

L'adattamento prismatico nella riabilitazione dell'eme negligenza spaziale: uno studio preliminare sul ruolo del potere dei prismi

Prism adaptation in the rehabilitation of unilateral spatial neglect: a preliminary study on the role of the prismatic power

Francesco Panico¹, Deborah Ferrante², Francesca Sepe¹, Angela Arini³, Claudio Crisci³

¹Dipartimento di Psicologia, Università della Campania Luigi Vanvitelli, Viale Ellittico 31, 81100, Caserta, Italia.

²Dipartimento di Psicologia e Scienze Cognitive, Università di Trento, Corso Bettini 84, 38068, Rovereto, Trento, Italia.

³Casa di Cura Clinic Center, Viale Maria Bakunin 171, 80126, Napoli, Italia.

Abstract

L'eme negligenza spaziale è una condizione neuropsicologica che determina una compromissione della capacità di esplorazione dello spazio contro-lesionale. Uno degli approcci riabilitativi proposti per la riabilitazione dell'eme negligenza spaziale è l'adattamento prismatico (AP). L'AP è una metodica riabilitativa non invasiva che prevede l'esposizione a lenti prismatiche durante l'esecuzione di un compito di puntamento. Essa è in grado di indurre uno spostamento delle coordinate visuo e sensomotorie determinando una riduzione dei sintomi dell'eme negligenza. Tuttavia gli studi che hanno indagato l'efficacia di questo approccio riabilitativo hanno evidenziato risultati non sempre coerenti, motivando un'indagine sulle variabili in grado di influenzare i processi di adattamento e modularne l'efficacia, come ad esempio il potere dei prismi. In questo lavoro è stata confrontata l'efficacia di due protocolli riabilitativi basati sull'AP, che impiegavano rispettivamente lenti da 5 e 20 diottrie prismatiche, sul numero di omissioni in una batteria di prove di cancellazione, rispetto ad un gruppo di pazienti di controllo. I risultati hanno mostrato una significativa riduzione del numero di omissioni nei pazienti sottoposti al trattamento che utilizzava lenti da 20 diottrie rispetto agli altri due gruppi. Nel complesso, questi risultati forniscono prove preliminari a sostegno del ruolo svolto dal potere diottrico nel miglioramento dei sintomi dell'eme negligenza mediante l'AP. Inoltre, questi risultati si inseriscono nella letteratura che sostiene l'efficacia dell'AP nella riabilitazione dell'eme negligenza, sebbene siano necessari ulteriori studi per definirne gli aspetti metodologici ottimali nelle applicazioni cliniche.

Parole chiave

potere diottrico; neuroriabilitazione; adattamento prismatico; adattamento visuo-motorio; negligenza spaziale unilaterale; eme negligenza.

Autore responsabile per la corrispondenza: Francesco Panico, Dipartimento di Psicologia, Università della Campania Luigi Vanvitelli, Viale Ellittico 31, 81100, Caserta, Italia, francesco.panico@unicampania.it

Abstract

Unilateral spatial neglect is a neuropsychological deficit determining an impairment of the ability to explore the contra-lesional space. A promising approach in the rehabilitation of spatial neglect is Prismatic Adaptation (PA). PA is a non-invasive rehabilitation method involving exposure to prismatic lenses during the execution of a pointing task. PA is able to induce a shift in the visual-and sensory-motor systems, resulting in a reduction of neglect symptoms. However, the studies investigating the effectiveness of PA have shown inconsistent results, prompting an investigation of the variables able to affect adaptation processes and to modulate effectiveness, such as the power of the prisms. In this study, the effectiveness of two PA protocols, which respectively used lenses of 5 and 20 prismatic diopters, was compared on the number of omissions in a battery of cancellation tests, compared to a group of control patients. The results showed a significant reduction in the number of omissions in patients undergoing the treatment using 20 diopters lenses as compared to the other two groups. Overall, these results provide preliminary evidence in support of the role of prismatic power in improving neglect symptoms by PA. Furthermore, these results are in keeping with the literature supporting efficacy of PA in neglect rehabilitation, although further studies are needed to define the optimal methodological aspects in the clinical application.

Keywords

dioptric power; neurorehabilitation; prism adaptation; visuo-motor adaptation; unilateral spatial neglect; neglect.

Introduzione

L'emeinieggenza spaziale è una condizione neuropsicologica contraddistinta da una compromissione della capacità di esplorare, percepire, agire e prestare attenzione all'emicampo controlaterale all'emisfero danneggiato (Cubelli, 2017). Negli anni recenti molti studi hanno dimostrato che il trattamento riabilitativo dell'emeinieggenza può utilizzare efficacemente l'adattamento prismatico (AP; Angeli et al., 2004; Frassinetti et al., 2002; Gutierrez-Herrera et al., 2020; Shiraishi et al., 2008), una tecnica non invasiva che richiede ai pazienti semplicemente di puntare il proprio dito nella direzione di diversi bersagli visivi durante l'esposizione a lenti prismatiche che deviano il campo visivo verso destra (Rossetti et al., 1998). Tale deviazione del campo visivo determina un errore nella stessa direzione dello spostamento imposto dai prismi, definito errore terminale. Ripetuti movimenti di puntamento consentono l'attivazione di processi di compensazione e adattamento che determinano una correzione dell'errore terminale, per cui i pazienti diventano in grado di raggiungere il bersaglio nella sua posizione reale (Redding et al., 2005). In seguito alla rimozione delle lenti prismatiche, nel ripetere lo stesso compito di puntamento, si osserva un errore nella direzione opposta alla deviazione prismatica, che prende il nome di effetto postumo e che si esaurisce in tempi relativamente brevi (Prablanc et al., 2020; Rossetti et al., 1998).

Diversi studi hanno mostrato che l'AP è in grado di ridurre le manifestazioni sintomatologiche dell'emeinieggenza (Angeli et al., 2004; Frassinetti et al., 2002; Làdavas et al., 2011; Rossetti et al., 1998; Serino et al., 2006) con risultati però non sempre coerenti (Nys et al., 2008; Rousseaux et al., 2006; Turton et al., 2010). Queste incongruenze hanno suggerito l'idea che alcune variabili clinico-anatomiche e alcune differenze nelle procedure utilizzate possano modulare le risposte dei pazienti e giocare un ruolo cruciale nell'efficacia della tecnica (Facchin et al., 2013; Goedert et al., 2020; Lunven et al., 2019; Rode et al., 2015). Un fattore che modula i processi di rimodellamento dispiegati durante l'AP consiste molto probabilmente nel potere diottrico dei prismi utilizzati (Facchin et al., 2013; Làdavas et al., 2011; Michel et al., 2003; Morris et al., 2004; Redding & Wallace, 2006; Rossetti et al., 1998; Turton et al., 2010).

Tuttavia pochi sono gli studi che hanno indagato il ruolo del potere dei prismi nell'efficacia riabilitativa dell'AP. Facchin e colleghi (2013) hanno utilizzato lenti da 5, 10 e 20 diottrie prismatiche per studiare la relazione del potere dei prismi con l'ampiezza e la durata dell'effetto postumo, che potrebbero essere associate ad un più consistente miglioramento dei sintomi dell'eminegligenza grazie a una più marcata sollecitazione dei sistemi di adattamento visuo-motorio (Fortis et al., 2010; Sarri et al., 2008). I risultati dello studio di Facchin e colleghi (2013) hanno mostrato che le lenti da 20 diottrie prismatiche erano in grado di indurre un effetto postumo più ampio, che tuttavia svaniva rapidamente, mentre i prismi con potere più basso sembravano indurre un effetto postumo più duraturo, che risultava essere ancora presente a 60 minuti dalla procedura di adattamento (Facchin et al., 2013). Tuttavia, il ruolo del potere dei prismi nel migliorare le manifestazioni cliniche dell'eminegligenza non è stato indagato in modo sistematico. Scopo di questo lavoro è valutare il ruolo del potere diottrico dei prismi nell'efficacia di un trattamento riabilitativo basato sull'AP. A tal fine, sono stati confrontati gli effetti di un trattamento che impiegava lenti da 5 e da 20 diottrie prismatiche sulle principali manifestazioni dell'eminegligenza. I dati presenti in letteratura consentono di formulare ipotesi sperimentali in due direzioni. In linea con i risultati mostrati da Fortis e colleghi (2010) e Sarri e colleghi (2008) è possibile ipotizzare che prismi di maggior potere siano in grado di assicurare un maggiore miglioramento delle manifestazioni cliniche dell'eminegligenza. In linea con Facchin e colleghi (2013), invece, è possibile ipotizzare che prismi di potere più basso siano maggiormente efficaci perché inducono una plasticità più a lungo termine dei sistemi di rimappaggio corticale.

Metodi

Partecipanti

Hanno preso parte allo studio 23 pazienti (15 F e 8 M; età compresa tra 33 e 81 anni, $M = 65.4$, $DS = 10.3$; tempo dalla lesione compreso tra 1-18 mesi, $M = 2.79$, $DS = 3.98$) ricoverati presso la struttura riabilitativa "Clinic Center", sita a Napoli. I pazienti erano destrimani, presentavano lesioni a carico dell'emisfero destro e diagnosi di eminegligenza per lo spazio extracorporeo di sinistra, come dimostrato da una prestazione patologica ad almeno tre test specifici per il neglect tra quelli inclusi nella batteria neuropsicologica (si vedano i paragrafi successivi). Come criteri di inclusione nel protocollo di trattamento i pazienti dovevano possedere un buon controllo della motilità del tronco e preservate capacità motorie del braccio e dell'indice ipsilesionale.

I pazienti sono stati assegnati casualmente a 3 gruppi di trattamento: 11 pazienti sono stati sottoposti ad un trattamento riabilitativo mediante AP con lenti da 20 diottrie prismatiche, in aggiunta al trattamento tradizionale di scansione visuospatiale ("Gruppo 20"; 3 M e 8 F; età compresa tra 55 e 81 anni, $M = 69.2$, $DS = 8.2$; tempo dalla lesione compreso tra 1-6 mesi, $M = 2.18$, $DS = 1.60$); 8 pazienti sono stati sottoposti ad un trattamento riabilitativo mediante AP con occhiali da 5 diottrie prismatiche in aggiunta al trattamento di scansione visuospatiale ("Gruppo 5"; 3M e 5F; età compresa tra 33 e 74 anni; $M = 61$; $DS = 12.4$; tempo dalla lesione compreso tra 1-18 mesi, $M = 3.62$, $DS = 5.97$); 4 pazienti hanno svolto il solo trattamento di scansione visuospatiale senza AP ("Gruppo di Controllo"; 2M e 2F; età compresa tra 50 e 70; $M = 64$; $DS = 9.3$; tempo dalla lesione compreso tra 1-6 mesi, $M = 2.35$, $DS = 1.69$). Tutte

le procedure sono state condotte nel rispetto degli standard etici e garantendo la protezione dei dati di carattere personale.

Valutazione dell'eminogligenza

I pazienti sono stati sottoposti a prove di cancellazione carta e matita, ovvero il test di cancellazione di stelle (Halligan et al., 1990), il test di Albert (1973), il test di cancellazione di lettere (Vallar et al., 1994), il test di cancellazione di simboli (Vallar et al., 1994) e il test di cancellazione di campanelle (Vallar et al., 1994). Il punteggio a queste prove è stato attribuito considerando il numero di omissioni per la parte sinistra e destra dello spazio, e il loro totale (un punteggio maggiore corrisponde ad una prestazione peggiore).

Adattamento Prismatico

Per il trattamento con AP sono stati utilizzati, a seconda del gruppo di assegnazione, lenti da 5 o 20 diottrie prismatiche, che inducono una deviazione del campo visivo verso destra lungo l'asse orizzontale, rispettivamente di 2.86° e 11.31° (Facchin et al., 2013).

Tutti i partecipanti hanno effettuato un compito di puntamento, costruito con il software MATLAB (versione r2014b) ed eseguito su un computer provvisto di supporto sensibile al contatto, con lo scopo di rilevare la posizione del movimento eseguito. Lo schermo era collocato ad una distanza dal paziente di circa 50 cm, raggiungibile mediante l'estensione degli arti superiori.

Ai partecipanti è stato chiesto di effettuare il puntamento nel modo più rapido e preciso possibile partendo da una posizione di partenza (il proprio sterno), a cui tornare prima di eseguire il puntamento successivo (Redding & Wallace, 2002). Il paziente doveva eseguire tale compito prima dell'esposizione ai prismi (Pre-Esposizione, Pre-E), mentre indossava le lenti prismatiche (Esposizione) e subito dopo aver rimosso i prismi (Post-Esposizione, Post-E; Panico et al., 2016).

Durante la fase di Pre-Esposizione (27 puntamenti) ai pazienti è stato chiesto di puntare con l'indice della mano destra verso un punto che appariva in maniera casuale in 3 possibili posizioni sullo schermo (al centro oppure 160 pixel a sinistra o a destra rispetto al centro; Panico et al., 2016).

Una tavoletta di legno costruita su misura (28 x 52 x 28 cm), combinata con una mantella nera, è stata usata per nascondere la parte prossimale dell'arto, lasciando visibile solo la mano e il dito indice del paziente (condizione "visibile", per i primi 9 puntamenti), o per nascondere l'intero arto durante tutto il movimento di puntamento (condizione "invisibile" per i successivi 18 puntamenti). In entrambe le condizioni il puntino era visibile ai partecipanti, ma nella condizione invisibile essi dovevano eseguire il movimento al di sotto della tavoletta di legno (Panico et al., 2016).

Successivamente i partecipanti dovevano indossare le lenti prismatiche (fase di Esposizione), ed eseguire 90 puntamenti in condizione visibile, per permettere il pieno sviluppo dell'adattamento alle nuove coordinate visuo-percettive (Panico et al., 2016). La visibilità del movimento di puntamento nella fase di Esposizione è essenziale per assicurare lo sviluppo dei processi di ricalibrazione e riallineamento spaziale (Panico et al., 2016).

Nella fase di Post-Esposizione, in seguito alla rimozione delle lenti, i pazienti dovevano eseguire 18 puntamenti in condizione invisibile, senza ricevere alcuna informazione sulla loro prestazione. L'impossibilità di conoscere l'esito del puntamento nella condizione di Post-Esposizione è cruciale per valutare il riallineamento, evitando risposte ulteriori di adattamento motorio (Panico et al., 2016).

Nelle due settimane di trattamento, i partecipanti durante il primo giorno completavano entrambe le condizioni di puntamento, visibile e invisibile, mentre negli altri giorni eseguivano solo la parte invisibile.

Trattamento di scansione visuospatiale

Tutti i pazienti reclutati svolgevano un trattamento riabilitativo fondato sul trattamento di scansione visuospatiale di Pizzamiglio e colleghi (1992), che prevedeva compiti di esplorazione visuospatiale e di disegno su matrice di punti con diversi livelli di facilitazione.

Procedura

Il trattamento mediante AP (Gruppo 20, Gruppo 5) prevedeva 10 sedute di esposizione a lenti prismatiche della durata di circa 15 minuti; la riabilitazione è stata erogata con una cadenza di 5 volte a settimana, per due settimane consecutive. Il trattamento di scansione visuospatiale cui erano sottoposti tutti i pazienti (Gruppo 20, Gruppo 5; Gruppo di Controllo) è stato somministrato quotidianamente per circa 40 minuti per l'intera degenza del paziente in clinica, che si protraeva solitamente per 2 mesi.

Al termine della riabilitazione i pazienti sono stati poi valutati con la stessa batteria di test utilizzata per la valutazione preliminare.

Analisi dei dati

I punteggi alle prove di cancellazione sono stati confrontati mediante il Test di Wilcoxon per campioni dipendenti. Il Test di Wilcoxon si è infatti dimostrato essere una buona statistica nei casi di alta disomogeneità del campione in termini di variabili come genere, lesione, distanza dall'evento, ridotta ampiezza campionaria (< 30) (Albano & Testa, 2002; Barbaranelli & D'Olimpio, 2007). Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software SPSS (IBM SPSS Statistics 20). Il livello di significatività è stato fissato a $p < 0.05$.

Risultati

Il Test di Wilcoxon a campioni dipendenti ha mostrato che la media delle omissioni nel campo visivo di sinistra, di destra, e totali, era significativamente minore dopo il trattamento per il Gruppo 20 (cancellazione sinistra $z = -2.934$; $p < .003$; cancellazione destra: $z = -2.447$; $p < .014$; cancellazione totale: $z = -2.936$; $p < .003$; Figura 1), indicando un miglioramento del quadro sintomatologico.

Per contro, nei pazienti del Gruppo 5, il Test di Wilcoxon non ha mostrato differenze significative tra prima e dopo il trattamento (cancellazione sinistra: $z = -1.820$; $p < .069$; cancellazione destra: $z = -1.192$; $p < .233$; cancellazione totali: $z = -1.680$; $p < .093$; Figura 1), evidenziando una relativa stabilità dei sintomi eminatentivi.

Allo stesso modo, per il Gruppo di Controllo, i risultati del Test di Wilcoxon a campioni dipendenti hanno riportato differenze non significative tra i punteggi prima e dopo il trattamento alle prove considerate (cancellazione sinistra: $z = -.730$; $p < .465$; cancellazione destra: $z = -1.826$; $p < .068$; cancellazione totali: $z = -.736$; $p < .461$; Figura 1).

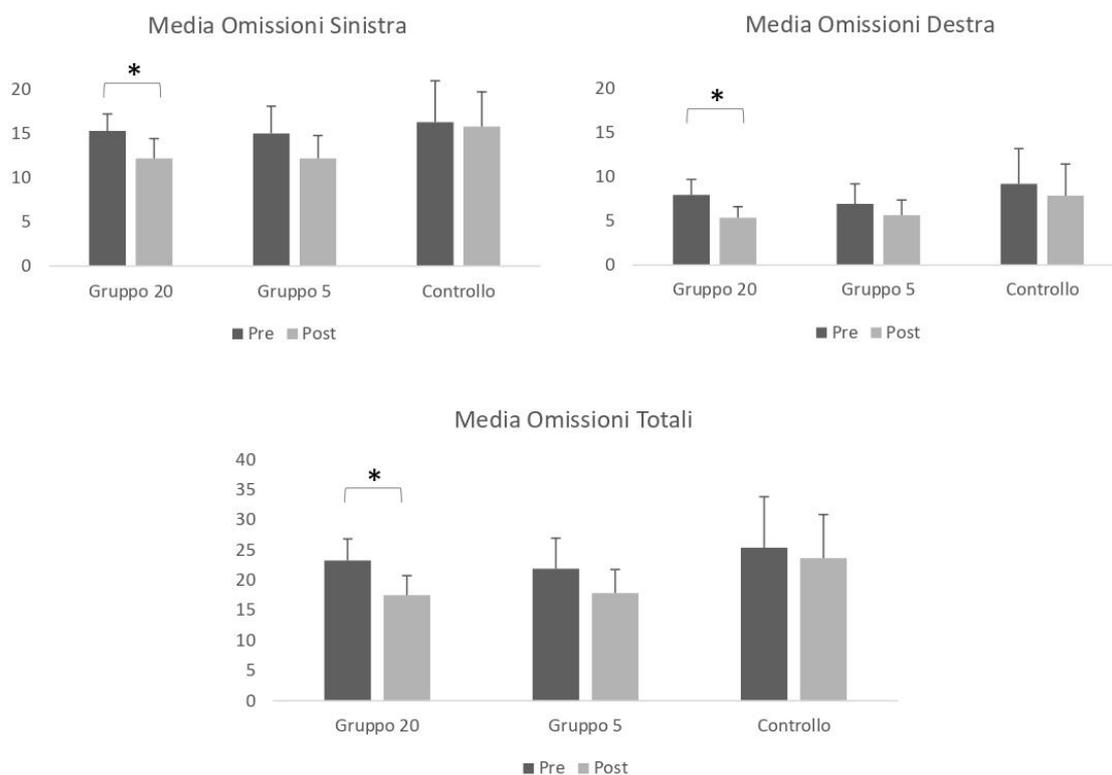


Figura 1. Risultati delle prove di cancellazione.

Media ed errore standard delle omissioni alle prove di cancellazione per ciascun gruppo di pazienti per l'emispazio sinistro, l'emispazio destro ed il relativo totale, prima e dopo il trattamento. I confronti significativi al test di Wilcoxon a campioni dipendenti sono indicati da: *.

Discussione

Diversi studi hanno dimostrato come l'AP possa essere efficace nella riabilitazione dell'eminogligenza (Angeli et al., 2004; Frassinetti et al., 2002; Luauté et al., 2006; Rossetti et al., 1998), senza richiedere uno sforzo volontario da parte del paziente e in assenza di effetti collaterali (Bowen et al., 2013). Nonostante ciò non tutte le ricerche hanno evidenziato un miglioramento significativo dei sintomi dell'eminogligenza in seguito all'AP (Nys et al., 2008; Turton et al., 2010). Tra i fattori che sembrano influenzare l'efficacia dei processi di rimodellamento dispiegati durante l'AP, un ruolo cruciale potrebbe essere svolto da caratteristiche legate ai prismi (Facchin et al., 2013). Lo studio ha inteso valutare se il

potere diottrico dei prismi potesse influenzare l'efficacia della riabilitazione mediante l'AP, confrontando gli effetti di un trattamento che utilizza lenti da 5 e da 20 diottrie prismatiche sul miglioramento dei sintomi dell'eminegligenza. I risultati hanno mostrato che il trattamento da 20 diottrie prismatiche è stato efficace nella riduzione delle omissioni alle prove di cancellazione, mentre i gruppi che eseguivano il trattamento da 5 diottrie prismatiche o sottoposti al solo trattamento visuospatiale non hanno evidenziato differenze significative prima e dopo il trattamento. Da questi dati emerge, dunque, che l'AP è efficace nella riabilitazione dell'eminegligenza, in accordo con precedenti evidenze (Farnè et al., 2002; Frassinetti et al., 2002; Làdavas et al., 2011; Rossetti et al., 1998; Serino et al., 2006). Inoltre, il miglioramento significativo osservato nel gruppo sottoposto ad AP con lenti ad alto potere conferma l'ipotesi che il potere diottrico dei prismi influenza l'efficacia della riabilitazione. In particolare, i prismi di maggior potere risultano in grado di assicurare un miglioramento più consistente delle manifestazioni cliniche dell'eminegligenza, in quanto inducono una più forte sollecitazione dei sistemi di adattamento visuo-motorio, in linea con i risultati mostrati da Fortis e colleghi (2010) e Sarri e colleghi (2008). Va notato tuttavia che, sebbene non sia statisticamente significativo, l'andamento dei dati sembra evidenziare un effetto benefico anche del trattamento con prismi di potere più basso. Studi futuri su un campione maggiore di partecipanti consentiranno di confermare i risultati qui presentati e di evidenziare la durata dei miglioramenti nel tempo, mediante prove di valutazione a distanza di un mese dall'interruzione del trattamento. Allo stesso modo, il miglioramento significativo osservato nel gruppo sottoposto ad AP con lenti ad alto potere, rispetto ai pazienti che hanno eseguito il solo trattamento di scansione visuospatiale, richiede ulteriori indagini al fine di verificare il diverso impatto che i due approcci terapeutici possono avere sull'efficacia terapeutica. A tale proposito, precedenti studi hanno confrontato l'AP con il trattamento visuospatiale (Priftis et al., 2013; Spaccavento et al., 2016) non rilevando, tuttavia, differenze significative tra i due trattamenti. Sarà necessario a questo punto verificare ulteriori aspetti, come eventuali differenze nella stabilità dei miglioramenti e possibili tipologie di pazienti su cui i trattamenti risultino più efficaci. Va evidenziato altresì che il nostro disegno sperimentale prevedeva due settimane di trattamento, mentre gli studi classici sull'efficacia del trattamento di scansione visuospatiale dimostrano miglioramenti significativi a seguito di un mese di riabilitazione (Pizzamiglio et al., 1992). Pertanto è possibile che la finestra temporale utilizzata sia troppo breve per evidenziarne l'efficacia. Va in ogni caso segnalato il notevole interesse nell'ambito della riabilitazione cognitiva di trattamenti in grado di ridurre la sintomatologia in una finestra temporale ridotta e la possibilità di agire senza che sia richiesto uno sforzo consapevole da parte del paziente (Bowen et al., 2013).

Conclusioni

In conclusione, questo studio si aggiunge alla letteratura scientifica specifica che mostra come l'AP sia efficace nella riabilitazione dell'eminegligenza. Inoltre, i dati raccolti sostengono l'ipotesi che il potere diottrico sia in grado di influenzarne l'efficacia, contribuendo dunque allo sviluppo di procedure riabilitative più efficaci. Nonostante il nostro studio abbia evidenziato risultati interessanti, le nostre conclusioni vanno considerate tenendo presenti alcune importanti limitazioni. Infatti, l'ampiezza campionaria dello studio è relativamente piccola, eterogenea per quanto concerne genere, età, sede

lesionale e fase di stabilizzazione dei sintomi. Pertanto, i risultati e le osservazioni correnti dovranno essere replicati in campioni più ampi e omogenei. Andranno inoltre valutati i risultati a lungo termine dei miglioramenti descritti attraverso misurazioni nel tempo a trattamento interrotto. Sarà infine interessante correlare in studi futuri l'ampiezza degli effetti sensorimotori dell'AP (ad esempio dell'effetto postumo) con i miglioramenti ottenuti sui sintomi eminenti.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare il Professore Luigi Trojano per la disponibilità nel supervisionare le fasi di questo lavoro. Si ringrazia inoltre il personale sanitario della Casa di Cura Clinic Center.

Bibliografia

- Albano, R., & Testa, S. (2002). *Statistica per la ricerca sociale*. Carocci, Roma.
- Albert, M. L. (1973). A simple test of visual neglect. *Neurology*, *23*(6), 658–664. <https://doi.org/10.1212/WNL.23.6.658>
- Angeli, V., Benassi, M. G., & Làdavas, E. (2004). Recovery of oculo-motor bias in neglect patients after prism adaptation. *Neuropsychologia*, *42*(9), 1223–1234. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.01.007>
- Barbaranelli, C., & D'Olimpio, F. (2007). *Analisi dei Dati con SPSS I. Le Analisi di Base*. Led Edizioni Universitarie.
- Bowen, A., Hazelton, C., Pollock, A., & Lincoln, N. B. (2013). Cognitive rehabilitation for spatial neglect following stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2013*(7). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003586.PUB3>
- Cubelli, R. (2017). Definition: Spatial neglect. *Cortex*, *92*, 320–321. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.03.021>
- Facchin, A., Beschin, N., Toraldo, A., Cisari, C., & Daini, R. (2013). Aftereffect induced by prisms of different power in the rehabilitation of neglect: A multiple single case report. *NeuroRehabilitation*, *32*(4), 839–853. <https://doi.org/10.3233/NRE-130908>
- Farnè, A., Rossetti, Y., Toniolo, S., & Làdavas, E. (2002). Ameliorating neglect with prism adaptation: Visuo-manual and visuo-verbal measures. *Neuropsychologia*, *40*(7), 718–729. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00186-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00186-5)
- Fortis, P., Maravita, A., Gallucci, M., Ronchi, R., Grassi, E., Senna, I., Olgiati, E., Perucca, L., Banco, E., Posteraro, L., Tesio, L., & Vallar, G. (2010). Rehabilitating Patients With Left Spatial Neglect by Prism Exposure During a Visuomotor Activity. *Neuropsychology*, *24*(6), 681–697. <https://doi.org/10.1037/a0019476>
- Frassinetti, F., Angeli, V., Meneghello, F., Avanzi, S., & Làdavas, E. (2002). Long-lasting amelioration of visuospatial neglect by prism adaptation. *Brain*, *125*(3), 608–623. <https://doi.org/10.1093/brain/awf056>
- Goedert, K. M., Chen, P., Foundas, A. L., & Barrett, A. M. (2020). Frontal lesions predict response to prism adaptation treatment in spatial neglect: A randomised controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation*, *30*(1), 32–53. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1448287>
- Gutierrez-Herrera, M., Eger, S., Keller, I., Hermsdörfer, J., & Saevarsson, S. (2020). Neuroanatomical and behavioural factors associated with the effectiveness of two weekly sessions of prism adaptation in the treatment of unilateral neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, *30*(2), 187–206. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1454329>
- Halligan, P., Wilson, B., & Cockburn, J. (1990). A short screening test for visual neglect in stroke patients. *International Disability Studies*, *12*(3), 95–99. <https://doi.org/10.3109/03790799009166260>
- Làdavas, E., Bonifazi, S., Catena, L., & Serino, A. (2011). Neglect rehabilitation by prism adaptation: Different procedures have different impacts. *Neuropsychologia*, *49*(5), 1136–1145. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.044>
- Luauté, J., Halligan, P., Rode, G., Jacquin-Courtois, S., & Boisson, D. (2006). Prism adaptation first among equals in alleviating left neglect: A review. In *Restorative Neurology and Neuroscience* (Vol. 24, Issues 4–6, pp. 409–418).
- Lunven, M., Rode, G., Boulton, C., Duret, C., Migliaccio, R., Chevillon, E., Thiebaut de Schotten, M., & Bartolomeo, P. (2019). Anatomical predictors of successful prism adaptation in chronic visual neglect. *Cortex*, *120*, 629–641. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.12.004>

- Michel, C., Pisella, L., Halligan, P. W., Luauté, J., Rode, G., Boisson, D., & Rossetti, Y. (2003). Simulating unilateral neglect in normals using prism adaptation: Implications for theory. *Neuropsychologia*, *41*(1), 25–39. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00135-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00135-5)
- Morris, A. P., Kritikos, A., Berberovic, N., Pisella, L., Chambers, C. D., & Mattingley, J. B. (2004). Prism adaptation and spatial attention: A study of visual search in normals and patients with unilateral neglect. *Cortex*, *40*(4–5), 703–721. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70166-7](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70166-7)
- Nys, G. M. S., De Haan, E. H. F., Kunneman, A., De Kort, P. L. M., & Dijkerman, H. C. (2008). Acute neglect rehabilitation using repetitive prism adaptation: a randomized placebo-controlled trial. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *26*(1), 1–12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18431002/>
- Panico, F., Sgagliano, L., Grossi, D., & Trojano, L. (2016). Cerebellar cathodal tDCS interferes with recalibration and spatial realignment during prism adaptation procedure in healthy subjects. *Brain and Cognition*, *105*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.03.002>
- Pizzamiglio, L., Antonucci, G., Judica, A., Montenero, P., Razzano, C., & Zoccolotti, P. (1992). Cognitive rehabilitation of the hemineglect disorder in chronic patients with unilateral right brain damage. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *14*(6), 901–923. <https://doi.org/10.1080/01688639208402543>
- Prablanc, C., Panico, F., Fleury, L., Pisella, L., Nijboer, T., Kitazawa, S., & Rossetti, Y. (2020). Adapting terminology: clarifying prism adaptation vocabulary, concepts, and methods. *Neuroscience Research*, *153*, 8–21. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2019.03.003>
- Priftis, K., Passarini, L., Pilosio, C., Meneghello, F., & Pitteri, M. (2013). Visual Scanning Training, Limb Activation Treatment, and Prism Adaptation for Rehabilitating Left Neglect: Who is the Winner? *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*(JUN). <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2013.00360>
- Redding, G. M., Rossetti, Y., & Wallace, B. (2005). Applications of prism adaptation: A tutorial in theory and method. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 29, Issue 3, pp. 431–444). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.12.004>
- Redding, G. M., & Wallace, B. (2002). Strategie calibration and spatial alignment: A model from prism adaptation. *Journal of Motor Behavior*, *34*(2), 126–138. <https://doi.org/10.1080/00222890209601935>
- Redding, G. M., & Wallace, B. (2006). Prism adaptation and unilateral neglect: Review and analysis. *Neuropsychologia*, *44*(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.04.009>
- Rode, G., Lacour, S., Jacquin-Courtois, S., Pisella, L., Michel, C., Revol, P., Alahyane, N., Luauté, J., Gallagher, S., Halligan, P., Pélisson, D., & Rossetti, Y. (2015). Long-term sensorimotor and therapeutical effects of a mild regime of prism adaptation in spatial neglect. A double-blind RCT essay. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *58*(2), 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.10.004>
- Rossetti, Y., Rode, G., Pisella, L., Farné, A., Li, L., Boisson, D., & Perenin, M. T. (1998). Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. *Nature*, *395*(6698), 166–169. <https://doi.org/10.1038/25988>
- Rousseaux, M., Bernati, T., Saj, A., & Kozlowski, O. (2006). Ineffectiveness of prism adaptation on spatial neglect signs. *Stroke*, *37*(2), 542–543. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000198877.09270.E8>
- Sarri, M., Greenwood, R., Kalra, L., Papps, B., Husain, M., & Driver, J. (2008). Prism adaptation aftereffects in stroke patients with spatial neglect: Pathological effects on subjective straight ahead but not visual open-loop pointing. *Neuropsychologia*, *46*(4), 1069–1080. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.005>
- Serino, A., Angeli, V., Frassinetti, F., & Làdavas, E. (2006). Mechanisms underlying neglect recovery after prism adaptation. *Neuropsychologia*, *44*(7), 1068–1078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.024>
- Shiraishi, H., Yamakawa, Y., Itou, A., Muraki, T., & Asada, T. (2008). Long-term effects of prism adaptation on chronic neglect after stroke. *NeuroRehabilitation*, *23*(2), 137–151. <https://doi.org/10.3233/nre-2008-23203>
- Spaccavento, S., Cellamare, F., Cafforio, E., Loverre, A., & Craca, A. (2016). Efficacy of visual-scanning training and prism adaptation for neglect rehabilitation. *Applied Neuropsychology. Adult*, *23*(5), 313–321. <https://doi.org/10.1080/23279095.2015.1038386>
- Turton, A. J., O'Leary, K., Gabb, J., Woodward, R., & Gilchrist, I. D. (2010). A single blinded randomised controlled pilot

trial of prism adaptation for improving self-care in stroke patients with neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, 20(2), 180–196. <https://doi.org/10.1080/09602010903040683>

Vallar, G., Rusconi, M. L., Fontana, S., & Musicco, M. (1994). Tre test di esplorazione visuo-spaziale: taratura su 212 soggetti normali. *Archivio Di Psicologia, Neurologia e Psichiatria.*, 55(4), 827–841.