

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

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

Tesi di laurea Triennale

**L’AFFIDABILITA’ DELL’EFFETTO SNARC: UNO
STUDIO SULLA VARIABILITA’
INTERINDIVIDUALE E INTRAINDIVIDUALE**

**RELIABILITY OF THE SNARC EFFECT: A STUDY ON
INTERINDIVIDUAL AND INTRAINDIVIDUAL VARIABILITY**

Relatore

Prof. Michele Vicovaro

Controrelatore

Prof. Mario Dalmaso

Laureando: Tommaso Patron

Matricola: 2010378

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

1. ABSTRACT	3
2. INTRODUZIONE	5
2.1. Il senso del numero	5
2.2. La linea numerica mentale	5
2.3. L'effetto SNARC	6
2.4. La misura dell'effetto	7
2.5. Il problema dell'affidabilità: variabilità interindividuale e intraindividuale...	9
3. METODO	11
3.1. Una panoramica sul presente studio	11
3.2. I partecipanti	11
3.3. L'apparato	12
3.4. La procedura	12
3.5. Gli obiettivi	14
4. RISULTATI	15
5. CONCLUSIONI	23
6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	27

1. ABSTRACT

L'effetto SNARC costituisce una robusta evidenza dell'associazione spazio-numerale. Se, tuttavia, vari studi ne hanno confermato l'affidabilità a livello di gruppo, d'altro canto c'è molta variabilità sul piano individuale. L'effetto SNARC sembra essere presente tra il 70% e l'85% dei soggetti nei campioni in cui viene rilevato; nei rimanenti o è assente o si presenta invertito nella direzione rispetto a quella prevista. In momenti differenti, poi, uno stesso soggetto può mostrare o meno l'effetto, in una o nell'altra direzione. Nel qui presente studio, viene analizzato un campione di 217 partecipanti in due sessioni differenti, poste a distanza di almeno quattordici giorni una dall'altra. Circa la metà dei soggetti svolge un compito esplicito di classificazione della grandezza; i rimanenti, svolgono un compito implicito di giudizio di parità. In primo luogo, vengono esaminati gli effetti di gruppo, con l'intento di individuare il fenomeno come da letteratura. Si passa quindi ad analisi individuali, con focus sulle variabilità interindividuali tra i soggetti nella stessa sessione e intraindividuali entro i soggetti nelle due sessioni.

2. INTRODUZIONE

2.1. Il senso del numero

Stanislas Dehane accosta il concetto di “senso del numero” all’ipotesi che alcuni animali, in particolare l’uomo, posseggano biologicamente l’abilità di comprendere, approssimare e manipolare le quantità numeriche (Deheane, 2001). Il Modello del Triplice Codice (Deheane, 1992; Deheane & Cohen, 1995) propone delle ipotesi esplicite sulla localizzazione delle aree cerebrali coinvolte nel senso del numero, su che cosa esse codifichino e su come la loro attività si coordini in compiti differenti. Secondo il modello, le informazioni numeriche possono essere elaborate mentalmente in tre formati: uno verbale, in cui i numeri sono rappresentati come stringhe di parole (e.g. sessanta-nove); uno visivo Arabico, in cui i numeri sono rappresentati come stringhe di cifre (e.g. 69); uno analogico, in cui i numeri sono rappresentati come distribuzioni di attivazione sulla linea numerica mentale.

2.2. La linea numerica mentale

La linea numerica mentale (Mental Number Line, MNL) è una delle più comuni metafore impiegate per caratterizzare la rappresentazione mentale delle quantità numeriche. Nello specifico, una quantità numerica è mentalmente rappresentata lungo una linea orientata nello spazio. Nella civiltà occidentale, i numeri più piccoli sono localizzati alla sinistra di quelli più grandi. Quando percepiamo un numero, si attiva una posizione sulla MNL; in realtà, rumore nel

sistema cognitivo e la natura analogica della MNL fanno sì che anche posizioni vicine si co-attivino. Ne consegue che più due numeri sono vicini, più le loro attivazioni si sovrappongono e più è difficile compararne la grandezza (Knops, 2018). Una delle evidenze a sostegno dell'organizzazione spaziale della rappresentazione mentale della grandezza è l'associazione spazio-numerica dei codici di risposta (Spatial-Numerical Association of the Response Codes, SNARC).

2.3. L'effetto SNARC

L'effetto SNARC venne individuato per la prima volta nel 1993 e definito come una doppia associazione di preferenza nella risposta a numeri: piccoli con sinistra e grandi con destra (Deheane, Bossini & Giroux, 1993). Nel contesto sperimentale era indagata la rappresentazione mentale di grandezza e parità/disparità di cifre comprese tra 0 e 9. Venivano registrati i tempi di risposta (Reaction Time, RT) necessari per giudicare la parità/disparità di varie presentazioni di tali cifre; le opzioni di risposta erano due tasti lateralizzati a sinistra e a destra in una tastiera (e.g. il tasto "a" e il tasto "k" sono localizzati rispettivamente a sinistra e a destra in una tastiera "QWERTY"). La doppia associazione di preferenza nella risposta a numeri è individuata da RT più veloci per cifre piccole (0, 1, 2, 3, 4) risposte con la mano sinistra e per cifre grandi (6, 7, 8, 9) risposte con la mano destra. In realtà, ad essere determinante nell'effetto SNARC non è tanto la mano con cui viene fornita la risposta, quanto la posizione relativa del tasto di risposta rispetto al soggetto. Infatti, la differenza

negli RT permane (anzi, è lievemente accentuata) quando i soggetti incrociano le mani sulla tastiera, rispondendo al tasto di sinistra con la mano destra e al tasto di destra con la mano sinistra (Deheane, Bossini & Giroux, 1993, p.383-384).

Si noti che l'associazione di numeri piccoli con sinistra e grandi con destra emergeva nonostante la grandezza relativa delle cifre nel compito fosse irrilevante per i soggetti, i quali dovevano giudicarne solamente la parità/disparità; per questo motivo, il compito è definito "implicito".

2.4. La misura dell'effetto

Per misurare l'effetto SNARC si impiegano tipicamente i delta dei tempi di reazione medi, per ciascun numero, tra risposte a destra e risposte a sinistra (indicati per brevità con ΔRT). Dal momento che in generale gli RT sono minori per le cifre piccole risposte a sinistra rispetto alle piccole risposte a destra, ci si aspetta che i ΔRT per i numeri piccoli siano positivi; specularmente ci si attende ΔRT negativi per i numeri grandi. Si osservi che più il valore assoluto di ΔRT è grande, più l'effetto SNARC è pronunciato, perché maggiore è la differenza negli RT lateralizzati e cioè maggiore è la doppia associazione di preferenza nella risposta ai numeri, che è la definizione dell'effetto.

L'approccio classico all'effetto SNARC prevede l'interpolazione dei ΔRT per ciascuna cifra con un modello lineare. La linearità viene dall'apparente

decreocere, nell'omonima maniera, dei ΔRT in funzione del crescere delle cifre considerate.

La *Figura 1* rappresenta un esempio di effetto SNARC dove i ΔRT sono stati interpolati con un modello lineare; in blu è la retta di regressione che ha, coerentemente con quanto osservato in precedenza, pendenza negativa. Si noti che in 5, ovvero dove finiscono i numeri piccoli e iniziano quelli grandi, c'è inversione della valenza dei ΔRT . Si noti anche che nell'ordinata si fa riferimento a mani e non a tasti di risposta: con la precisazione che i soggetti non hanno incrociato le mani durante le prove, non c'è confusione o perdita di generalità.

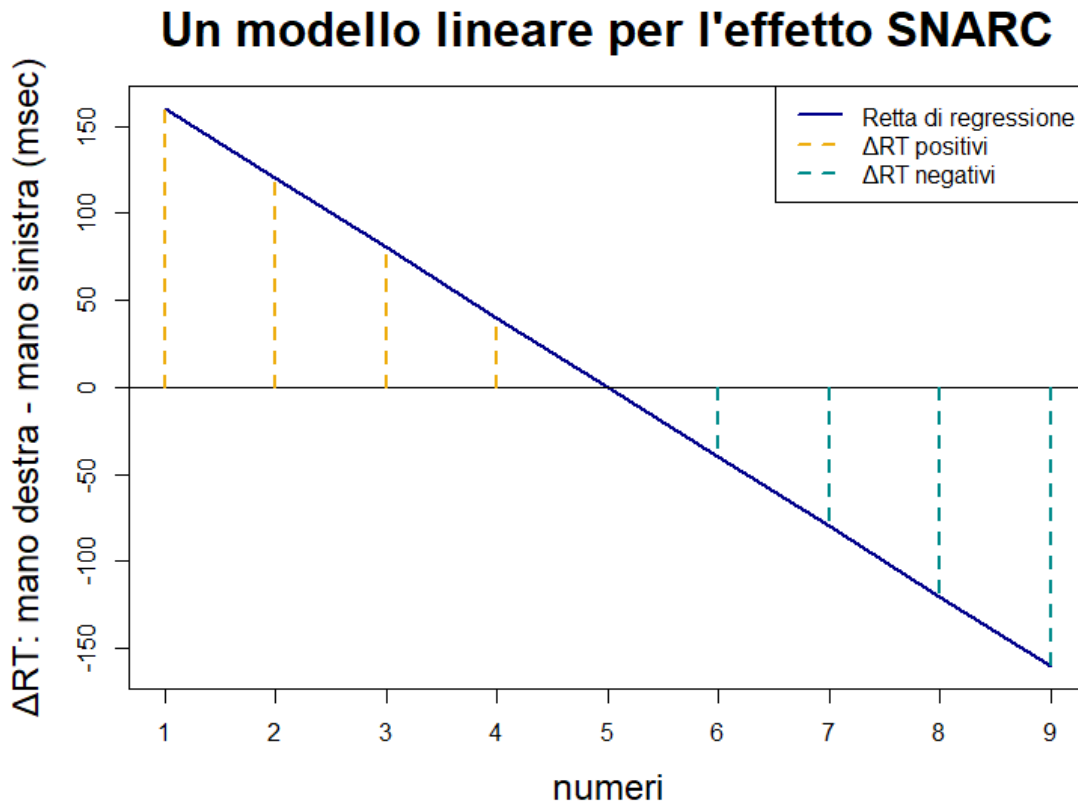


Figura 1

2.5. Il problema dell'affidabilità: variabilità interindividuale e intraindividuale

L'effetto SNARC, quando indagato a livello di gruppo con modelli lineari come descritto in 2.4 di questa tesi, è robusto (Wood et al., 2008 per una metanalisi). Sul piano individuale, invece, i risultati sono alquanto variabili.

In primis, non tutti i soggetti mostrano l'effetto SNARC. Solo una percentuale di partecipanti compresa tra il 70% e l'85% riporta pendenze negative delle rette di regressione, nella direzione dell'effetto SNARC (Cipora et al., 2019).

Uno stesso soggetto, poi, potrebbe mostrare l'effetto regolarmente o non mostrarlo mai; potrebbe esibirlo inizialmente e poi perderlo o viceversa potrebbe acquisirlo col tempo; potrebbe rivelarlo a tratti più o meno regolari e in funzione di fattori specifici, come la qualità del sonno o il consumo di stimolanti. In un recente studio del 2019, Roth et al. definiscono "drammatica" la variabilità intraindividuale dell'effetto SNARC, fallendo nel tentativo di trovare tendenze sistematiche nel tempo e correlazioni con lo stato psicofisico dei partecipanti durante le diverse sessioni sperimentali (Roth et al., 2019). Il problema dell'affidabilità, fatti salvi i risultati per il gruppo, si colloca quindi in un quadro di grande variabilità individuale.

3. METODO

3.1. Una panoramica sul presente studio

Il presente studio si propone di indagare l'affidabilità dell'effetto SNARC analizzandone la variabilità sia interindividuale che intraindividuale, attraverso due compiti e in due diverse sessioni per soggetto della durata di quindici minuti ciascuna, collocate a distanza di almeno quattordici giorni una dall'altra.

Uno dei compiti è implicito, un giudizio di parità/disparità di numeri. Il principio è lo stesso che guidò la ricerca di Dehane nel 1993 e che viene introdotto, in questa tesi, in 2.3. L'altro compito è esplicito, una classificazione di grandezza di numeri. Vengono registrati gli RT relativi a pressioni di due tasti lateralizzati in una tastiera a fronte di presentazione di cifre su schermo comprese tra 1 e 9, delle quali si è chiamati a classificare la grandezza: più piccola di 5 oppure più grande di 5.

3.2. I partecipanti

Allo studio hanno partecipato 217 soggetti (145 F, 68 M, 4 non-binari) di età compresa tra 18 e 60 anni (media 23.63 anni, 95% CI [22.78, 24.49]), 190 dei quali sono destrimani, 13 mancini e i rimanenti 14 ambidestri. I partecipanti sono stati reclutati attraverso modalità diverse, tra cui un reclutamento attraverso la piattaforma Prolific, un reclutamento durante corsi universitari in cambio di crediti aggiuntivi e conoscenze personali dei tirocinanti. Un totale di

106 soggetti (70 F, 34 M, 2 non-binari; età media 23.70, 95% CI [22.45, 24.95]; 92 destrimani, 7 mancini, 7 ambidestri) ha preso parte al compito esplicito, mentre un totale di 111 soggetti ha preso parte al compito implicito (75 F, 34 M, 2 non-binari; età media 23.57, 95% CI [22.38, 24.76]; 98 destrimani, 6 mancini, 7 ambidestri).

3.3. L'apparato

L'esperimento è stato costruito con PsychoPy3 (Pierce & MacAskill, 2018), ed eseguito sulla piattaforma online Pavlovia. Ciascun soggetto riceveva un link per partecipare dal proprio PC. Veniva raccomandato di svolgere il compito in un ambiente tranquillo e senza distrazioni. Non è stato consentito l'uso di smartphone e tablet al posto del PC, dato il ruolo centrale della tastiera nell'esperimento.

3.4. La procedura

I 217 soggetti sono stati casualmente assegnati ad uno di quattro gruppi sperimentali, corrispondenti alla combinazione dei due tipi di compito (esplicito o implicito) e di due possibili ordini di blocchi: compito esplicito congruente – incongruente; compito esplicito incongruente – congruente; compito implicito pari a sx – pari a dx e compito implicito pari a dx – pari a sx.

“congruente” nel compito esplicito si riferisce alla corrispondenza tra indice della mano sinistra per la pressione sulla tastiera, nella fattispecie del tasto “a”,

in risposta a numeri più piccoli di 5 e indice della mano destra per la pressione sulla tastiera, nella fattispecie del tasto “k”, in risposta a numeri più grandi di 5. “incongruente” nel compito esplicito, rispetto a “congruente”, prevede un chiasmo nell’associazione sinistra – piccolo e destra – grande, mantenendo invariata l’associazione tra mani e tasti. Quindi, la condizione incongruente richiede la pressione del tasto “k” con indice della mano destra per numeri piccoli e la pressione del tasto “a” con indice della mano sinistra per numeri grandi.

Nel caso del compito implicito, la differenza tra i due blocchi consisteva nell’associazione tra mano di risposta e categoria di risposta “pari” o “dispari”. In particolare, “pari a sx” significa che è richiesto di rispondere ai numeri pari con l’indice della mano sinistra sul tasto “a” e ai dispari con l’indice della mano destra sul tasto “k”; “pari a dx” significa che è richiesto di rispondere ai numeri pari con indice della mano destra sul tasto “k” e ai dispari con indice della mano sinistra sul tasto “a”. Si noti che, similmente a quanto descritto in precedenza, in “pari a dx” rispetto a “pari a sx” c’è un chiasmo nell’associazione sinistra – pari e destra – dispari ma rimane invariata l’associazione tra mani e tasti.

Sia per il compito esplicito che per il compito implicito, ad ogni soggetto, in ciascun blocco, venivano presentate 11 ripetizioni dei numeri da 1 a 9 con l’esclusione del 5, per un totale di 88 stimoli sperimentali. Gli 88 trial sperimentali erano preceduti da 8 trial di prova. Per ciascun trial era prevista una presentazione iniziale di schermo vuoto lunga 800msec; seguiva la comparsa di una croce di fissazione, al centro dello schermo, con durata 500msec e terminati i quali la croce veniva sostituita dal numero target, che

scompariva contestualmente alla risposta su tastiera del soggetto. Il tempo massimo per rispondere era di 1300msec, trascorsi i quali, in caso di risposta non data, il trial veniva etichettato come una “mancata risposta”; chiudeva un feedback, per 800msec, sulla prestazione: venivano mostrati “O” in caso di risposta corretta, “X” in caso di errore e “TROPPO LENTO” in caso di mancata risposta.

Vi erano due blocchi, cioè “congruente” e “incongruente” nel caso del compito esplicito e “pari a sx” e “pari a dx” nel compito implicito; come accennato sopra, ciascun soggetto veniva assegnato casualmente ad un certo compito e ad un certo ordine di blocchi. Dunque, in ciascuna sessione venivano mostrati un totale di 176 trial sperimentali e 16 trial di prova. In ciascun blocco l'ordine di presentazione dei numeri era casuale, con il vincolo che ciascun numero non poteva essere presentato più di due volte consecutivamente.

Ai partecipanti veniva riproposto lo stesso compito, con lo stesso ordine dei blocchi, a distanza di almeno due settimane dalla prima sessione.

3.5. Gli obiettivi

Il primo passo sarà la ricerca canonica dell'effetto SNARC, separatamente per i compiti implicito ed esplicito, con modelli lineari. Si passerà quindi ad un'analisi individuale, con l'intento di determinare quanti tra i partecipanti mostrino l'effetto nella direzione prevista, quanti in quella opposta e quanti invece non lo mostrino affatto. Sui soggetti che mostreranno l'effetto SNARC nella direzione prevista, infine, verrà di questo studiata l'affidabilità tra le sessioni.

4. RISULTATI

I dati sono processati e analizzati con l'ausilio del software R (R Core Team, 2022).

Viene inizialmente operata una pulizia dei dati raccolti. Sono del tutto eliminati dalla ricerca i risultati relativi a tre partecipanti, ciascuno con una percentuale di risposte errate o mancate maggiore o uguale al 25% in almeno una delle due sessioni dell'esperimento. In particolare, tutti e tre i soggetti avevano svolto il compito implicito. Uno di questi riporta una percentuale di risposte errate o mancate del 51.70% nella prima sessione e del 52.27% nella seconda; un altro del 48.30% nella seconda sessione; l'ultimo del 28.41% nella seconda sessione. Tra i rimanenti soggetti, le medie delle percentuali di risposte errate o mancate sono, rispettivamente, del 4.47% e dello 0.50%; poiché l'analisi verrà condotta sugli RT delle risposte corrette, vengono preliminarmente rimosse dal dataset tutte le risposte errate o mancate. Sui dati residui vengono quindi calcolate media e deviazione standard per ciascun partecipante. Sono definiti outlier quei singoli trial nei quali gli RT distano più di tre deviazioni standard dalla media individuale del singolo partecipante; una volta determinati (sono, in percentuale, l' 1.69%), sono eliminati.

Per ciascun numero, separatamente per ciascun compito e per ciascuna sessione, viene calcolato l'RT medio per le risposte con la mano sinistra e l'RT medio per le risposte con la mano destra e poi si procede a sottrarre i secondi dai primi, ottenendo così i Δ RT medi. Attraverso l'uso della funzione *lmer* dal

pacchetto *lme4* (Bates et al., 2015), sono testati cinque modelli lineari a effetti misti, di complessità crescente, per interpolare i dati. La componente fissa comprende, per tutti i ΔRT , cifra, sessione, tipo di compito e le interazioni tra i precedenti; la componente randomica, invece, è di complessità crescente tra i modelli e di fatto è quella che ne determina la diversità. I soggetti sono sempre considerati come effetto random nel modello; tuttavia, oltre all'intercetta random, ciascun modello può includere una componente random legata alla pendenza della retta numero- ΔRT , sessione- ΔRT , ecc. Secondo un *likelihood-ratio test*, il modello m4 con componente randomica che ammette sia intercetta che pendenza variabile per grandezza numerica e tipo di compito è il migliore ad interpolare i dati. In m4, l'intercetta stimata vale 44.41 msec, 95% CI [31.90, 56.93] mentre il coefficiente associato all'effetto del numero (cioè la pendenza della retta numero- ΔRT) vale -9.28 msec, 95% CI [-11.74, -6.82]. L'unico effetto significativo ($p < 0.001$) è quello del numero. Non si registra invece un effetto statisticamente significativo della sessione ($p = 0.86$) o del tipo di compito ($p = 0.49$). Inoltre, nessuna delle interazioni a due o a tre vie risulta statisticamente significativa ($p > 0.055$). A livello di gruppo, l'effetto SNARC è quindi consistente tra i diversi tipi di compito e le diverse sessioni.

Nella *Figura 2* sono rappresentati quattro raincloud plot, uno per ogni combinazione implicito/esplicito e prima/seconda sessione, che mostrano le statistiche descrittive principali tramite boxplot e sono utili a visualizzare le distribuzioni di dati per ciascun numero, nonché ad individuare le rette dei modelli lineari.

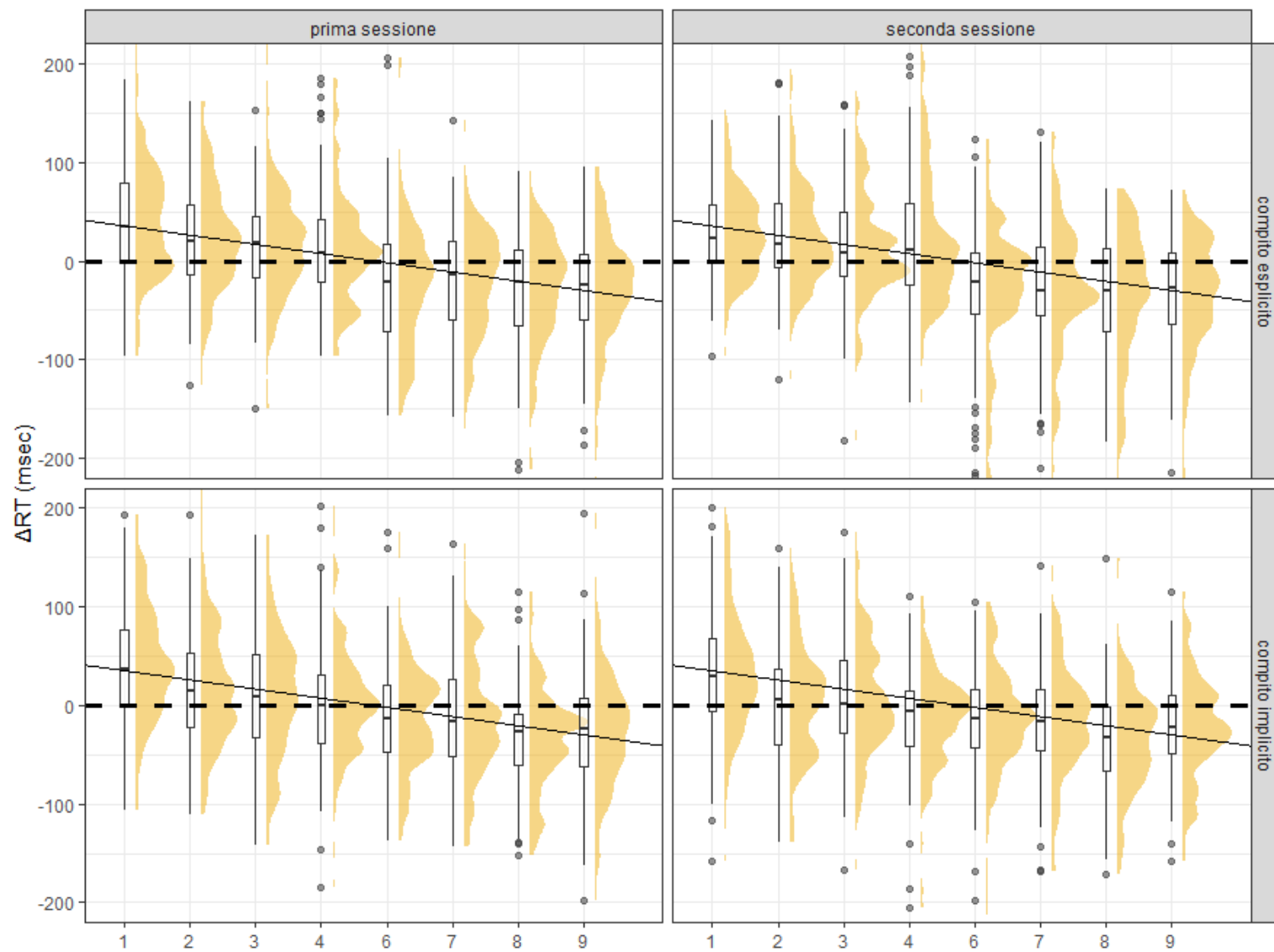


Figura 2

L'analisi è ora spostata sui singoli partecipanti. A livello individuale è difficile determinare dei criteri oggettivi per i quali si possa affermare che un singolo soggetto mostri l'effetto SNARC; per questo, vengono qui utilizzati un paio di metodi di carattere arbitrario. Una prima, poco sofisticata, regola è quella di valutare semplicemente se per un tale soggetto la pendenza b della retta di regressione che ne interpola i ΔRT è negativa. Se da un lato questo permette di indagare ed eventualmente trovare lo SNARC come da definizione, dall'altro è vero che non rende merito alcuno della grandezza dell'effetto stesso.

Si procede trovando, per ciascun partecipante e distintamente per le due sessioni, un modello lineare per ogni ottetto di ΔRT relativi alle cifre tra 1 e 9 con esclusione del 5. Si noti che trattandosi, questa volta, di un'analisi che coinvolge singoli soggetti, per individuare i modelli è adeguato e sufficiente utilizzare la funzione lm e non $lmer$.

Dei 106 soggetti con il compito esplicito, 80 (75.47%) hanno mostrato una b negativa nella prima sessione e 80 (75.47%) nella seconda (è un caso che le cifre corrispondano: alcuni soggetti sono diversi tra le sessioni. Si rimanda al penultimo capoverso del capitolo per dettagli sulla variabilità intraindividuale); dei 108 soggetti con il compito implicito sopravvissuti alla pulizia dei dati, 98 (90.74%) hanno mostrato una b negativa nella prima sessione e 91 (84.26%) nella seconda.

Un metodo più stringente della negatività di b per indagare la presenza dell'effetto SNARC sui singoli partecipanti si basa sul coefficiente di correlazione r , che è una misura della bontà dell'adattamento della regressione

lineare stimata ai dati osservati. Convenzionalmente, quando r assume valori compresi tra -0.3 e 0.3 la correlazione può dirsi trascurabile; nel caso in esame questo significa una adattabilità non significativa tra modello lineare e dati e quindi assenza dell'effetto SNARC¹. Di conseguenza, valori di $r < -0.3$ corrispondono ad una correlazione robusta nella direzione prevista, mentre valori di $r > 0.3$ corrispondono ad una correlazione robusta nella direzione opposta, indicando un effetto SNARC inverso.

Dei 106 soggetti con il compito esplicito e nella prima sessione, 70 (66.04%) hanno mostrato una $r < -0.3$, quindi un effetto SNARC robusto nella direzione prevista; 22 (20.75%) hanno mostrato una r tale che $-0.3 < r < 0.3$, quindi nessun effetto SNARC; 14 (13.21%) hanno mostrato una $r > 0.3$, quindi un effetto SNARC robusto nella direzione opposta a quella prevista. Nella seconda sessione, sempre del compito esplicito, 67 (63.21%) hanno mostrato una $r < -0.3$; 20 (18.87%) hanno mostrato una r tale che $-0.3 < r < 0.3$; 19 (17.92%) hanno mostrato una $r > 0.3$.

Dei 108 soggetti con il compito implicito e nella prima sessione, 68 (62.96%) hanno mostrato una $r < -0.3$; 38 (35.19%) hanno mostrato una r tale che $-0.3 < r < 0.3$; 2 (1.86%) hanno mostrato una $r > 0.3$. Nella seconda sessione, sempre del compito implicito, 63 (58.33%) hanno mostrato una $r < -0.3$; 38 (35.19%) hanno mostrato una r tale che $-0.3 < r < 0.3$; 7 (6.48%) hanno mostrato una $r > 0.3$.

¹ Si noti che l'approccio classico del modello lineare, con cui l'effetto SNARC è canonicamente studiato, potrebbe non essere l'unico metodo per rilevarne la presenza: studi futuri potrebbero indagarlo lateralizzato per ciascuna cifra.

Con riferimento a quest'ultimo criterio, perché più rigoroso, per affermare che un soggetto mostra o meno l'effetto SNARC, viene studiata la variabilità intraindividuale tra le sessioni.

Dei 70 soggetti che hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista nella prima sessione del compito esplicito, 50 (71.43%) riconfermano presenza e direzione dell'effetto nella seconda sessione; 9 (12.86%) non mostrano più l'effetto nella seconda sessione; 11 (15.71%) riconfermano presenza dell'effetto ma con direzione opposta nella seconda sessione. Dei 67 soggetti che hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista nella seconda sessione del compito esplicito, 13 (19.40%) non avevano mostrato l'effetto nella prima sessione e 4 (5.97%) avevano mostrato l'effetto con direzione opposta nella prima sessione.

Dei 68 soggetti che hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista nella prima sessione del compito implicito, 46 (67.65%) riconfermano presenza dell'effetto ma con direzione opposta nella seconda sessione; 18 (26.87%) non mostrano più l'effetto nella seconda sessione; 4 (5.88%) riconfermano presenza ma direzione opposta dell'effetto nella seconda sessione. Dei 63 soggetti che hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista nella seconda sessione del compito implicito, 15 (23.81%) non avevano mostrato l'effetto nella prima sessione e 2 (3.17%) avevano mostrato l'effetto con direzione opposta nella prima sessione.

Viene inoltre calcolato il coefficiente di correlazione r_{bis} tra gli r individuali della prima sessione e gli r individuali della seconda sessione, separatamente per il compito esplicito e per il compito implicito. Si indaga, in questo modo, se un buon adattamento delle regressioni lineari stimate ai dati osservati in una sessione correla o meno con un buon adattamento nell'altra sessione.

Si rileva che per i soggetti con compito esplicito r_{bis} vale 0.25 mentre per quelli con compito implicito r_{bis} vale 0.18.

Si raffina ulteriormente questa analisi. L'intento è di esplorare la variabilità intraindividuale dividendo i soggetti in gruppi in base alla forza dell'effetto registrata nella prima sessione. Avremo quindi, per ciascun tipo di compito, un coefficiente r_{bis} per i soggetti che nella prima sessione hanno mostrato un effetto SNARC robusto ($r < -0.3$), uno per i soggetti che nella prima sessione hanno mostrato un effetto nullo ($-0.3 < r < 0.3$) e uno per i soggetti che hanno mostrato un effetto nella direzione opposta a quella prevista ($r > 0.3$).

Per i soggetti con compito esplicito che nella prima sessione hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista, r_{bis} vale 0.16; per quelli con compito esplicito che nella prima sessione non hanno mostrato effetto SNARC, r_{bis} vale -0.12; per quelli con compito esplicito che nella prima sessione hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione opposta alla prevista, r_{bis} vale -0.08.

Per i soggetti con compito implicito che nella prima sessione hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione prevista, r_{bis} vale 0.14; per quelli con compito implicito che nella prima sessione non hanno mostrato effetto SNARC,

r_{bis} vale -0.26; per i due singoli soggetti con compito implicito che nella prima sessione hanno mostrato un effetto SNARC robusto nella direzione opposta alla prevista, non ha senso condurre alcuna indagine correlazionale (nel piano esiste sempre una retta passante per due punti; a prescindere dal valore dei dati, quindi, la correlazione sarebbe 1).

5. CONCLUSIONI

L'esperimento riconferma l'affidabilità dell'effetto SNARC a livello di gruppo. Da un'analisi del modello lineare scelto per approssimare i dati raccolti, si evince che tra numero, sessione, tipo di compito e le interazioni tra questi aspetti, l'unico ad essere significativo è il numero. In altre parole, l'effetto SNARC è ritrovabile sia nel compito esplicito che in quello implicito e sia nella prima che nella seconda sessione, senza differenze degne di nota tra tipi di compito e sessione.

Per quanto riguarda la variabilità interindividuale, i risultati ottenuti differiscono leggermente a seconda che il criterio utilizzato sia quello della negatività della pendenza della retta di regressione b oppure quello della grandezza del coefficiente di correlazione tra modello e dati r . Non stupisce, infatti, che con il secondo metodo, più sottile, la percentuale di soggetti che mostrano l'effetto SNARC sia di poco ridotta rispetto al primo (per il compito esplicito, 66.04% contro 75.47% nella prima sessione e 63.21% contro 75.47% nella seconda; per il compito implicito, 62.96% contro 90.74% nella prima sessione e 58.33% contro 84.26% nella seconda). Le percentuali individuate tramite b sono simili a quelle riportate nello studio di Cipora et al. del 2019, seppure non identiche (lì variavano tra il 70% e l'85% mentre nel presente esperimento spaziano tra il 75% e il 91%; si noti comunque che il 91%, trovato nella prima sessione del compito implicito è un risultato piuttosto isolato; dista circa 16 punti percentuali dai risultati del compito esplicito di entrambe le

sessioni e circa 7 punti percentuali da quello della seconda sessione dello stesso compito implicito). Considerati insieme i risultati di entrambi gli esperimenti, è quindi possibile concludere che in un campione di soggetti sui quali è studiato l'effetto SNARC, una percentuale compresa tra il 9% e il 30% o non mostra l'effetto o lo mostra nella direzione opposta a quella prevista. Lo studio del coefficiente di correlazione r permette di distinguere le percentuali di soggetti che non mostrano effetto e di quelli che lo mostrano nella direzione opposta alla prevista; si tratta di informazioni particolarmente utili per lo studio della variabilità intraindividuale, dal momento che permettono di classificare il comportamento di ciascun soggetto tra le sessioni. Prima delle conclusioni sulla variabilità intraindividuale, tuttavia, si osservi un'altra volta che due le regole qui impiegate per l'analisi della variabilità interindividuale sono arbitrarie; una valida alternativa ad esse è la procedura di *bootstrapping*, come impiegata da Roth et al. (2019).

Per quanto riguarda la variabilità intraindividuale, si rileva, in primis, che la maggior parte dei soggetti che mostrano l'effetto SNARC in una delle sessioni di uno qualsiasi dei due compiti, lo ripresenta anche nell'altra sessione (secondo il criterio del confronto dei coefficienti di correlazione r). Questo è coerente con le aspettative che intuitivamente si hanno sull'effetto: sarebbe inusuale credere che i soggetti che in tempi diversi mostrano e non mostrano l'effetto o mostrano l'effetto e ne invertono la direzione siano la maggioranza.

Si considerino ora tutti i soggetti che mostrano lo SNARC solo in una delle sessioni di uno qualsiasi dei due compiti. Si analizzino in particolare le quattro casistiche generate dalla combinazione dei due tipi di compito per l'unica

sessione (prima o seconda) in cui l'effetto è robusto nella direzione prevista. Per compito esplicito ed effetto robusto nella prima sessione, il 15.71% mostra SNARC invertito nella seconda sessione contro il 12.86% che, invece, non mostra più SNARC. Negli altri tre casi, la percentuale di chi presenta l'effetto invertito nella sessione in cui lo SNARC non è robusto è minore di quella di coloro che non lo mostrano più; nei $\frac{3}{4}$ delle situazioni, quindi, il caso meno frequente è quello dell'inversione della direzione dell'effetto. Non si tratta tuttavia di percentuali trascurabili, che arrivano, come mostrato prima, al 15.71% per chi mostra l'inversione nella seconda sessione del compito esplicito (si noti comunque che questo 15.71%, è un risultato piuttosto isolato; dista circa 10 punti percentuali dal secondo risultato più alto, il 5.97% di chi mostra l'inversione nella prima sessione dello stesso compito esplicito).

Con l'analisi correlazionale, in ultimo, si evidenzia l'assenza di correlazioni "forti" ($r_{bis} < -0.3$ o $r > 0.3$) tra le bontà degli adattamenti delle regressioni lineari stimate ai dati osservati tra la prima e la seconda sessione. Anche la classificazione degli r in base alla forza dell'effetto registrata nella prima sessione rivela solamente effetti "deboli", che si collocano in valore assoluto tra 0.08 e 0.26. In generale, questi risultati rinforzano i precedenti sulla scarsità di affidabilità dell'effetto SNARC a livello intraindividuale.

In conclusione, il presente studio mostra che la robusta affidabilità dell'effetto SNARC a livello di gruppo non è replicata né sul piano interindividuale, dal momento che fino al 30% dei soggetti non mostra l'effetto o lo mostra invertito, né su quello intraindividuale, considerate le irregolarità nella manifestazione e nella direzione dell'effetto per ciascun soggetto tra le due

sessioni. Nei limiti logistici ed economici possibili, sarebbe interessante replicare l'esperimento, in futuro, aggiungendo altre sessioni e mantenendo invariato l'alto numero di partecipanti (di fatto unendo i due punti di forza rispettivamente dell'esperimento di Roth et al. del 2019 e del presente studio); in tal modo, la variabilità intraindividuale sarebbe indagata ancora più a fondo e rimarrebbe inserita in un solido contesto di gruppo, ottimo per completare, contestualizzare e corroborare adeguatamente i risultati.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

* Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). “Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4.” *Journal of Statistical Software*, **67**(1), 1–48. [doi:10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01)

Cipora, K. et al. (2019). A minority pulls the sample mean: on the individual prevalence of robust group-level cognitive phenomena — the instance of the SNARC effect. Preprint at *psyArXiv* <https://doi.org/10.31234/osf.io/bwyr3>

Dehaene, S. and Cohen, L. 1995: Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83–120.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*(1-2), 1–42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-n](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-n)

Dehaene, S. (2001). Precis of The Number Sense. *Mind and Language*, *16*(1), 16–36. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00154>

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371–396.

Knops, A. (2018). Neurocognitive Evidence for Spatial Contributions to Numerical Cognition. In *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition* (p. 211–232). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811529-9.00011-x>

* Peirce, J. W., & MacAskill, M. R. (2018). Building experiments in PsychoPy. London: Sage.

* R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Roth, L., Knödler, V., Schwarz, S., Willmes, K., Nuerk, H. C., van Dijck, J. P., & Cipora, K. (2023). Don't SNARC me now! Intraindividual variability of the SNARC effect—insights from the Ironman paradigm. Preprint at *psyArXiv*

Wood, G., Willmes, K., Nuerk, H.-C., & Fischer, M. H. (2008). On the cognitive link between space and number: A meta-analysis of the SNARC effect. *Psychology Science*, *50*(4), 489–525.

(* = opera non direttamente consultata)