che i numeri vengono rappresentati mentalmente in ordine consecutivo, non dando una reale prova su come questo ordine venga strutturato.

### Aree corticali sottese al: "Triple Code Model"

Importante sottolineare che il modello non si basa su semplici speculazioni da parte degli autori, ma che grazie a studi di neuroimaging sui compiti numerici, sono state identificate tre aree parietali coinvolte nella elaborazione numerica.

Le aree prese in considerazione erano: il giro angolare sinistro, coinvolto nell'elaborazione linguistica, i lobi parietali posteriori superiori (PSPL), relativi alla rete visuo-spaziale, l'area orizzontale del solco intraparietale (hIPS), regione relativa alla elaborazione della grandezza di un numero, indipendentemente dal formato input del numero (arabo, verbale, grandezza analogica).

Molti studi hanno anche evidenziato come alcune aree frontali, nello specifico il giro frontale e la corteccia prefrontale siano coinvolte nei processi numerici e di calcolo (Simon et al., 2004, Klein et al., 2016)

Queste aree seppur di estremo interesse per quanto riguarda l'elaborazione numerica, non sono specifiche ed esclusive per questi compiti e vengono reclutate anche per altre azioni.

Le teorie sull'aspecificità delle aree relative alla elaborazione numerica sono supportate da uno studio fMRI (Andres. Michaux, & Pesenti, 2012), il quale ha riportato delle sovrapposizioni tra le aree neurali per l'elaborazione numerica e la discriminazione delle dita.

Un secondo studio condotto da Simon, Mangin, Choen, Le Bihan e Dehaene, 2002 aveva dapprima evidenziato come i movimenti di presa e di calcolo attivassero aree adiacenti all'interno della stessa macroregione.

### Aree Corticali sottese al Grasping

Come accennato precedentemente, il compito sperimentale prevedeva l'esecuzione di due compiti manuali, tra cui l'azione di Grasping o presa di un oggetto.

Possiamo andare a scomporre questo gesto motorio nelle sue diverse componenti e caratteristiche; In particolare si distingue una componente di trasporto del braccio (comune a entrambe le azioni considerate nella sperimentazione), la componente di presa (si differenzia in base al numero di dita impiegate e all'intenzione della presa di precisione o grossolana) e la componente di manipolazione spaziale dell'oggetto (es. sollevare un oggetto e riappoggiarlo, o cambiare la sua collocazione)

Dallo studio di Caviana-Pratesi et al., 2018 è emerso come vi siano delle componenti di attivazione specifiche per la presa che differenziano questo movimento dalle azioni di raggiungimento e puntamento.

Le aree evidenziate erano all'interno della zona parietale e corteccie frontali, relativamente all'emisfero sinistro.

Nello specifico è stata rilevata una attività maggiore nelle aree: sinistra del solco centrale, sinistra del solco precentrale (PCS), parte superiore sinistra del giro precentrale, nell'intersezione con il solco frontale superiore (PMd), parte interna del solco intraparietale anteriore sinistro (aIPS), alla giunzione del solco postcentrale sinistro e della scissura di Silvio, nella porzione dorsale dell'area di Broca nella parte sinistra del giro frontale inferiore, nella porzione anteriore alla PMv (corteccia premotoria ventrale) e subcorticalmente a sinistra del Talamo. Assieme alla attivazione delle aree relative alla area motoria supplementare (SMA) e nella parte mediale del cervelletto.

In relazione allo studio da noi condotto è necessario un approfondimento in merito alla tipologia di presa, in particolare lo studio prevedeva solo una azione di presa a tenaglia (con due dita: pollice e indice) senza componenti di sollevamento o manipolazione spaziale dell'oggetto.

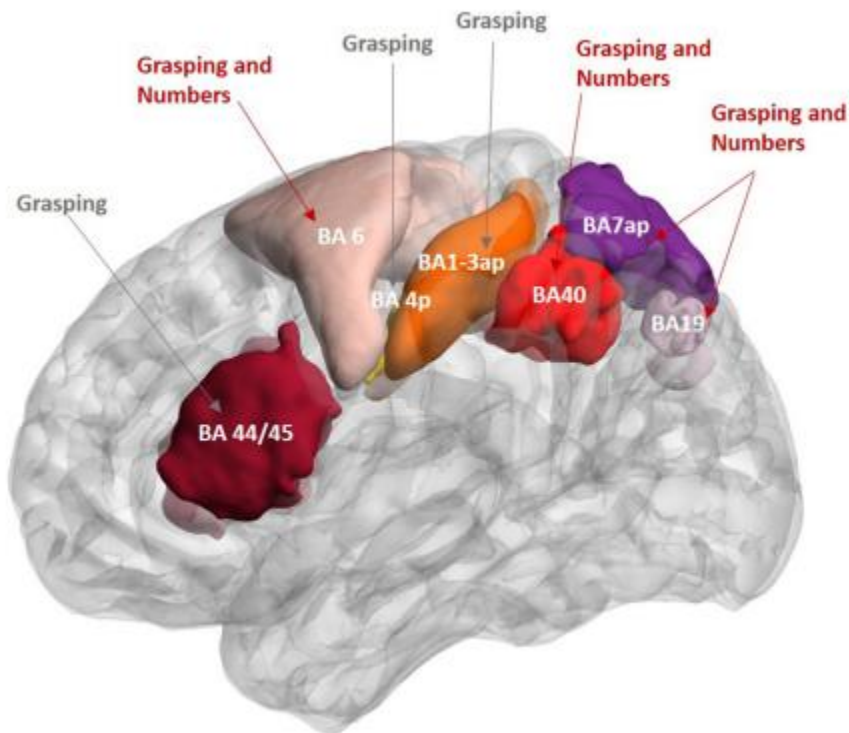
In merito a questa componente sempre nello studio di Caviana-Pratesi et al., 2018, si evidenzia una maggior attivazione della aIPS sinistra, rispetto ai compiti di raggiungere, indicare o presa grossolana.

Le evidenze alla base della attivazione specifica di aree cerebrali sottese ai compiti di grasping vengono rafforzate anche da studi successivi sia su primati non umani che di neuroimaging umano.

I quali giungono alla medesima idea che vi sia una rete cerebro dorsale fronto-parietale alla base dei movimenti di presa della mano.

Nello specifico vengono identificate all'interno dei lobi parietali, le aree coinvolte per questo movimento, le quali nello specifico sono: la parte anteriore del solco intraparietali (aIPS, indicato anche come solco intraparietale anteriore umano: hAIPS), il lobo parietale superiore (SPL); la corteccia parieto-occipitale superiore (SPOC); l'area somatosensoriale primaria (S1) (Ranzini, M., Scarpazza, C., Radua, J., Cutini, S., Semenza, C., & Zorzi, M., 2022).

Qui sotto è riportata un'immagine, che evidenzia le aree di interesse per i compiti di grasping in relazione alle aree relative alla elaborazione numerica.



(Fig 1. tratta da Ranzini et al., 2022, vengono evidenziate le aree corticali sottese alle azioni di grasping in comunione con le aree interessate nello svolgimento dei compiti numerici)



## Aree Corticali Sottese al Pointing

In merito alla azione di Pointing abbiamo preso in considerazione tra tutte le possibili combinazioni di movimento: indicare senza trasporto del braccio, indicare in maniera imprecisa con trasporto del braccio e indicare in maniera precisa con trasporto del braccio, solo il compito che prevedeva sia trasporto del braccio che indicazione precisa.

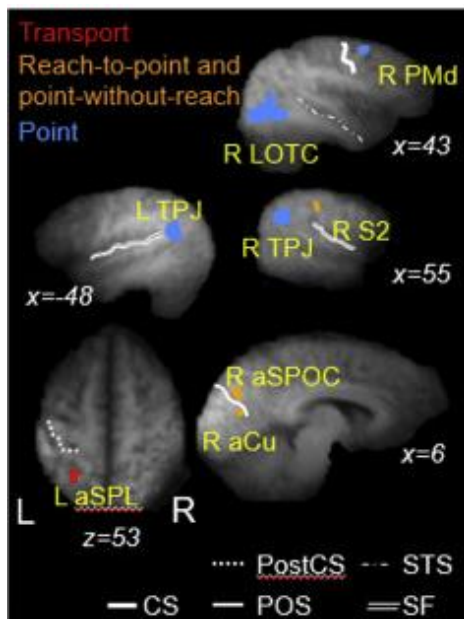
In particolare, l'azione consisteva nell'indicare l'oggetto target, con il dito indice, al centro della faccia anteriore, l'azione non prevedeva che si toccasse l'oggetto; tuttavia, per le caratteristiche prima citate, possiamo definire questo compito, come puntamento di precisione, in quanto prevede comunque una componente di trasporto del braccio e necessita che l'indice indichi in un punto specifico.

Quest'ultima componente del trasporto del braccio, evidenziata anche nella azione di Grasping, è fondamentale in quanto distingue livelli di attivazione diversi all'interno delle aree specifiche per il puntamento senza e con trasporto.

Per quanto riguarda i compiti di indicare con o senza trasporto, sono state evidenziate le seguenti aree di attivazione: il solco centrale sinistro (corteccia motoria primaria, M1), il solco postcentrale sinistro (PCS, area somatosensoriale SI), la porzione superiore sinistra del giro pre-centrale, alla giunzione con il solco frontale superiore (corteccia premotoria dorsale, PMd), l'interno del solco intraparietale anteriore sinistro (aIPS), la giunzione tra il solco postcentrale sinistro e la scissura di Silvio (area somatosensoriale secondaria, SII), la porzione anteriore della corteccia occipitale parietale superiore sinistra (aSPOC), la parte laterale del lobulo parietale superiore anteriore sinistro (aSPL, dorsale-posteriore a aIPS nella giunzione tra le aree 5 e 7 di Brodmann) e la zona sottocorticale nel talamo sinistro (pulvinare putativo).

Ulteriori attivazioni sono state riscontrate nella parete mediale del giro frontale superiore (area motoria supplementare, SMA), nel cervelletto mediale e nell'aSPL destro. (Cavina-Pratesi et al.,2018)

In merito alla distinzione tra componente trasporto del braccio e non, è stata evidenziata una attivazione maggiore nell'aSPL sinistro. (Vedi Fig 2)



(Fig 2. tratta dal lavoro di Cavina-Pratesi et al., 2018, mostra le aree di interesse nei compiti di indicare con e senza trasporto del braccio, nei compiti di solo puntamento e nei compiti di trasporto)

## METODI

### Partecipanti e Criteri di Selezione

Il protocollo sperimentale è stato sottoposto a un campione di 42 partecipanti di nazionalità italiana e non. Il numero in fase di analisi è stato ridotto a 37, per errori nella registrazione dei dati, nonostante la riduzione del numero di soggetti, è stata mantenuto invariato il protocollo di randomizzazione dei trial.

I 37 partecipanti si dividevano in 24 femmine e 13 maschi di età compresa tra i 18 e i 29anni (Media = 22.95, DS = 2,46).

I criteri di selezione dei partecipanti erano relativi a una visione normale o corretta da lenti e alla dominanza manuale, calcolata utilizzando un questionario specifico per la lateralità (LQ), (punteggio medio LQ=90.14, DS= 14,27).

I partecipanti sono stati reclutati tramite annunci presso l'Università degli Studi di Padova e tramite passaparola, non era previsto alcun compenso per la partecipazione.

Tutti i partecipanti sono stati informati sulle dinamiche della sperimentazione e hanno firmato il consenso informato.

## Strumentazione e Procedure

Il compito si svolgeva nel laboratorio di cinematica del dipartimento di Psicologia Generale dell'Università degli Studi di Padova (DPG).

La sessione sperimentale era organizzata in 2 macro-blocchi distinti per il tipo di compito numerico, ogni macro-blocco comprendeva 6 blocchi di azioni manuali, 3 per il Grasping e 3 per il Pointing, e 4 per il compito numerico selezionato (Order o Magnitude).

La randomizzazione tra i partecipanti comprendeva: il primo tipo di compito numerico da eseguire, l'ordine con cui andavano eseguite le azioni manuali e l'associazione sillaba risposta nel compito numerico.

L'ordine di esecuzione delle azioni manuali, Pointing-Grasping o viceversa, rimaneva invariato tra i 2 macro-blocchi dello stesso soggetto. Per determinare con quale ordine far eseguire i compiti e le azioni sono stati creati dei codici identificativi per ogni combinazione (es. 1.MG\_GRPO\_BABE; 2. ORDER\_GRPO\_BABE; 1. ORDER\_GRPO\_BABE; 2.MG\_GRPO\_BABE).

Vi era una divisione dei partecipanti in gruppi da 8, all'interno di ogni gruppo, tutti eseguivano i compiti numerici nello stesso ordine (es. Prima Magnitude e poi Order), mentre l'ordine di svolgimento delle azioni manuali era invertito dopo 4 partecipanti.

Venivano poi randomizzate le associazioni sillabe risposta all'interno di ogni gruppo da 4 soggetti, in modo che ognuno avesse una combinazione differente.

Ogni macro-blocco iniziava con una prima fase di washout che consisteva nel distendere le braccia e le mani e muovere le dita per 10 secondi al fine di ripristinare il sistema motorio della mano.

Questa procedura è stata ispirata dal precedente lavoro di Ranzini et al 2022 e da studi precedenti sull'adattamento motorio i quali prevedevano fasi di washout specifiche. (Majdandžić, J. et al., 2009, Cesanek, E., & Domini, F. 2017).

Terminata la fase di washout si procedeva con il primo blocco di azioni manuali, che consistevano nell'afferrare o indicare (senza raggiungere) un oggetto target, per 16 volte. Al fine di innescare l'adattamento neurale, il partecipante era inconsapevole del numero di ripetizioni che avrebbe dovuto eseguire.

L'oggetto da afferrare o indicare era un cubo di legno (dimensioni = 2x2) ed era stato posizionato a 31cm dalla posizione di partenza della mano.

La posizione di partenza consisteva nel mantenere premuto il tasto di una pulsantiera con il pollice e l'indice, la pressione era da mantenere per tutto il tempo che intercorreva tra una azione manuale e l'altra. (vedi Fig 3, pannello a)

La pulsantiera era posizionata a 6cm dal bordo del tavolo e come l'oggetto target era fissata al tavolo, sulla linea mediana dello stesso.

L'inizio della azione manuale veniva dettato da un segnale acustico e l'azione da eseguire appariva a schermo.

Da sottolineare che non era stato data alcuna specifica temporale precisa né per le tempistiche di inizio della azione, né per la durata della azione stessa, ai partecipanti veniva chiesto di iniziare l'azione dopo aver udito il segnale acustico e di eseguire il movimento come se fosse in un contesto naturale e non in laboratorio, per cui la durata di ogni singola azione veniva decisa autonomamente dal partecipante.

Le azioni manuali erano quelle di Afferrare (Grasping) e Indicare (Pointing), la prima consisteva nell'afferrare l'oggetto target con il pollice e l'indice, rispettivamente sulla faccia anteriore e posteriore del cubo, altra specifica era quella di eseguire la presa lateralmente, da destra, senza oscurare con la mano la faccia superiore del cubo, che presentava un marker per le analisi della cinematica. (vedi Fig 3, pannello b).

L'azione di Pointing consisteva nell'indicare con trasporto del braccio, la faccia anteriore del cubo, indicativamente al centro. L'azione andava eseguita tenendo pollice e indice separati, formando una L, questo sempre per consentire le analisi e registrazioni della cinematica. (vedi Fig 3, pannello c).

Al termine del blocco di azioni manuali veniva appoggiato sul tavolo, a ridosso della pulsantiera, un microfono, il quale serviva per registrare i tempi di risposta per i compiti numerici.

I partecipanti erano stati istruiti a rispondere BA/BE per indicare maggiore/minore o ordinato/disordinato a seconda del compito da eseguire. (Ranzini, M. et al.,2011, Felisatti, A. 2022)

I partecipanti venivano istruiti a rispondere in maniera chiara, il più velocemente e accuratamente possibile, evitando qualsiasi rumore che potesse essere captato dal microfono, inoltre, veniva chiesto in caso di errore di non correggersi, per evitare che la correzione venisse registrata come risposta del trial successivo.

Nei compiti di Magnitude, dovevano determinare se la cifra target (compresa tra 1-9) visualizzata a schermo, fosse maggiore o minore di 5 (unica cifra che non compariva mai).

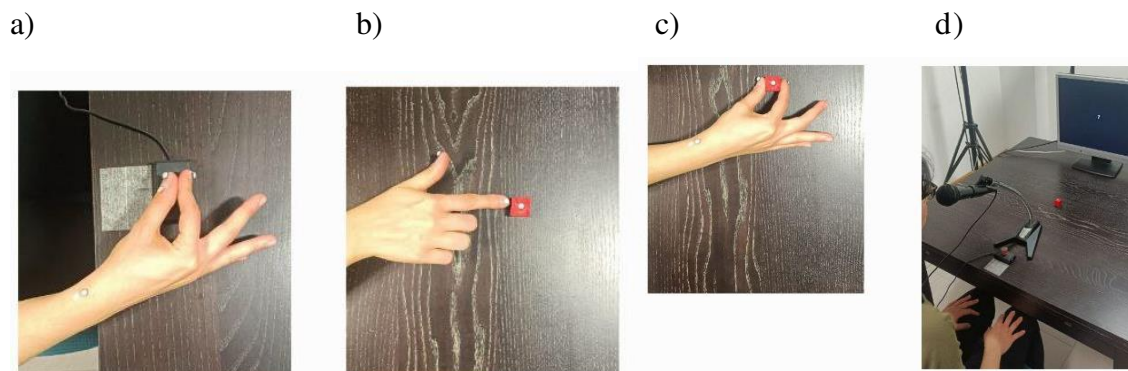
Mentre per i compiti di Order, dovevano determinare se la sequenza di 3 cifre comparsa a schermo fosse in ordine crescente, anche non sequenziale, non vi era possibilità di trovare cifre che si ripetessero o sequenze in ordine decrescente.

Come per le azioni manuali, i partecipanti erano inconsapevoli del numero di cifre o triplette presentate (32 a blocco), ed era stata dato un margine di 1,5 secondi per rispondere. Le tempistiche di presentazione dei numeri erano dettate dalla velocità di risposta dei partecipanti.

Una volta risposto il numero/tripletta a schermo veniva sostituito da una croce di fissazione e poi dal numero successivo.

Le risposte poi venivano registrate manualmente dallo sperimentatore tramite tastiera (BA=1, BE=2, NA= E).

Durante il compito numerico il partecipante doveva mantenere la posizione di riposo, che consisteva nell'appoggiare le mani sulle ginocchia, con i palmi rivolti verso il basso, tenendo le mani e le braccia il più rilassate possibili. (vedi Fig 3, pannello d)



(Fig. 3, pannello a, b, c, d, foto scattate in laboratorio)

Prima di ogni macro-blocco sperimentale, vi era una fase di test iniziale, che consisteva in una versione della prova ridotta, solo 2 azioni manuali per tipo e 2 compiti numerici per tipo, ogni azione o compito numerico prevedeva 4 esecuzioni, anche nelle fasi di test era previsto il washout.

La fase di testing iniziale era preceduta da una spiegazione del compito da parte di uno dei 2 sperimentatori, il quale oltre a mostrare come eseguire le azioni di Grasping, Pointing, Washout e Posizione iniziale/di riposo, applicava i marker per le registrazioni della cinematica sulla mano destra del soggetto.

I marker erano posizionati sull'unghia del pollice e dell'indice, all'altezza del letto ungueale,

questo per avere un punto di riferimento fisso tra i partecipanti, e un terzo applicato a ridosso del processo stiloideo. (vedi Fig 4)



(Fig 4, foto scattata in laboratorio)

I marker erano funzionali per consentire alle 6 telecamere a infrarossi posizionate attorno al tavolo di registrare i movimenti manuali e ricavare i dati relativi alla cinematica.

Le telecamere erano orientate per inquadrare solo il tavolo, la mano del partecipante e l'oggetto target delle azioni manuali. (Vedi Fig 5)



(Fig. 5, foto scattata in laboratorio)

Il corretto funzionamento delle telecamere era verificato nella fase iniziale di Calibrazione.

Veniva posizionato al centro del tavolo uno strumento che simulava l'origine degli assi di un piano tridimensionale (x,y,z), successivamente si procedeva con la registrazione di oggetti in movimento, muovendo nelle tre dimensioni una bacchetta ai quali erano stati applicati dei marker, e ricoprendo tutta la superficie del tavolo interessata dalle telecamere.

La calibrazione era adeguata con un punteggio  $DS > 0.2$ .

## ANALISI

### Analisi e Risultati

I dati relativi all'accuratezza e i tempi di risposta nei compiti numerici sono stati separati dalle informazioni relative alla cinematica e inserite in un database, il quale conteneva per ogni soggetto: il compito numerico eseguito, il blocco a cui apparteneva il compito, l'ordine di esecuzione delle azioni manuali, il numero target (nel caso dei compiti di Magnitude), la la magnitude (1-2-3-4 small e 6-7-8-9 far), la distanza dal numero target (1-2,8-9 far e 3-4,6-7 close), l'azione manuale eseguita prima del compito numerico, i tempi di risposta (NumTarget.RT), il tipo di risposta (BA=1, BE=2) e l'accuratezza delle risposte (giusta=1, sbagliata=2).

Da questi dati sono state rimosse, le risposte errate (M= 4.983108%), le risposte non date (M= 0.8234797%) ed i tempi di risposta inferiori ai 120ms (M = 1.161318%).

Inoltre, sono stati rimossi, gli outliers utilizzando come criterio 3 deviazioni standard.

La rimozione dei dati è stata necessaria in quanto la nostra variabile dipendente erano i tempi di risposta (RT) relativi alle risposte corrette.

Sui dati poi è stata condotta una ANOVA a 3 fattori, tenendo conto del tipo di azione manuale, la distanza numerica e la magnitude.

Dall'analisi ANOVA è emersa una interazione significativa tra i fattori Azione e Distanza numerica (P-value = 0.000626).

In seguito alla ANOVA sono state condotte 2 analisi di approfondimento, relative alle medie dei tempi di risposta.

Per interpretare al meglio i risultati ottenuti dalla ANOVA, sono stati creati 2 database aggiuntivi uno che comprendesse solo i dati relativi al Pointing e l'altro al Grasping (nominati rispettivamente Po e Gr). Per ogni database sono state calcolate le medie e le Deviazioni Standard dei tempi di risposta (NumTarget.RT), per i soggetti, separandole per il fattore Distanza, ottenendo così le medie dei TR per il Gr (far e close) e per il Po (far e close).

Con i dati relativi alle medie per soggetto, sono stati condotti 2 t-test, specifici per le azioni di Grasping e Pointing.

Ne è emerso che come evidenziato dalla Anova e dal grafico vi sia una differenza significativa tra le medie nei compiti di Grasping (Differenza medie = -21.87018, P-value = 9.769e-06).

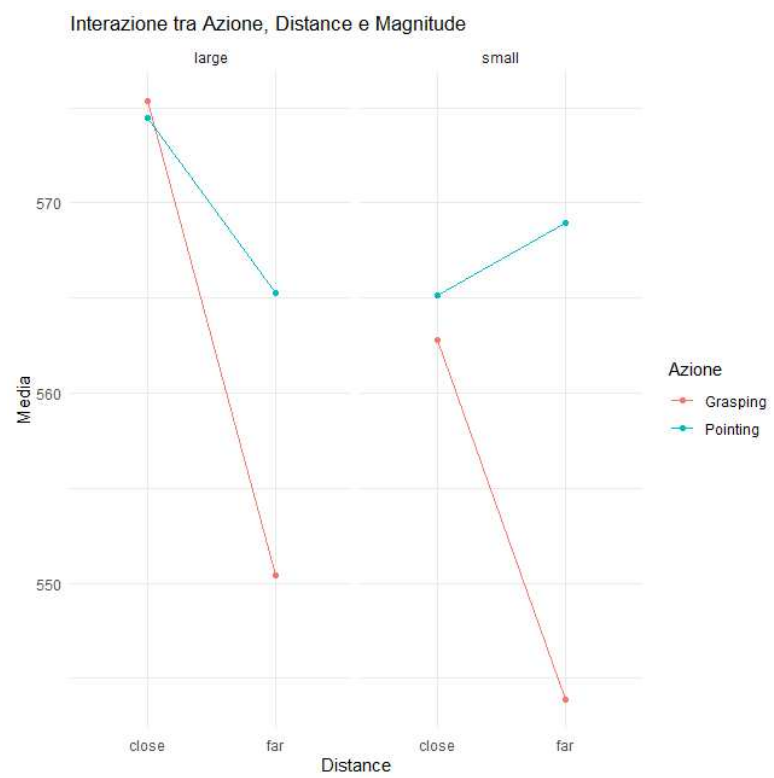
In merito ai dati del Pointing è emersa una differenza non significativa (Differenza medie = -2.206109, P-value = 0.5607).

## DISCUSSIONE

Nello studio presentato abbiamo indagato gli effetti delle azioni manuali, su un compito di confronto di grandezza.

I partecipanti hanno eseguito le azioni di Afferrare (Grasping) e Indicare (Pointing) in momenti separati, dopo ogni fase di azione veniva sottoposto il compito numerico e le risposte venivano comunicate in forma orale allo sperimentatore.

Sono state condotte due tipologie di analisi dei dati, un ANOVA a 3 fattori (Azione-Distanza-Magnitude) e 2 T-test di approfondimento, dai dati emersi abbiamo riscontrato un effetto della Azione e Distanza relativo ai compiti di Grasping, con tempi di reazione che diminuiscono significativamente tra la condizione close e far. (Vedi grafico)



(Grafico di interazione tra le medie dei tempi di risposta e la distanza, distinzione degli RT per le diverse condizioni di Magnitude, le barre ad errore sono state ricavate tramite la Deviazione standard)



Questi risultati supportano gli studi precedenti (Ranzini et al., 2022), i quali evidenziano come l'azione di presa possa influenzare l'effetto distanza, rendendo più facile la discriminazione di grandezza.

Una possibile interpretazione dei dati è da ricercarsi nella origine dell'effetto distanza, associato alla semantica dei numeri, si sottolinea come questi risultati potrebbero evidenziare meccanismi condivisi tra comprensione e cardinalità di un numero.

In particolare, i partecipanti erano più sensibili all'effetto distanza dopo aver eseguito l'azione di Grasping in quanto il compito richiedeva l'elaborazione della cardinalità del numero.

Dal grafico si può notare come l'effetto distanza sia influenzato maggiormente, quando il compito richiedeva di discriminare numeri small (<5).

Questo effetto, seppur non significativo nello studio, era già stato evidenziato da Ranzini et al., 2022 e da studi precedenti i quali avevano rilevato una possibile relazione tra compiti di presa di precisione ed elaborazione di numeri piccoli (Ranzini et al., 2011)

In merito agli effetti delle azioni di Pointing, sulla discriminazione di grandezza, si evidenzia come per i numeri big (>5), l'effetto distanza sia notevolmente ridotto e come per i numeri small (<5) vi sia una completa inversione dell'effetto distanza, portando ad un aumento dei tempi di risposta, all'aumentare della distanza numerica tra il 5 e il numero target.

Risultati simili erano già stati evidenziati dagli studi precedenti di Ranzini et., al 2022, dove veniva evidenziata la riduzione dell'effetto distanza sui numeri small.

In questo caso non solo si evidenzia una riduzione dell'effetto nei numeri big, ma una inversione dello stesso per i numeri small.

Questi dati potrebbero essere spiegati da una diversa associazione tra azione e informazione numerica, in particolare ci potrebbe essere una associazione implicita tra elaborazione delle informazioni di ordine e l'indicare, spiegata sia dalla differenza di attivazione delle aree cerebrali per i compiti di presa e indicare, ma anche relativa ad aspetti culturali.

Tipicamente associamo le informazioni relative all'ordine e il conteggio con la gestualità che prevede l'impiego singolo delle dita, in questa ottica il legame tra informazioni di ordine e azioni di puntamento potrebbero influenzare negativamente i compiti di confronto delle grandezze.

Sono necessari studi futuri che vadano a rafforzare i risultati ottenuti, in merito alla influenza della Grandezza, oltre che il tipo di azione, sull'effetto distanza per le azioni di Grasping.

Per le analisi sull'influenza del Pointing sono necessarie ulteriori conferme sull'possibile effetto distanza inverso, ai fini di determinare se si tratti di un caso singolo, dato dalla sperimentazione o di un reale possibilità.

Si sottolinea l'importanza di inserire anche gruppi di controllo per evidenziare il contributo della azione di Grasping sull'effetto distanza e sulla conseguente riduzione dei tempi di risposta in condizioni di tipologie di presa differenti o con assenza della azione.

## CONCLUSIONI

Nello studio qui presentato abbiamo sottolineato come le azioni manuali possano influenzare la risoluzione di un computo numerico di stima di grandezza.

In particolare, è stato riscontrato un accentuato effetto distanza per i compiti numerici preceduti dalla azione di Grasping, dato che sottolinea la stretta correlazione e influenza della gestualità per la elaborazione della cardinalità dei numeri.

I dati sembrerebbero propendere anche per riconfermare i risultati ottenuti da studi precedenti (Ranzini et al., 2022), i quali riportano come l'effetto distanza sia maggiore per i compiti numerici, che comprendono i numeri small ( $<5$ ); tuttavia dalle analisi condotte l'effetto non risulta avere rilevanza statistica.

Si sottolinea anche un ruolo del Pointing nella riduzione dell'effetto distanza, per i numeri big ( $>5$ ) e una inversione dell'effetto per i numeri small ( $<5$ ), questa tendenza dei dati è probabilmente data da una associazione tra le azioni di Pointing e l'elaborazione dell'ordine numerico e della conta dei numeri, associazione che porterebbe a un effetto di interferenza per l'elaborazione della grandezza.

Vengono anche riportate delle proposte per eventuali studi futuri che vadano ad indagare i fenomeni riportati sotto in più ampio spettro di condizioni.

## BIBLIOGRAFIA

- Overmann, K. A. (2014). Finger-counting in the Upper Paleolithic. *Rock Art Research*, 31(1), 63-80.
- Winter, B., Perlman, M., & Matlock, T. (2014). Using space to talk and gesture about numbers: Evidence from the TV news archive. *Gesture*, 13(3), 377–408.
- Fischer, M. H., & Brugger, P. (2011). When digits help digits: spatial–numerical associations point to finger counting as prime example of embodied cognition. *Frontiers in psychology*, 2, 260.
- Gracia-Bafalluy, M., & Noël, M. P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance?. *cortex*, 44(4), 368-375.
- Andres, M., Olivier, E., & Badets, A. (2008). Actions, words, and numbers: a motor contribution to semantic processing?. *Current directions in psychological science*, 17(5), 313-317.
- Andres, M., Davare, M., Pesenti, M., Olivier, E., & Seron, X. (2004). Number magnitude and grip aperture interaction. *Neuroreport*, 15(18), 2773-2777.
- Grade, S., Badets, A., & Pesenti, M. (2017). Influence of finger and mouth action observation on random number generation: an instance of embodied cognition for abstract concepts. *Psychological research*, 81, 538-548.
- Ranzini, M., Lugli, L., Anelli, F., Carbone, R., Nicoletti, R., & Borghi, A. M. (2011). Graspable objects shape number processing. *Frontiers in human neuroscience*, 5, 147.
- Ranzini, M., Scarpazza, C., Radua, J., Cutini, S., Semenza, C., & Zorzi, M. (2022). A common neural substrate for number comparison, hand reaching and grasping: A SDM-PSI meta-analysis of neuroimaging studies. *Cortex*, 148, 31-67.
- Grill-Spector, K. (2006). Selectivity of adaptation in single units: implications for fMRI experiments. *Neuron*, 49(2), 170-171.
- Ranzini, M., Semenza, C., Zorzi, M., & Cutini, S. (2022). Influences of hand action on the processing of symbolic numbers: A special role of pointing?. *Plos one*, 17(6), e0269557.
- Grill-Spector, K. (2006). Selectivity of adaptation in single units: implications for fMRI experiments. *Neuron*, 49(2), 170-171.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical cognition*, 1(1), 83-120.

- Buckley, P. B., & Gillman, C. B. (1974). Comparisons of digits and dot patterns. *Journal of experimental psychology*, 103(6), 1131.
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, 215(5109), 1519-1520.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of experimental psychology: General*, 122(3), 371.
- Simon, O., Kherif, F., Flandin, G., Poline, J. B., Riviere, D., Mangin, J. F., ... & Dehaene, S. (2004). Automated clustering and functional geometry of human parietofrontal networks for language, space, and number. *Neuroimage*, 23(3), 1192-1202.
- Klein, E., Suchan, J., Moeller, K., Karnath, H. O., Knops, A., Wood, G., ... & Willmes, K. (2016). Considering structural connectivity in the triple code model of numerical cognition: differential connectivity for magnitude processing and arithmetic facts. *Brain Structure and Function*, 221, 979-995.
- Andres, M., Michaux, N., & Pesenti, M. (2012). Common substrate for mental arithmetic and finger representation in the parietal cortex. *Neuroimage*, 62(3), 1520-1528.
- Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron*, 33(3), 475-487.
- Cavina-Pratesi, C., Connolly, J. D., Monaco, S., Figley, T. D., Milner, A. D., Schenk, T., & Culham, J. C. (2018). Human neuroimaging reveals the subcomponents of grasping, reaching and pointing actions. *Cortex*, 98, 128-148.
- Ranzini, M., Scarpazza, C., Radua, J., Cutini, S., Semenza, C., & Zorzi, M. (2022). A common neural substrate for number comparison, hand reaching and grasping: A SDM-PSI meta-analysis of neuroimaging studies. *Cortex*, 148, 31-67.
- Majdandžić, J., Bekkering, H., van Schie, H. T., & Toni, I. (2009). Movement-specific repetition suppression in ventral and dorsal premotor cortex during action observation. *Cerebral Cortex*, 19(11), 2736-2745.
- Cesaneck, E., & Domini, F. (2017). Error correction and spatial generalization in human grasp control. *Neuropsychologia*, 106, 112-122.
- Felisatti, A., Ranzini, M., Blini, E., Lisi, M., & Zorzi, M. (2022). Effects of attentional shifts along the vertical axis on number processing: An eye-tracking study with optokinetic stimulation. *Cognition*, 221, 104991.
- Myachykov, A., Ellis, R., Cangelosi, A. *et al.* Ocular drift along the mental number line. *Psychological Research* 80, 379–388 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0731-4>