

27/10/2020

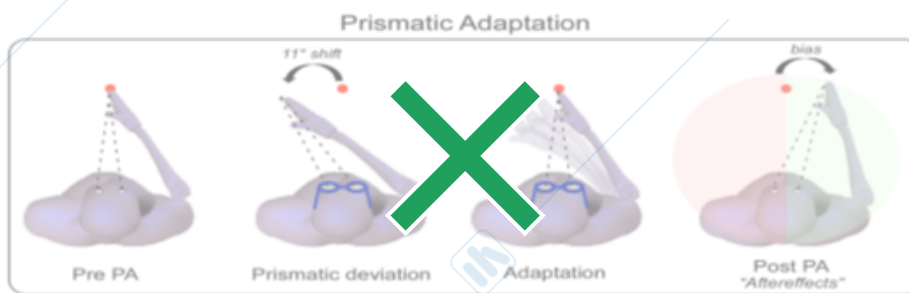
Effetto dell'adattamento prismatico sulla rappresentazione spaziale

I prismi non sono altro che degli occhiali con delle lenti che invece di essere lavorate in modo tale da correggere i difetti visivi sono tagliate a 45° e hanno uno spessore variabile. Quando noi tagliamo una lente di questo tipo a 45° quello che creiamo è una deviazione del campo visivo o verso destra o verso sinistra di 1° per ogni 2 diottrie, quindi per esempio in questo caso gli occhiali da 20 diottrie creano una deviazione del campo visivo o verso destra o verso sinistra a seconda di come le orientiamo e da dov'è la parte più spessa. I primi che utilizzarono gli occhiali prismatici furono gli psicologi della Gestalt per esperimenti di percezione. Volevano vedere come l'occhio si adattasse alla nuova realtà (capovolta).

Nel 1998 un gruppo di ricercatori francesi ha deciso di applicare i prismi ai pazienti con neglect e si sono accorti che l'uso di questi occhiali per pochi minuti creava un miglioramento del neglect della durata di due ore.

I prismi modulano e modificano quei sistemi di codifica dello spazio di basso livello, cioè quello che fanno è disallineare le coordinate visive e le coordinate motorie, cioè disallineano i campi recettivi di neuroni visivi e quelli motori, creando quindi un'incongruenza.

Questa incongruenza si pensa che spinga il sistema a cercare di risolverla, e quindi si crea di fatto nel sistema visuo-motorio una situazione di allarme perché i prismi creano una situazione completamente inattesa che il sistema non riesce a fronteggiare: il mondo visivo si sposta verso destra, quindi quello che oggettivamente è dritto davanti a noi nella realtà è in realtà spostato di 10° a destra.



Succede che il sistema progressivamente riesce a compensare questo disallineamento, e a forza di tentativi il movimento comincerà ad andare non dove l'info visiva lo porterebbe

(quindi verso l'oggi che è a destra) ma verso sinistra finché raggiunge effettivamente il bersaglio, quindi deviando verso sinistra il movimento di 10° alla fine si individua lo stimolo. Questo adattamento prismatico di fatto ci mette sette/otto tentativi e poi diventiamo si riesce a toccare il target.

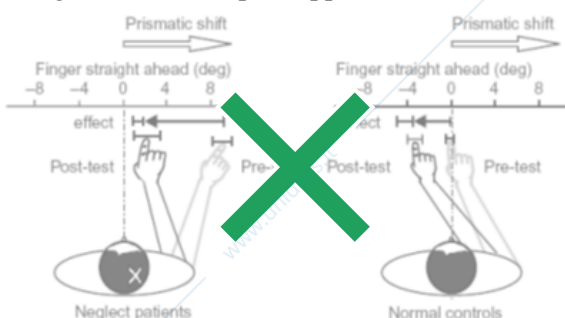
Dopo l'adattamento se si tolgono i prismi il primo movimento che il sogg. fa è un errore nella direzione opposta a quella precedente, perché il sistema motorio aveva memorizzato la correzione di 10° a sinistra del movimento per raggiungere lo stimolo, e tolti i prismi non si riallinea immediatamente perché è come se continuasse a non dare fiducia all'input visivo e quindi il primo movimento che si fa è andare di 10° a sinistra per poi ritornare a colpire il target correttamente.

E' stato ormai dimostrato che questo tipo di meccanismo di disallineamento delle coordinate visive e motorie che poi porta un adattamento attraverso una correzione del movimento è quello che si chiama un **After Effects** cioè un bias controlaterale dopo aver tolto gli occhiali prismatici.

Questo meccanismo di adattamento e di effetto post prisma è stato utilizzato per orientare nuovamente l'attenzione verso sinistra nei pazienti con neglect, perché si è scoperto che il fatto di indurre, dopo aver tolto i prismi, un movimento verso sinistra non porta verso sinistra solo i movimenti ma anche l'attenzione, e se si riesce a portare verso sinistra l'attenzione dei pazienti con neglect in qualche modo diciamo che si cura il neglect, anche se purtroppo non è esattamente così perché questo effetto dura 2 ore e poi perché se è vero

che l'attenzione viene riorientata verso sinistra e altrettanto vero che ciò non è esattamente un ritorno alla normalità.

In compiti di *straight ahead*, cioè guardare e puntare dritto davanti a sé, i pz con neglect sbagliano deviando verso destra, dopo l'adattamento prismatico l'errore si sposta verso sx. Sembra esserci quindi un riallineamento delle



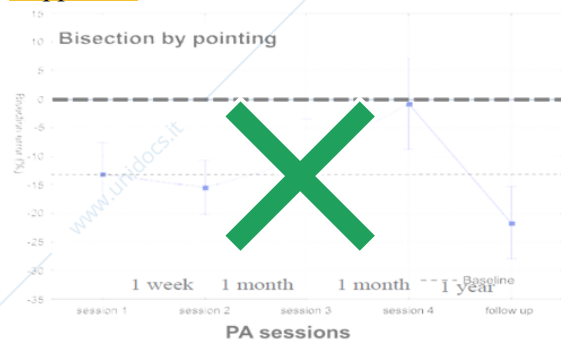
coordinate egocentriche verso lo zero, la midline. Nei soggetti normali succede lo stesso, ma essendo già precisi si ha un effetto netto di bias verso sx.

Molto interessante è che questo riorientamento dell'attenzione verso sinistra porta anche a una riattivazione della rappresentazione dello spazio sinistro, quindi se dopo l'adattamento prismatico si fanno fare ai pazienti con neglect dei disegni della margherita o la cancellazione di una sezione di Albert, il pz anche nei compiti immaginativi, com'è il disegno memoria, ritorna a disegnare la parte sinistra dello spazio.

Addirittura si è visto che l'adattamento prismatico agisce, oltre che sull'attenzione e sulla rappresentazione, sul ricordo di percorsi a memoria, e quindi dopo l'adattamento prismatico i pazienti si ricordano di girare più spesso a sinistra, mentre prima non giravano mai a sinistra; oppure si è visto che migliora anche il comportamento dei soggetti quando tornano a casa, infatti **se la terapia è protratta per più settimane gli effetti durano per alcuni mesi.**

Esperimento:

Neppi&Co



un pz interessante: neglect cronico, talmente riabilitato che gli era rimasto un neglect per la camminata e camminava verso sinistra (ipercompensazione), lesione emisfero dx e comportamento paradossale verso sinistra.

E' stata usata una terapia prismatica tradizionale: 4 sessioni di adattamento prismatico in due mesi e mezzo, ognuna da 10 minuti e poi follow up dopo un anno. Dopo la prima sessione di adattamento prismatico la bisezione rimane verso sx, ma poi migliora verso dx, cioè avviene un riequilibrio della rappresentazione; ma dopo un anno non vi era più miglioramento nei compiti di bisezione.

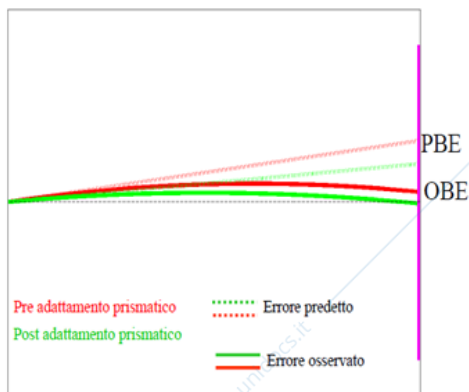
Contemporaneamente hanno analizzato anche la traiettoria della camminata attraverso dei marcatori attaccati a parti del corpo adatte a riprodurre la camminata nello spazio attraverso pc; si fanno camminare pz in uno spazio costruito in modo tale da avere sensori che ogni decimo di secondo raccolgono la posizione dei sensori nello spazio e li inviano al pc che costruisce la traiettoria.



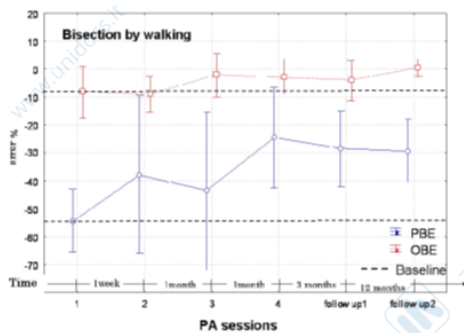
Quello che doveva fare pz era camminare il più possibile dritto lungo un segmento disegnato a terra a 3 metri di distanza, e doveva bisecarlo passandoci in mezzo, quindi si misura la bisezione fatta con il cammino. I parametri misurati: predicted bisection error (pbe) e observed bisection error (obe).

OBE: punto effettivo di attraversamento del segmento;

PBE: l'errore stimato dopo il primo passo, cioè è la proiezione del punto di arrivo sulla base della direzione definita dal primo passo.



Sia l'errore predetto che osservato migliorano per l'effetto dell'adattamento prismatico. L'errore osservato diviene quasi nullo e quello predetto migliora molto più delle aspettative. Quindi l'adattamento prismatico agisce sia sulla rappresentazione iniziale del primo passo, e migliora anche l'errore osservato, quindi migliora anche la rappresentazione.



Il miglioramento dei due indici (obe e pbe) rimaneva stabile per 12 mesi nella camminata (ma non nella bisezione).

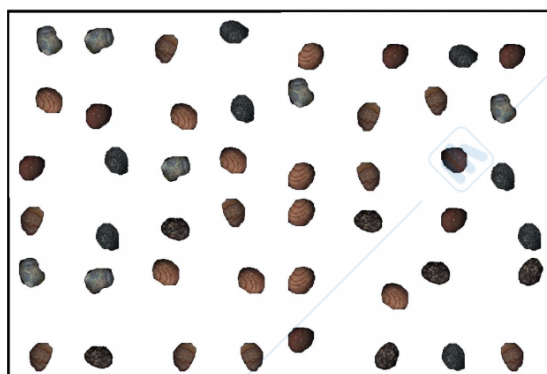
Tutto ciò vuol dire che l'adattamento prismatico è efficace nei pazienti con neglect perché riesce a bypassare il problema principale del paziente, cioè l'anosognosia che è la causa per cui il paziente non è in grado di partecipare attivamente nella riabilitazione. Se si trova dunque il modo di bypassare la parte consapevole che controlla il comportamento e si influenza la rappresentazione in modo implicito, cioè quella che guida il comportamento, allora si riescono a ottenere dei risultati

Ciò è esattamente quello che fanno gli occhiali prismatici, cioè innescano, partendo da meccanismi di basso livello, un cambiamento di alto livello della rappresentazione e quindi agiscono sul riallineamento dei campi recettivi dei neuroni che codificano lo spazio e in più riorientano movimento e attenzione verso sinistra.

Questo riorientamento di movimento e attenzione verso sinistra porta, evidentemente, a un miglioramento della rappresentazione finale.

Quindi qualunque metodo che riesca a bypassare la componente consapevole del controllo comportamentale da parte del paziente sarà un metodo efficace. Ad oggi gli occhiali prismatici sono rivelati il metodo più efficace in assoluto.

E' possibile modulare la rappresentazione spaziale sfruttando i fattori motivazionali (reward)?



Il gioco del Klondike

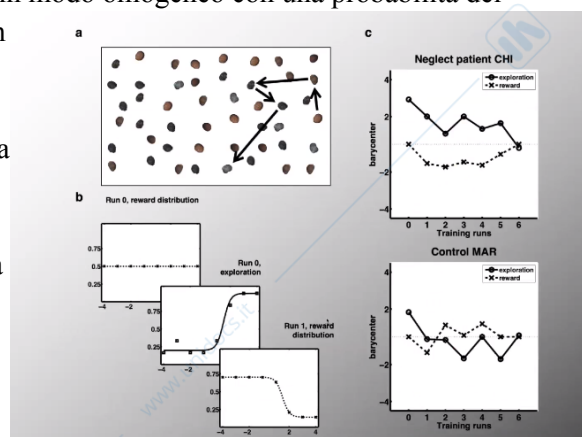
Si è cercato di capire se aumentando la motivazione nei pazienti con neglect e aggiungendo un rinforzo durante il compito che andasse aumentare ulteriormente la componente motivazionale si poteva migliorare il neglect, e quindi siamo sostanzialmente andati a valutare gli effetti della motivazione sulla rappresentazione spaziale.

Il compito consiste in un gioco in cui il paziente doveva esplorare su uno schermo delle pietre toccandole alla ricerca di pepite d'oro nascoste sotto le pietre perché (48 pietre e 24 pepite, quindi 24 tentativi). Per ogni pepita

scoperta il soggetto guadagnava 1 euro, mentre ogni volta che non scopriva nulla perdeva 50 cent e vedeva uno scorpione sotto la pietra, così da indurre il pz a non tornare nello stesso punto, se tornava compariva un punto esclamativo.

In alto a sinistra c'è rappresentato uno schema di esplorazione spaziale di un paziente con neglect, cioè che tendenzialmente esplora la parte destra dello spazio, però è stato introdotto nel gioco un algoritmo per cui il computer la prima volta che fa vedere le pepite le distribuisce in modo omogeneo con una probabilità del 50% per ogni tocco che il pz fa di trovare una pepita, perché in ogni colonna ci sono sei pietre e tre pepite.

La distribuzione di probabilità di trovare la pepita è rappresentata nel grafico in alto nella parte B della figura, nella seconda parte del grafico B c'è rappresentato il comportamento di esplorazione nello spazio del paziente e ciò che si vede è la percentuale di tocchi che ha fatto a sinistra e a destra, a sinistra ci sono pochi tocchi poi in modo abbastanza rapido la probabilità di toccare la parte destra aumenta, e tipicamente le risposte si distribuiscono secondo questa curva



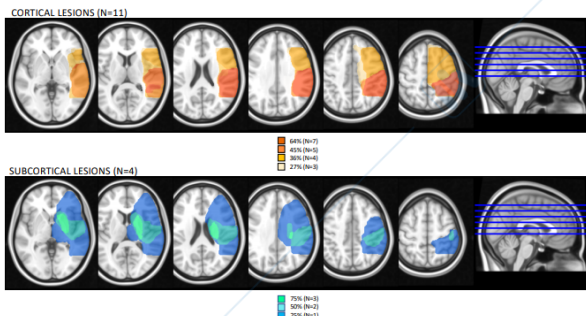
Si chiama Sigmoidale che ha una sua funzione specifica e si può interpolare facilmente con questa curva le risposte del paziente.

Nel programma è presente un algoritmo che ridistribuisce le pepite alla schermata successiva tenendo conto dei tocchi eseguiti dal soggetto nella schermata precedente, (nella Run 1, ultima immagine del grafico B e in tutte le altre fino alla Run numero 5) in modo che siano presenti nella parte opposta dello schermo rispetto alla parte prevalentemente toccata dal paziente con neglect; l'obiettivo era provare a verificare se l'esplorazione spaziale, senza che il paziente se ne accorgesse, seguisse la distribuzione della ricompensa, quindi spostando le ricompense a sinistra bisognava vedere se si riuscisse a portare verso sinistra l'esplorazione. Infatti, nella Run 1, la **Reward Distribution** è tutta spostata a sinistra e poi scende come probabilità a destra.

Nella parte C di questa figura insieme in alto a destra si può notare come si sposti il baricentro dell'esplorazione dello spazio del paziente nelle varie Run dalla 0 alla 6 e come parallelamente si sposti il baricentro di collocazione delle pepite. Il baricentro di esplorazione è sostanzialmente una specie di media ponderata audiometrica delle varie posizioni che ci dice qual è il centro della nuvola di punti che definiscono tutte le esplorazioni del paziente.

Nell'ultima Run, la 6, la distribuzione delle pepite viene rimessa a 50% come probabilità, come nella Run 0, perché ci serve per verificare se c'è stato un effetto che poi si è mantenuto. Si è visto che effettivamente il paziente, che inizialmente presenta un bias molto spostato a destra, inizia ad andare verso sinistra, e alla fine il baricentro sembra essere migliorato.

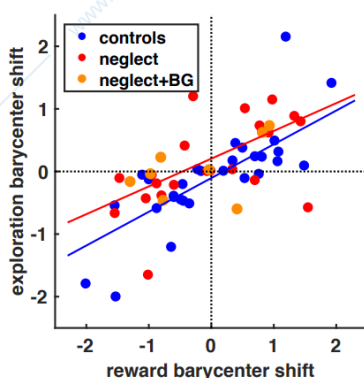
L'esperimento è stato fatto anche su un soggetto di controllo e si è visto che inizialmente esplora lo spazio in maniera verso destra, poi si sposta verso sinistra per poi tornare nuovamente a destra ecc., cioè segue nelle schermate successive lo spostamento delle pepite. Questo significa che il comportamento di esplorazione dello spazio da parte dei pazienti viene influenzato dalla distribuzione delle ricompense (sistema di Reward) nello spazio.



In studi successivi sono state mappate le lesioni cerebrali dei pazienti e quello che ne è venuto fuori è che, su 15 pazienti, 11 avevano prevalentemente lesioni corticali mentre quattro avevano lesioni che si estendevano anche alle aree sottocorticali, in particolare nei gangli della base.

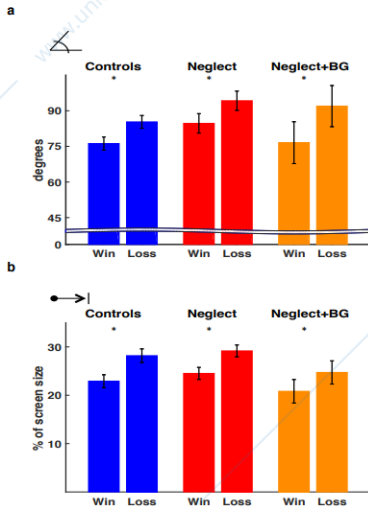
I gangli della base sono delle strutture fortemente coinvolte nell'elaborazione del contenuto e significato emotivo degli stimoli, quindi è possibile che l'effetto

della ricompensa fosse diverso a seconda di quanto queste strutture fossero lesionate oppure no.



Il rapporto statistico che c'è tra lo spostamento del baricentro dell'esplorazione lo spostamento del baricentro delle pepite è dato da una correlazione, cioè sia nei controlli che nei pazienti con neglect che hanno anche lesione dei gangli della base se si sposta il baricentro poi si spostano le pepite il paziente segue lo spostamento delle pepite, quindi il luogo dove metto le pepite influenza il comportamento di esplorazione spaziale anche se il paziente non sa di questo algoritmo e non è consapevole del fatto che le pepite vengono distribuite nello spazio dello schermo secondo questo principio.

Sono state condotte delle analisi più dettagliate disponendo di uno schermo tattile in quanto questi possono dare delle informazioni importanti sul comportamento dei soggetti e si possono trarre molte informazioni come per esempio l'ampiezza dei movimenti da un tocco e all'altro e la latenza e velocità, e queste potevano



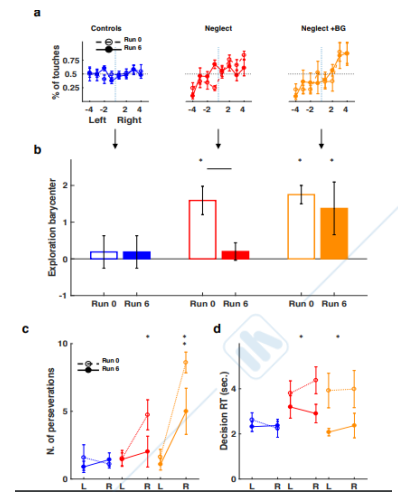
essere informazioni interessanti perché si era interessati a vedere se il fatto di trovare o meno una pepita aveva un effetto sul comportamento di risposta successivo.

L'ipotesi era che dopo aver trovato la pepita la risposta avrebbe dovuto rimanere più vicina al luogo dove c'era la pepita mentre la risposta successiva a una perdita avrebbe dovuto essere caratterizzata da uno spostamento maggiore nel tocco di una posizione. Quello che si evince dai grafici è che effettivamente succedeva così, infatti l'ampiezza in gradi della risposta *win* è più piccola di quella della risposta *Loss*, e questo in tutti e tre i gruppi.

In quest'ultima slide su questo esperimento in alto osserviamo la distribuzione delle risposte dei soggetti di controllo, dei pazienti con neglect e dei pazienti con neglect e lesione gangli della base. Nel grafico al centro c'è una semplificazione dei dati di sopra e cioè ci sono due valori: il baricentro dell'esplorazione alla Run 0 e alla Run 6. **Nei soggetti di controllo** non cambia niente mentre nei **pazienti con neglect** che come potete vedere alle run 0 c'è un bias verso destra e alla run 6 dopo le 5 run di tentativi il baricentro si sposta decisamente verso il centro e arriva a essere paragonabile il baricentro a quella dei soggetti normali; invece nel caso di **pazienti con neglect e lesione ai gangli della base** questa miglioramento non c'è.

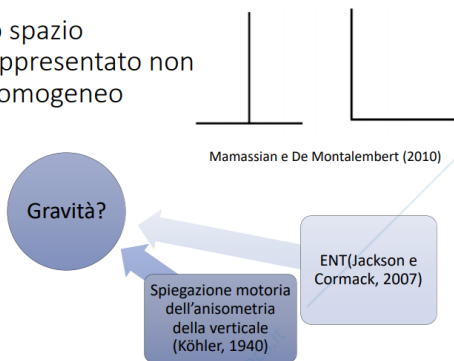
Altri parametri considerati sono *le ripetizioni o perseverazioni*, perché i pazienti con neglect tendono a toccare ripetutamente lo stesso posizione nello spazio. Le perseverazioni sono molto alte prima del compito dopo la run 6 migliorano e anche in caso di lesioni ai gangli c'è una diminuzione. L'altro parametro considerato è il *tempo di esecuzione* e quindi il tempo che intercorre tra un tocco e si può notare (in rosso) che 20 pazienti con neglect hanno un tempo di esecuzione più alto dei soggetti normali.

Quindi: **è stato dimostrato che c'è la possibilità di modulare la rappresentazione spaziale nei pazienti con neglect anche sfruttando la componente motivazionale.**



Effetti della modulazione dell'input propriocettivo sulla rappresentazione della dimensione verticale ed orizzontale.

Lo spazio rappresentato non è omogeneo



L'idea era di modulare l'input propriocettivo, quindi creare delle situazioni sperimentali in cui cambiava la percezione del peso corporeo.

Non avendo la possibilità di sperimentare l'assenza di gravità si è pensato di modulare la percezione del peso corporeo in una situazione di galleggiamento; però si voleva indagare se questo cambiamento dell'input propriocettivo cambiasse anche la rappresentazione spaziale.

Consultando la letteratura ci si è imbattuti in esperimenti che misuravano un'illusione detta **illusione orizzontale/verticale** che è un'illusione per cui se facciamo vedere due segmenti, uno in

verticale e uno in orizzontale, il segmento verticale pare più lungo di quello orizzontale anche se in realtà hanno la stessa lunghezza.

E' stata usata questa illusione come compito sperimentale in due condizioni:

-in immersione in piscina; -fuori dalla piscina.

Il compito lo svolgevano sul computer portatile in cui dovevano valutare la lunghezza di un segmento orizzontale o verticale posizionati in diverse parti dello schermo.

Questa illusione è stata spiegata in diversi modi, c'è chi sostiene che il segmento verticale in realtà potrebbe essere considerato dal sistema visuo-motorio come un indizio di profondità e in questo caso la visione di una distanza proiettata in profondità lungo quella direttrice è sovrastimata per questa interpretazione prospettica (non molto convincente).

La nostra idea era che anche la forza di gravità avesse un ruolo nella rappresentazione spaziale e in assenza di gravità non solo c'è l'annullamento degli input propriocettivi ma anche l'annullamento del l'input vestibolare, che è l'input sensibile alla forza di gravità.

Gli studi di Clément in assenza di gravità si erano occupati percezione e rappresentazione dello spazio, si erano accorti che la dimensione verticale sembrava essere percepita come più più corta e la profondità sottostimata. Veniva in assenza di gravità fatto scrivere ai partecipanti il proprio nome o cognome in verticale e la stessa cosa veniva fatta prima di partire, quello che si è visto che nome in verticale risulta più accorciato in assenza di gravità.

Quindi sono stati messi i soggetti in acqua e gli è stato chiesto di valutare l'illusione verticale/orizzontale mentre era immersi in acqua e poi fuori dall'acqua (in una versione che non siamo riusciti a portare a termine c'è una terza condizione in cui venivano anche aggiunti dei pesi al soggetto per aumentare l'input propriocettivo)

L'ipotesi era (Ipotesi alternativa è quella che andiamo a verificare):

IPOTESI NULLA

• No differenze nel modo di rappresentare la dimensione verticale e orizzontale tra la condizione di immersione e quella fuori dall'acqua

IPOTESI ALTERNATIVA

• Vi sono differenze significative tra le condizioni (diminuzione del bias della verticalità)

L'esperimento

10 soggetti sani (6 femmine e 4 maschi), età media $25,4 \pm 0,98$

Compito di confronto tra i lati lunghi di una coppia di rettangoli

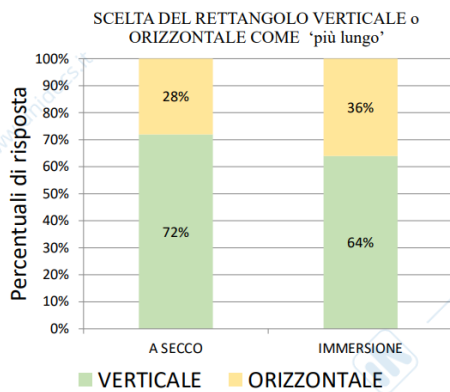
Due condizioni sperimentali:

1. Immersione parziale, galleggiamento neutrale
2. In piedi, fuori dall'acqua

Gli stimoli erano quattro rettangoli di orientamento verticale o orizzontale, potevano stare in alto in basso a destra o sinistra, in totale c'erano 200 stimoli e 40 catch trials cioè assenza di stimoli, e vi avete gli stimoli i compiti e dir se era più lungo orizzontale quello verticale



IL BIAS PER LA VERTICALITA'

**Risultati:**

In verde c'è la percentuale delle volte in cui è stato scelto il rettangolo verticale come più lungo, e come si può osservare in acqua c'è una riduzione della percentuale di risposta più lungo verticale del 8%.

Quindi sembra che la riduzione della percezione del peso corporeo porti a un cambiamento nella percezione dello spazio e in particolare la percezione della lunghezza verticale.

L'idea è che la verticalità in qualche misura abbia a che fare anche col movimento, il nostro sistema visivo le interpreti come un indizio di profondità e quindi di possibile movimento nello spazio.

Quindi in una situazione in cui il movimento deve essere adattato ad un minor peso corporeo e dove bisogna applicare meno forza per coprire la stessa distanza, allora anche lo spazio cambierà in modo congruente, infatti si avrà bisogno di uno spazio più ridotto per completare lo stesso movimento di prima.

Esperimento con volo parabolico: era uno studio sull'effetto della gravità sulla percezione di appartenenza di un arto a noi attraverso l'applicazione dell'illusione della mano di gomma.

Spatial awareness: rappresentazione consapevole del rapporto tra lo spazio e il nostro corpo nello spazio;

Body awareness: la sensazione che le diverse parti del nostro corpo appartengono a un corpo unitario.

Quello che ci interessa è la Body awareness e in particolare se alterando l'input gravitazionale alteriamo anche la rappresentazione corporea, e ancora più particolare che cosa succede all'illusione della mano di gomma in condizioni di Ipo e Iper gravità.

La domanda è: **che ruolo ha nella costruzione della rappresentazione corporea della Body awareness, e quindi nella costruzione dell'illusione della mano di gomma, la forza di gravità?**

Si è ipotizzato che dal momento in cui la forza di gravità sta alla base delle informazioni propriocettive è sicuramente molto importante nella costruzione della Body awareness, quindi se togliamo l'input propriocettivo perché togliamo la forza di gravità, cosa succede alla Body awareness? aumenta o diminuisce?

Il senso di appartenenza del nostro braccio al nostro corpo, in assenza di gravità, si indebolisce, quindi l'illusione è più efficace. E invece quando la gravità raddoppia diminuisce l'illusione della mano di gomma perché dovrebbe aumentare la Body awareness.

Risultati: è stato dimostrato che effettivamente l'illusione aumenta in assenza di gravità mentre non è stato dimostrato che si riduca in presenza di gravità aumentata.

Al momento si stanno effettuando studi sul test sull'illusione della mano di gomma in piscina, i dati sembrano dire che già in piscina l'alleggerimento del corpo comincia ad aumentare la percezione illusoria della mano di gomma.