

Stimolazioni ripetitive vestibolari e propriocettive influenzano in modo permanente l'orientamento spaziale, la percezione del movimento e facilitano la riabilitazione motoria.

Che le coordinate spaziali influenzino l'esecuzione motoria appare piuttosto ovvio. Meno evidente è invece che lo spazio e il tempo vengano percepiti in modo diverso in funzione della posizione dell'oggetto o dell'evento nel campo visivo. Ad esempio la gravità, a motivo dell'influenza sul sistema motorio, deve anche modificare la rappresentazione dello spazio e del tempo in modo coerente con le necessità motorie. Per questo la percezione dello spazio e del tempo non si può immaginare "omogenea": questa tenderà ad espandersi o a comprimersi a seconda dei luoghi in cui accadono gli eventi rispetto alla propria posizione verticale. Ciò può consentire di aumentare o diminuire le nostre capacità discriminative in funzione delle diverse necessità. E' infatti evidente che l'analisi sensitiva e l'esecuzione motoria debbano prevedere attenzioni diverse se un oggetto-evento è collocato sopra di noi, sotto, al centro o di fianco. A seconda della sua posizione vi sarà anche una diversa percezione di velocità di oggetti che si muovono sul piano verticale. Così è possibile valutare il carico gravitazionale di un oggetto, la sua traiettoria ed i tempi di movimento.

Per quanto riguarda la verticale questa deformazione temporo-spaziale appare evidente. Meno evidente, ma altrettanto importante, è l'influenza della coordinata di "centro corporeo". Un oggetto che è lontano dal nostro centro avrà bisogno di criteri di valutazione diversi rispetto ad uno che si presenta diritto davanti a noi. Basta pensare alla velocità di un oggetto che si avvicina lateralmente e quella di un oggetto che si muove davanti a noi. Anche in questo caso il gesto motorio e la percezione dovranno esaminare con attenzione diversa i due movimenti e le due velocità.

All'interno dei problemi di non omogeneità spaziale e di dipendenza esperienziale si collocano i diversi aspetti affrontati in questa tesi, infatti gli studi qui riportati si riferiscono alla percezione di movimento che viene modificata dalla posizione della testa rispetto al tronco e dalla sequenza con cui i movimenti di diversa velocità avvengono. Il punto di riferimento che è stato considerato è stato il nostro centro corporeo (in linguaggio anglosassone lo straight ahead, SH).

Si è evidenziato che sia i segnali labirintici sia quelli propriocettivi che provengono dal collo sono in grado di influenzare il centro spaziale e modificare in modo significativo la percezione di rotazione a seconda della direzione dei segnali sensoriali attivati, inoltre sono stati analizzati i possibili meccanismi alla base di modificazioni stabili delle coordinate in esame. Se infatti l'orientamento spaziale viene condizionato dalle coordinate di verticale e di centro è allora molto importante conoscere i meccanismi con cui tali coordinate vengono ricostruite e quindi la plasticità neuronale che ne consente il consolidamento. Nella presente tesi abbiamo effettuato stimolazioni sensoriali vestibolari e propriocettive che simulavano stimolazioni in vitro di esperimenti precedenti, allo scopo di indurre persistenti cambiamenti della percezione spaziale.

In relazione con quanto detto, abbiamo affrontato aspetti di apprendimento percettivi riferiti alle coordinate spazio-temporali sul piano orizzontale.

Il nostro studio sperimentale dimostra che:

- 1) Il sistema vestibolare modifica la sua percezione di velocità in funzione della sequenza con cui gli eventi rapidi si susseguono a quelli lenti.
- 2) I segnali propriocettivi del collo modificano i meccanismi di adattamento vestibolari concernenti la percezione del movimento.
- 3) Le informazioni propriocettive determinano modificazioni stabili dei sistemi di riferimento.
- 4) I meccanismi con cui tali modificazioni avvengono si basano su pattern di stimolazione simili a quelli che a livello cellulare inducono fenomeni di potenziamento a lungo termine (LTP), depressione a lungo termine (LTD) e cancellazione sinaptica. E' pertanto possibile influenzare il sistema di orientamento e spazialità utilizzando le informazioni che emergono dagli studi in vitro.

L'insieme delle osservazioni da noi effettuate consente di individuare meccanismi comportamentali che sono in grado, attraverso stimolazioni sequenziali e ripetute, di modificare sistemi di riferimento spazio-temporali che controllano la percezione e il movimento. Stimoli asimmetrici vestibolari modificano la percezione del movimento e definiscono sensibilità diverse a seconda del modo con cui sono accaduti gli eventi (prima e dopo, rapido e lento). Gli effetti sono legati alle frequenze di ingresso dei segnali vestibolari. Ugualmente queste coordinate subiscono l'influenza della propriocettività del collo come verificato con stimoli vibratorii. I cambiamenti indotti possono persistere o essere cancellati in funzione del particolare tipo di stimolazione. Segnali intensi ripetuti incrementano le risposte stabilmente, mentre segnali meno intensi le riducono o le cancellano.

Lo studio consente inoltre di definire protocolli per permettere le modificazioni plastiche nei sistemi di orientamento percettivi e motori. I meccanismi cellulari di apprendimento possono di fatto suggerire tempi ed intensità utili a consolidare nel tempo l'informazione.

Un ulteriore punto esaminato è quello che concerne l'applicazione pratica di queste tecniche.

Numerose alterazioni motorie e percettive hanno e potrebbero avere come elementi eziopatogenetici una alterazione della rappresentazione spazio-temporale. In questi casi applicare i protocolli suggeriti nel presente studio potrebbe essere di aiuto al miglioramento della condizione patologica.

Riportiamo due possibili quadri in cui l'aspetto del disorientamento spaziale è di grande rilevanza e in cui la riabilitazione spaziale potrebbe essere molto importante: Il neglect e la disgrafia.

Neglect - La manipolazione degli input vestibolari e propriocettivi del collo provoca una "correzione" centrale della rappresentazione interna dello spazio egocentrico; questa ipotesi è supportata da numerosi studi rivolti a soggetti sani e malati, affetti da sindromi come la Negligenza Spaziale Unilaterale.

Nei soggetti sani si è rilevato un pattern di movimenti oculari d'esplorazione simil-neglect, in cui il piano sagittale mediano soggettivo si mostrava significativamente deviato verso destra o verso sinistra rispetto al piano mediano oggettivo, ed ipsilateralmente alla stimolazione; al contempo i movimenti oculari si distribuivano simmetricamente ad entrambi i lati dell'asse mediano di simmetria soggettivo.

Questi risultati supportano l'ipotesi che input propriocettivi del collo e vestibolari contribuiscano direttamente alla computazione della rappresentazione centrale soggettiva dello spazio egocentrico, utilizzata per localizzare l'orientamento del corpo e per guidare il comportamento esplorativo-motorio nello spazio.

L'ipotesi su cui si basano queste proposte riabilitative è che il Neglect sia dovuto alla distorsione della rappresentazione spaziale prodotta da un substrato neurale condizionabile da input vestibolari, propriocettivi ed optocinetici. In effetti, neuroni che rispondono a tali input sono stati individuati nelle aree parieto-insulari-vestibolari (Grusser e al., 1992).

E' stato dimostrato che, associando la stimolazione dei muscoli del collo al trattamento riabilitativo tradizionale, si ottengono miglioramenti duraturi del neglect, anche in compiti visuo-motori che non sono stati utilizzati per il training (Schindler e al., 2002).

Analizzando quanto è emerso dai nostri esperimenti propriocettivi (variazione a lungo termine del TPE), resta da comprendere come possa essere utilizzata questa influenza propriocettiva in diverse condizioni patologiche.

Se il meccanismo che produce i fenomeni di neglect consiste in una erronea rappresentazione del centro corporeo e dello straight ahead, è possibile che la facilitazione osservata della percezione del movimento indotta dalla stimolazione propriocettiva vibratoria di un lato possa modificare la rappresentazione centrale delle coordinate spaziali. Sappiamo infatti che la deviazione tonica del capo da un lato facilita i segnali vestibolari del movimento dallo stesso lato. La vibrazione induce un effetto analogo e, in questo, indicherebbe una deviazione del capo, che rimane consolidata nel tempo. In definitiva, le stimolazioni vibratorie con contrazione muscolare isometrica indicherebbero uno spiazzamento della relazione spaziale del capo rispetto al tronco, dal lato vibrato. In questo schema, lo spazio di fronte al tronco non è più uno spazio centrale, ma uno spazio deviato dal lato opposto. Se la vibrazione avviene a sinistra, per esempio, lo spazio di centro viene rappresentato come spazio di destra. In un neglect di sinistra, allora la vibrazione a sinistra sposterebbe tutto il campo di osservazione a destra consentendone la percezione, pertanto applicazioni vibratorie, anche brevi, che non richiedono una notevole compliance da parte del paziente, potrebbero rappresentare uno schema terapeutico rilevante.

In conclusione riteniamo che prolungate attivazioni propriocettive unilaterali possano indurre persistenti effetti nella rappresentazione dello spazio e rimodulare centralmente gli aspetti attentivi attraverso uno spostamento del centro di osservazione spaziale.

Disgrafia - Un'ulteriore applicazione degli aspetti presentati in questa tesi, conseguenti alla possibilità di modificare a lungo termine la nostra rappresentazione dello SH e del movimento percettivo, consiste nella possibilità di interferire con i pattern motori influenzandone le coordinate temporo-spaziali.

Due aspetti importanti nell'ambito riabilitativo sono la rappresentazione interna del movimento, tramite la propriocezione e la copia efferente, e l'esecuzione motoria. Percezione e movimento sono strettamente correlati per cui rappresentazioni sensoriali non adeguate possono profondamente alterare il movimento. Inoltre sistema motorio e sensitivo devono trovare una coordinazione centrata su sistemi di riferimento temporo-spaziali comuni. A questo proposito abbiamo cercato di analizzare il problema prendendo in considerazione un gesto fine quale la scrittura.

Sappiamo infatti che alla base di una abilità complessa come quella dello scrivere ci sono moltissimi sistemi che collaborano ed interagiscono, come il cognitivo, il visivo, il propriocettivo, il motorio. Inoltre, di fondamentale importanza nel processo di scrittura, è la spazialità intesa in tutte le sue forme: organizzazione, orientamento ed integrazione spazio-temporale, conoscenza e rappresentazione dello schema corporeo, equilibrio e coordinazione, lateralità.

Per questo abbiamo motivo di credere che, modificando tramite le tecniche sopra descritte la percezione spaziale, gli effetti si possano ripercuotere anche sul sistema motorio, manifestandosi nella fattispecie nella scrittura.

Esperimenti recenti hanno dimostrato il miglioramento di difficoltà disgrafiche a seguito di stimolazioni di tipo vibratorio ad alta frequenza applicate alla mano. Questo è forse attribuibile ad un abbassamento della soglia di apprendimento propriocettivo ed ad un'attivazione aspecifica dei recettori che sollecita il sistema rendendolo più abile, più pronto ad apprendere e maggiormente responsivo, poiché grazie al trasferimento dell'attivazione dalla periferia alle aree della corteccia somatosensoriale primaria (SI) e secondaria(SII) l'apprendimento passa anche al sistema motorio.

Ci siamo chiesti se si possano indurre cambiamenti di grafia anche utilizzando stimolazioni non più per agire sulla propriocezione stessa, ma per modificare le coordinate spaziali, visto che si ritiene in generale che siano importanti nel controllo del gesto motorio.

Abbiamo pertanto deciso di condizionare dei soggetti tramite stimoli vestibolari di rotazione asimmetrica, in modo tale da spostare le coordinate spaziali interne di riferimento, per vedere se e come il sistema motorio potesse risentire di questo cambiamento dai assetto spaziale.

L'evidenza che la scrittura è resa difficile dal cambiamento della posizione del foglio rispetto al soggetto non è in grado di suggerire alcuna influenza specifica delle coordinate spaziali, perché è il movimento che richiede un cambiamento negli schemi motori e del loro controllo. Nel nostro approccio sperimentale, invece, il cambiamento della rappresentazione spaziale si è ottenuta mediante un condizionamento rotatorio asimmetrico che modifica la rappresentazione interna senza influenzare quelle esterna. Applicando questo modello sperimentale su soggetti sani abbiamo potuto verificare un'evidente alterazione della grafia con un indice disgrafico aumentato ed una distribuzione spaziale distorta. Questi esperimenti suggeriscono da un lato che le coordinate spaziali interne possono essere stabilmente modificate da stimolazioni rotatorie asimmetriche e dall'altro che l'esecuzione motoria nella grafia dipende decisamente dalla rappresentazione spaziale.