



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA



## **Università degli Studi di Genova**

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

### **Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici**

A.A. 2016/2017

Campus Universitario di Savona

# **L'influenza della percezione visiva nella performance del runner: progetto sperimentale.**

Candidato:

Dottor Tiziano Magno

Relatore:

Dottor Luca Francini

## Indice

ABSTRACT .....	3
INTRODUZIONE.....	4
Performance reale e performance percepita .....	4
Il ruolo della vista .....	5
Cos'è la realtà virtuale e modalità di somministrazione. ....	8
Afferenze visive e movimento .....	10
Il movimento oltre la vista.....	12
MATERIALI E METODI .....	14
Introduzione .....	14
Grafico riassuntivo.....	16
Identification .....	16
Screening .....	16
Eligibility .....	16
Included.....	16
RISULTATI.....	17
Modalità di acquisizione.....	17
Somministrazione stimolo visivo .....	17
Organizzazione delle prove .....	17
Outcome .....	18
Campione.....	19
Analisi Statistica.....	19
Discussione .....	20
BIBLIOGRAFIA .....	21
APPENDICE.....	23

## ABSTRACT

Scopo di questo lavoro è elaborare un protocollo sperimentale atto a verificare se e come la somministrazione di stimoli visivi discordanti dal gesto effettivamente svolto durante la corsa, sia in grado di modificare la performance reale e quella percepita dall'atleta stesso.

Gli studi svolti precedentemente e ritrovati in letteratura si occupavano prevalentemente di indagare l'influenza della vista sul controllo del movimento o, al contrario, di studiare la variazione del movimento del corpo e della locomozione di soggetti privati del feedback visivo.

Solo pochi studi si sono occupati di indagare come si modificasse la performance del soggetto che riceve un doppio stimolo (visivo e vestibolare, visivo e tattile oppure visivo e visivo virtuale), ma nessun articolo ha mai affrontato la questione in un contesto estraneo al cammino o al semplice esercizio di equilibrio.

Pertanto, abbiamo elaborato un protocollo che studia come la percezione della fatica e del gesto stesso siano influenzabili da uno stimolo visivo discordante, nella pendenza, rispetto al task di corsa effettivamente svolto su treadmill.

Come dimostrano gli studi presenti in letteratura, la vista ha un'influenza notevole sulla percezione del movimento, tanto che essa può "ingannare" gli altri sensi e far percepire al soggetto una condizione di movimento non reale. Per fare questo è fondamentale coinvolgere la vista in una realtà diversa da quella reale e per farlo è possibile ricorrere all'utilizzo della realtà virtuale.

Secondo quanto ipotizzato nel nostro protocollo, uno stimolo visivo di corsa in pendenza, somministrato al buio e senza riferimenti esterni, dovrebbe ingannare sufficientemente i soggetti e convincerli di correre in pendenza. Ovviamente l'effetto non può essere paragonabile a un reale cambio di inclinazione del treadmill.

È quindi possibile ipotizzare che lo stimolo visivo, da solo, sia in grado di modificare la percezione della performance da parte del soggetto.

## INTRODUZIONE

**Scopo di questo lavoro è elaborare un protocollo sperimentale atto a verificare se e come la somministrazione di stimoli visivi discordanti dal gesto effettivamente svolto durante la corsa, sia in grado di modificare la performance reale e quella percepita dall'atleta stesso.**

### **Performance reale e performance percepita**

Il termine "*performance*" viene utilizzato per indicare una realizzazione concreta di un'attività, sia essa sportiva o di altra natura. Tuttavia essa non sempre corrisponde alle reali aspettative del soggetto che la svolge. Nello sportivo, ad esempio, il gesto tecnico implica una serie di movimenti che sono direttamente sotto il controllo volontario del movimento, ma che si traducono in azioni motorie talvolta differenti rispetto al reale comando imposto.

Immaginando di chiedere ad un atleta runner di coprire una distanza nota in un tempo prefissato, ad esempio 6 Km in un tempo di 30 minuti, in assenza di un riferimento cronometrico consultabile, per riuscire a portare a termine la richiesta l'atleta si dovrà basare sull'intensità dello sforzo percepito, direttamente legata, tra le altre variabili, a Frequenza Cardiaca (FC) e alla Frequenza Respiratoria (FR).

Tendenzialmente possiamo affermare che il corridore riuscirà a coprire esattamente il percorso di 6 Km nel tempo richiesto più facilmente quanto maggiore sarà la sua esperienza nel correre questa distanza.

Il nostro studio si preme di indagare come la manipolazione di un riferimento reale della performance podistica, garantita da uno stimolo visivo discordante rispetto al gesto motorio in atto, possa influenzare l'esecuzione del gesto stesso e la percezione che il soggetto ha della stessa.

## **Il ruolo della vista**

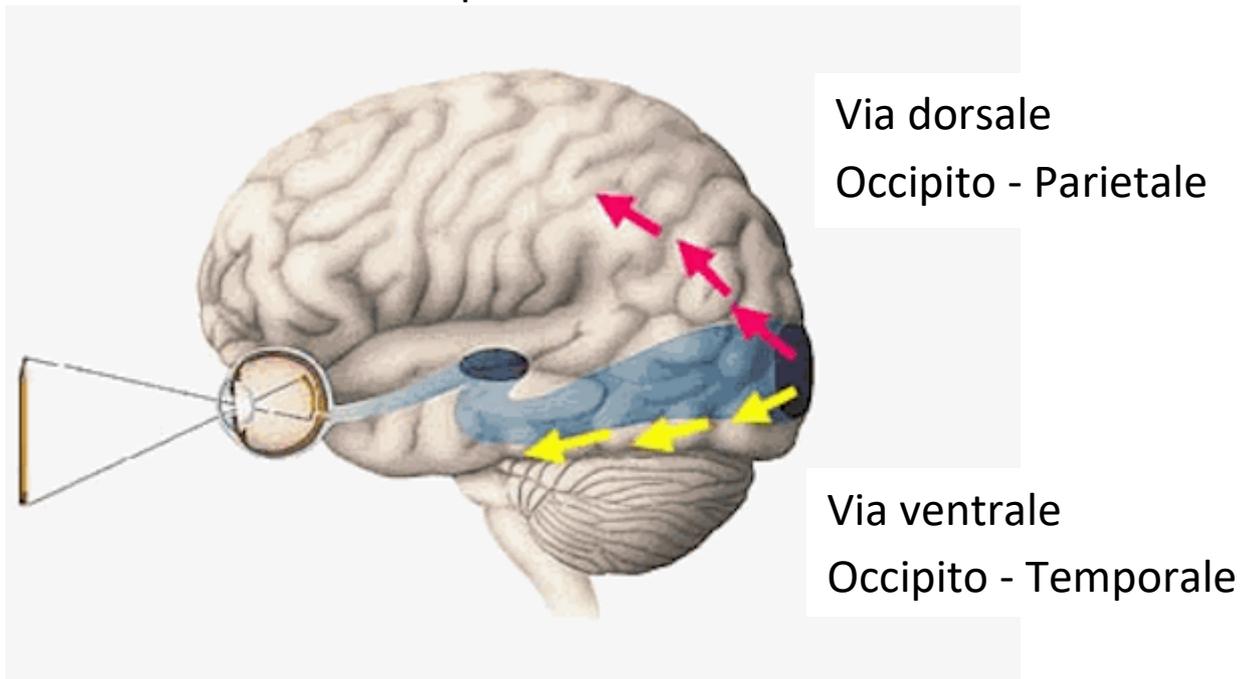
Già alcuni studi si sono occupati di indagare l'influenza della vista sul controllo del movimento [10] o, al contrario, di studiare la variazione del movimento del corpo e della locomozione di soggetti privati del feedback visivo [18], altri di valutare come si modifica la performance del soggetto che riceve un doppio stimolo (visivo e vestibolare [14] o visivo e tattile [5], ma, a nostra conoscenza, nessuno articolo ha mai affrontato la questione in un contesto estraneo al cammino o al semplice esercizio di equilibrio.

Il nostro studio risulta, quindi, il primo ad investigare come la somministrazione di uno stimolo visivo di corsa in pendenza possa alterare la percezione della performance di corsa in piano.

I parametri che si modificano durante il gesto atletico riguardano sia il ciclo del passo (e nello specifico: cadenza, frequenza e lunghezza), sia l'aspetto cardio-circolatorio (FC e FR). I primi 3 parametri si adattano alla variazione di inclinazione del treadmill; pertanto la nostra attenzione sarà esclusivamente rivolta alle variabili cardio-circolatorie, sia per la maggiore attinenza di queste al concetto di performance, sia per la loro facilità di studio e interpretazione.

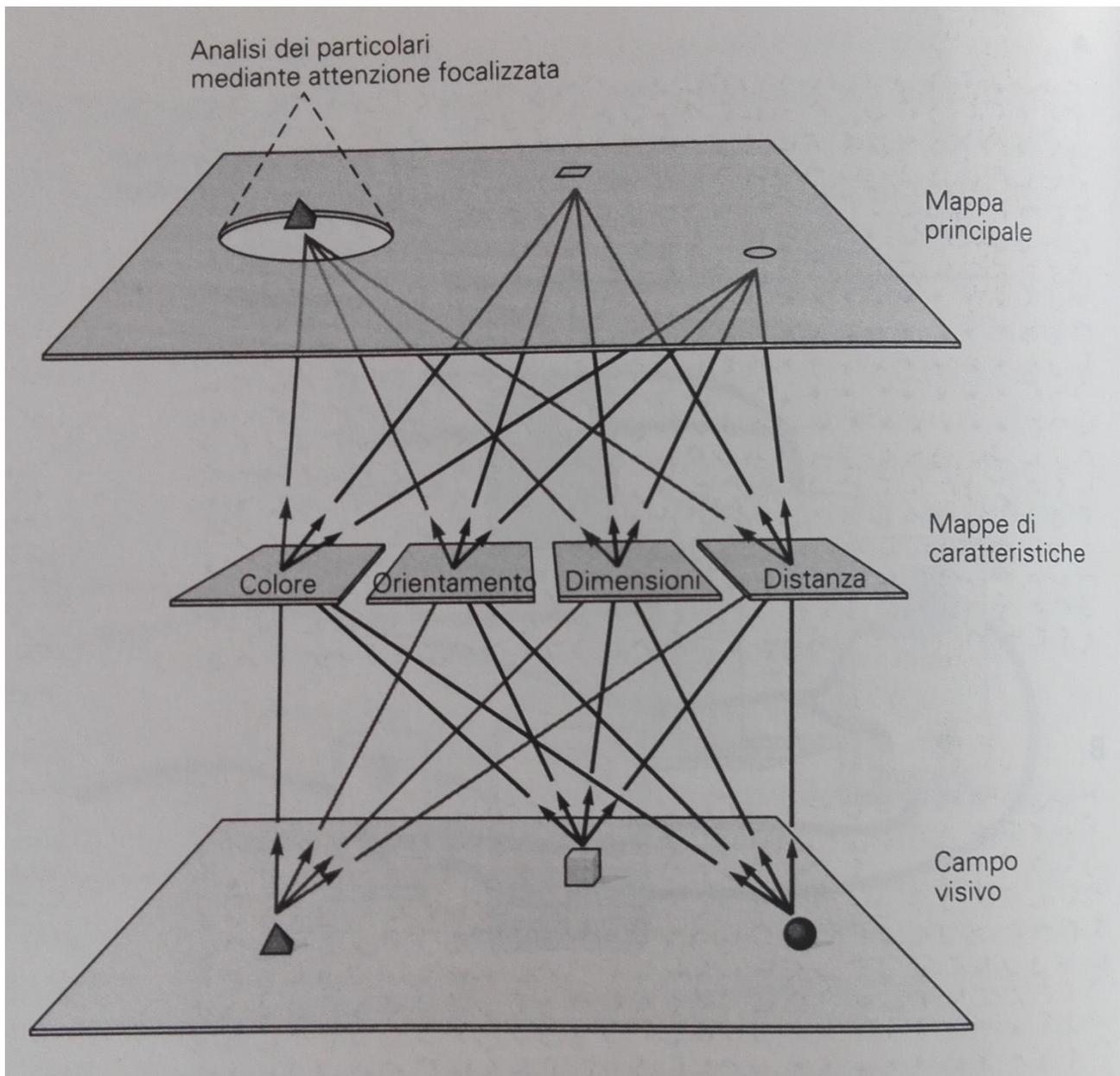
Per comprendere appieno i meccanismi che sottendono la recezione dello stimolo visivo da parte dei soggetti presi in esame, è necessario comprendere quale sia il ruolo della vista e quali meccanismi sono implicati nella percezione dello stimolo. Successivamente potremo veicolare efficacemente gli input visivi in modo che il cervello non li riduca a informazioni di secondaria importanza, ma che li recepisca come primari e distinti l'uno dall'altro.

## Le vie della percezione visiva



**Fig. 2:** le stazioni della corteccia cerebrale deputate all'analisi visiva sono organizzate in 2 vie. In questa veduta laterale dell'encefalo viene messa in evidenza la via dorsale che raggiunge la corteccia parietale posteriore e la via ventrale che arriva fino alla corteccia infero-temporale.

La maggior parte delle informazioni sensoriali ricevute dal nostro corpo viene scremata, infatti la quantità di afferenze che raggiungono i centri superiori d'analisi della corteccia è limitata da diversi meccanismi, tra i quali l'attenzione selettiva. Ad esempio nella percezione visiva entrano in gioco due processi sequenziali distinti: il processo pre-attenzionale e quello attenzionale.



**Fig. 3:** modello ipotetico di come informazioni visive di tipo diverso vengono combinate insieme. Le proprietà elementari degli oggetti presenti nello scenario visivo vengono codificate in vie nervose diverse disposte in parallelo e sono poi integrate in una mappa principale. L'attenzione selettiva permette proprio di rilevare le caratteristiche principali degli oggetti per ricostruirne poi l'immagine nella ristretta area della *mappa principale*.

La prima fase è fondamentale e ha lo scopo di rivelare la presenza di oggetti tenendo conto soltanto delle caratteristiche e delle proprietà generali degli stessi. A questa prima rilevazione visiva segue il processo attenzionale, che seleziona e mette in rilievo le caratteristiche dei singoli oggetti.

Attraverso la combinazione sequenziale dei due meccanismi, il soggetto è in grado di recepire e classificare un certo stimolo come informazione utile, escludendo tutti quelli che invece sarebbero solo 'stimoli distraenti'. [17]

Come è noto, il corretto orientamento spaziale è garantito dall'interazione di un complesso sistema adattivo formato da: sub sistema visivo, sub sistema somato-sensitivo e sub sistema vestibolare [1]. Le informazioni provenienti da questi 3 sottosistemi ci permettono di mantenere l'equilibrio, in maniera automatica e inconscia. Tali informazioni, infatti, sono integrate a livello del Sistema Nervoso Centrale (SNC) e contribuiscono al controllo motorio e posturale.

Un campo visivo creato artificialmente, come nel caso della Realtà Virtuale (RV), determina dei cambiamenti nella percezione della posizione del corpo nello spazio e del movimento, soprattutto se va in conflitto con le informazioni provenienti dagli altri sensi. [5]

### **Cos'è la realtà virtuale e modalità di somministrazione.**

La RV permette di creare uno "spazio" che riproduce un ambiente, una circostanza diversa da quella in cui il soggetto si trova realmente. Può essere più o meno coinvolgente, immergendo lo spettatore nell'azione "virtuale" proiettata ad hoc mediante schermi o occhiali appositi. Purtroppo, seppur le tecnologie presenti siano molto valide, la percezione del mondo virtuale è ancora distinguibile da quello reale. Questa differenza sussiste perché non si è ancora riusciti a coinvolgere interamente tutti i sensi (olfatto e tatto ad esempio in genere sono poco stimolati).



**Fig. 4:** esempio di RV immersiva

Tuttavia la vista e la percezione del movimento sono sufficientemente influenzati dalla VR e sono due aspetti in stretta interazione e fondamentali per la locomozione. Si capisce quindi come la percezione di movimento, nello specifico caso della realtà virtuale, è legata all'immagine visiva dinamica elaborata artificialmente, senza andare a coinvolgere il sistema somato-sensitivo né quello vestibolare, poiché questi richiederebbero l'utilizzo di sistemi che vadano a stimolarne le vie afferenti. Per riuscirci infatti, non sarebbe sufficiente l'utilizzo di comuni schermi LCD o di speciali occhiali immersivi, ma sarebbe necessario ampliare la stimolazione mediante apparecchi che possano fornire uno stimolo sonoro (es. cuffie) e sistemi quali tute o scarpe speciali che vadano in contatto con i recettori sensoriali cutanei nei distretti interessati. Studi, come quello di Lackner et al., che hanno indagato le variazioni dei principali parametri del cammino in base ai differenti stimoli visivi [12], dimostrano come i due aspetti siano inscindibili l'uno dall'altro. Indagare il ruolo della vista e la sua influenza sul controllo motorio permette di confrontarla alla rilevanza di altri stimoli, vestibolari o tattili, e a come questi condizionino il gesto motorio.

In letteratura diversi studi hanno affrontato il problema della somministrazione dello stimolo visivo e della modalità in cui effettuarla. Le due soluzioni più frequenti sono l'utilizzo della RV (tramite pc o visore) oppure di uno schermo LCD. Gli studi di A. P. Mulavara et al. (2005) [2], di Matthieu

Francois et al (2011) [3], di T. Mergner et al. (2005) [4], di Diderik Jan et al. (2011) [5] e di Y. Nomuraa et al 2005 [6] hanno utilizzato un sistema a RV creato con un PC.

L'utilizzo di questa tecnologia permette di fornire facilmente input visivi differenti, senza dover modificare le caratteristiche dell'ambiente di lavoro. Altri studi, come quelli di B. Marques et al. (2010) [7], Yoshiko Yabe et al (2007) [8], Andrew A. Rader et al (2011) [9], invece, hanno utilizzato uno schermo LCD, che rappresenta un'alternativa meno costosa, ma meno immersiva.

### **Afferenze visive e movimento**

Nello studio di David Logan et al. del 2010 [10] gli autori hanno esaminato l'influenza della vista sul controllo della stazione eretta durante la locomozione, riscontrando come la comprensione del proprio movimento derivi dagli stimoli sensoriali e che il sistema visivo, in particolare, è sensibile alla velocità dello stimolo somministrato. L'afferenza visiva è fondamentale durante tutto il movimento, sia per la stabilità sia per guidare la direzione. In questi studi di Diderik Jan et al. [5] e di Pinheiro Menuchi et al. [11], è stata esaminata l'influenza della vista sui tipici parametri del cammino (lunghezza del passo, velocità della marcia, simmetria del passo) attraverso lo studio del comportamento e del movimento del tronco in risposta a determinati stimoli visivi.

Gli autori hanno comparato le risposte posturali del tronco, sia durante la stazione eretta sia durante la locomozione, per capire in che modo la relazione tra il movimento corporeo e la vista cambi in funzione del gesto motorio.

Durante la stazione eretta il compito delle afferenze visive è essenzialmente informare il soggetto delle piccole oscillazioni e delle deviazioni dall'asse verticale. Durante la locomozione, in aggiunta alla funzione sopra citata, il ruolo della vista si espande e permette al corpo di muoversi nello spazio ed evitare gli ostacoli. In aggiunta gli studiosi affermano che la vista detiene un ruolo rilevante nella stima dei cambiamenti della posizione del corpo durante il movimento e il cammino. In accordo a questa tesi, troviamo anche uno studio di James R et al., del 1988 [12]. Gli autori sono andati a comparare la percezione del passo eseguito in condizioni normali con la percezione che il soggetto ha se lo esegue in una condizione in cui il suo corpo è fermo, ma con le informazioni visive riproducenti il movimento del corpo.

In quest'ultimo caso la vista predomina sugli altri stimoli, inducendo il soggetto a compiere i vari adattamenti motori non seguendo gli altri sensi, ma solo in base ad essa.

La vista influenza anche la velocità stessa del cammino, come dimostra questo articolo di Matthieu Francois [3] in cui gli autori ipotizzano la presenza di 2 sistemi visivi, denominati GOFR (Global Optic Flow Rate) ed ER (Edge Rate). GOFR indica la velocità del movimento ottico degli elementi della struttura lungo una direzione visiva fornita, ovvero in senso orizzontale.

ER invece corrisponde al numero di elementi della trama che passano attraverso il punto di osservazione in una direzione visiva fornita.

Il sistema visivo GOFR viene modificato cambiando l'altezza del punto di osservazione, ER invece cambiando la densità della trama (in questo specifico caso quanto piccoli e vicini sono i quadratini del pavimento).

L'ipotesi degli autori è stata la seguente: se il GOFR e l'ER controllano la variazione della velocità essa deve aumentare o ridursi in base all'altezza a cui viene posto il punto di osservazione dell'occhio e in base alla densità della trama della superficie.

L'esperimento si è svolto facendo camminare il soggetto su treadmill in una condizione di assenza di feedback visivi. L'unico feedback fornito è la variazione dello schermo in rosso se il soggetto eccede nella velocità della camminata o in verde se invece è troppo lento. Dall'analisi dei risultati emersi, gli autori confermano la loro tesi; ovvero che la variazione dei due sistemi visivi altera la velocità di deambulazione.

Un altro articolo di Probst T et al [13] cerca di indagare il fenomeno in direzione inversa. Gli autori si domandano se un'accelerazione lineare di tutto il corpo influenza la contemporanea percezione del movimento degli occhi nelle accelerazioni rotazionali.

I risultati dicono che non è stata osservata alcuna variazione nella percezione dello stimolo visivo. Gli autori concludono che la stimolazione otolitica in direzione frontale si differenzia da quella rotazione/orizzontale e che in questo caso la sua importanza è trascurabile.

## **Il movimento oltre la vista**

Da quanto emerso dagli studi citati in precedenza, sembrerebbe che la vista sia essenziale per il movimento e per la deambulazione. Tuttavia questo senso non è sempre indispensabile per eseguire il cammino e lo dimostra questo studio di Pinheiro Menuchi et al. [11] eseguito su soggetti sani, ai quali è stato richiesto di camminare per cinque metri alla loro velocità naturale sorpassare un ostacolo.

I risultati di questa indagine dimostrano che la presenza di una sequenza di immagini, con frequenza bassa, è sufficiente al SNC per elaborare la direzione, la traiettoria e i gesti che comporranno il movimento stabilito.

Lo studio conclude inoltre che il flusso visivo facilita l'adattamento del comportamento motorio, però la sola frequenza di 2/4 Hz è sufficiente per far capire al corpo come muoversi e in che direzione.

La vista quindi non è l'unico parametro che può influenzare la percezione dell'andamento del cammino: sicuramente vi sono altri sensi che entrano in gioco in questo complesso meccanismo.

Uno studio svedese, B. Waespe et al [14], spiega proprio l'alternanza nella dominanza tra il sistema visivo e quello vestibolare quando vengono forniti stimoli divergenti che vadano ad attivarli entrambi. Quando si sottopone un soggetto a un'accelerazione rotazionale, mentre guarda un punto fisso, si manifesta un'alterata percezione dell'accelerazione stessa.

In un differente studio sperimentale di B. Marques et al [7], i soggetti venivano fatti camminare su di un treadmill a doppio rullo, dove uno dei due viene imposto una velocità prestabilita (lenta a 1,5km/h o veloce a 5 km/h), mentre sull'altro il paziente doveva adattare il movimento della gamba in base alla velocità che percepisce.

Durante le prove è stato fornito o uno stimolo vestibolare o uno stimolo visivo, proposti separatamente, e alle due rispettive possibili velocità.

È noto che sono due i meccanismi neurali che influenzano il tono vestibolare e la simmetria del flusso ottico:

- meccanismo spinale diretto, il quale influenza i centri del midollo spinale che codificano la velocità delle due gambe,
- meccanismo di rilevamento in senso stretto, il quale utilizza il sistema vestibolare e altri input sensoriali per calcolare una rappresentazione interna della direzione della testa in modo che sia dritta.

L'instaurarsi di un mismatch tra il secondo meccanismo e la differenza nella velocità dei due rulli del tapis roulant, si traduce in una differente velocità tra le due gambe. L'aumento di velocità invece è in grado di inibire entrambi i meccanismi.

I risultati confermano che gli aggiustamenti posturali derivano dall'influenza del secondo meccanismo ipotizzato (meccanismo di rilevamento).

I due articoli precedenti sono gli unici ritrovati che indagano l'influsso del doppio stimolo, visivo e vestibolare, sulla performance motoria. Purtroppo tale aspetto viene indagato solo in merito al cammino e non nella corsa, il che non rende possibile trasferire le conclusioni a cui giungono gli autori, poiché queste due differenti attività motorie sono gestite a livello del SNC come due forme distinte di locomozione. [15]

Un terzo articolo indagava invece l'associazione di uno stimolo visivo con uno di tipo tattile. Lo studio di Diderik Jan et al [5] suggerisce che un training in un ambiente reale e funzionale, anche usando lo stimolo visivo, possa essere usato in riabilitazione perché migliora il transfer e il processo adattativo. Dallo studio è stato rilevato, infatti, che desensibilizzando la pianta del piede, il corpo è costretto ad usare altre strategie per mantenere il controllo motorio, come la percezione dei movimenti articolari e muscolari.

Non vi sono quindi altri studi in letteratura simili al nostro, che vadano ad investigare come la somministrazione di uno stimolo visivo di corsa in pendenza possa alterare la percezione della performance di corsa in piano.

## MATERIALI E METODI

### Introduzione

Al fine di elaborare un protocollo di ricerca in grado di raccogliere dati relativi allo scopo del lavoro illustrato in precedenza, partendo dall'analisi dei meccanismi anatomo-fisiologici alla base dell'influenza della vista nell'esecuzione del gesto motorio, sono stati ricercati gli articoli pubblicati sino ad ora inerenti tale argomento. In particolare, sono stati inclusi articoli che andavano ad indagare:

- Le diverse modalità di somministrazione degli stimoli visivi utilizzati nella ricerca scientifica quali realtà virtuale e schermi LCD,
- Gli effetti sulla performance nel cammino quando vengono somministrati stimoli differenti, sia visivi sia di altra natura,
- Strumenti di valutazione maggiormente utilizzati in letteratura per misurare la modifica della performance.

È stata così creata ed utilizzata una stringa di ricerca che cercasse di individuare i concetti fondamentali del titolo in un possibile PICO così strutturato:

P= runn\* OR pilot OR aeronaut OR athlet\* NOT old\* adults NOT child\* NOT infant NOT stroke NOT autism NOT down syndrome NOT TBI NOT Parkinson,

I= oculus rift OR HMD OR virtual reality,

C= motor activity OR movement OR motion OR gesture OR action,

O= vo2 max OR heart beat OR breath OR performance.

Le seguenti parole chiave: "athlete", "motor activity", "virtual reality", "oculus rift", "breath" and, "performance" sono state inserite in maniera da ottenere una ricerca sensibile, al fine di includere quanti più studi svolti sugli effetti della realtà virtuale nella performance o in generale su come essa possa influire sui parametri vitali nella persona che sta svolgendo un certo gesto. Inoltre, è stato inserito l'operatore booleano "NOT" per limitare il campione ad una popolazione sana, escludendo anche anziani e bambini.

In conclusione, la stringa è stata la seguente:

**(((runn\* OR pilot OR aeronaut OR athlet\* NOT old\* adults NOT child\* NOT infant NOT stroke NOT autism NOT down syndrome NOT TBI NOT Parkinson)) AND (oculus rift OR HMD OR virtual reality AND (motor activity OR movement OR motion OR gesture OR action)) AND (vo2 max OR heart beat OR breath OR performance)**

I database utilizzati sono stati PubMed e Cochrane Library.

La ricerca effettuata il 5 marzo 2018 ha prodotto 27 articoli su PubMed e 1316 risultati sulla Cochrane.

I criteri di inclusione utilizzati sono stati i seguenti:

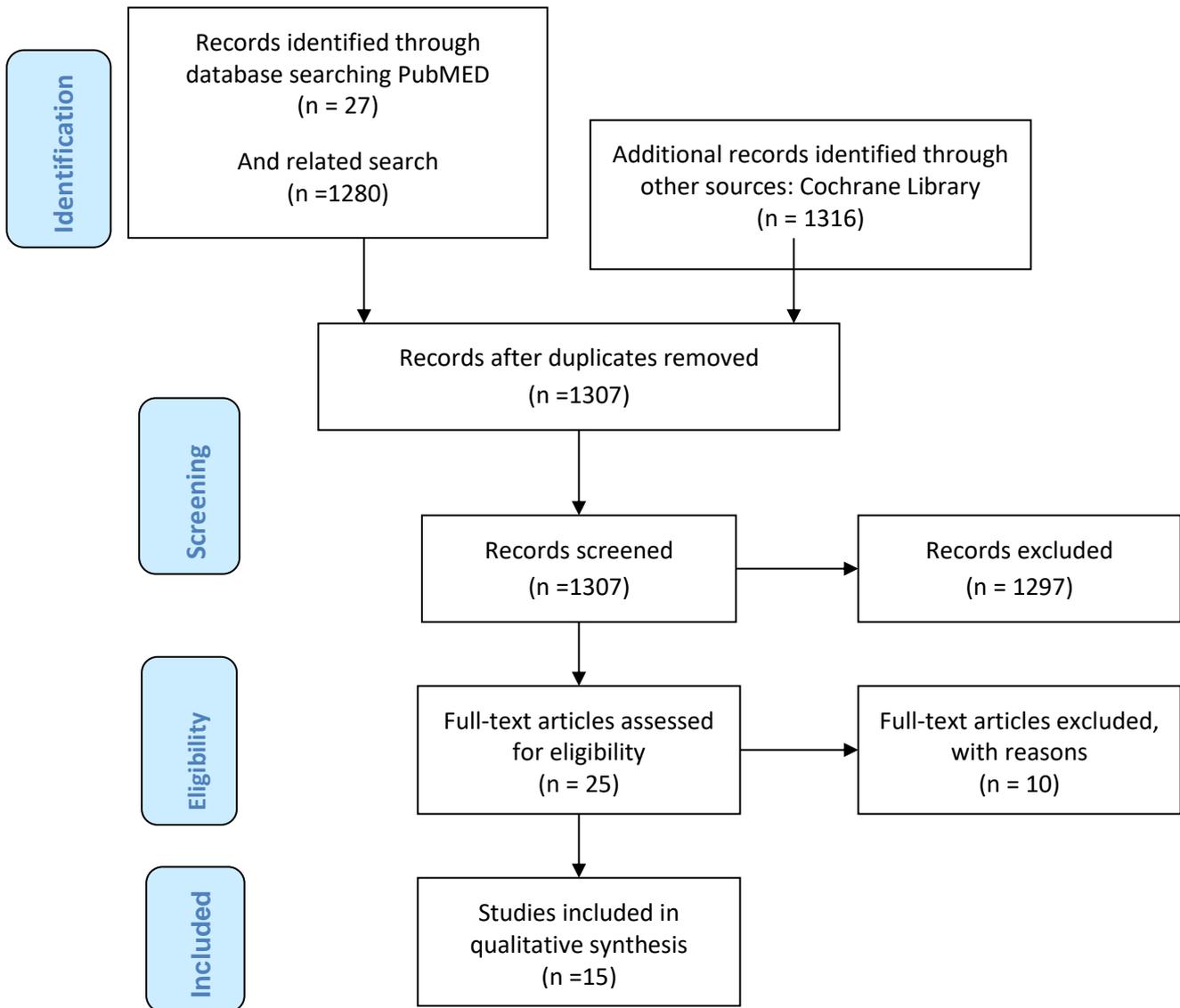
- oggetti studiati: popolazione sana, no bambini, no anziani età compresa tra i 18 e i 40 anni
- gesto motorio: camminata, corsa su treadmill,
- argomenti: doppio stimolo visivo, stimolo vestibolare, stimolo sensoriale, ruolo della vista.

Criteri di esclusione:

- gruppo di studio con soggetti patologici,
- studio eseguito su un campione di popolazione differente da quello di nostro interesse come età (bambini, anziani).

Dei 27 articoli trovati ne è stato selezionato uno di interesse che soddisfaceva i criteri di inclusione, inerente l'influsso dello stimolo visivo in soggetti che camminano su treadmill posto a differenti velocità. Per approfondire l'argomento, è stata effettuata la ricerca per titoli correlati a questo, che su PubMed ha prodotto altri 119, da cui ne sono stati selezionati 10 e da questi altri 15 (sempre con ricerca per titoli correlati). Tali ulteriori articoli hanno permesso di indagare: l'importanza dello stimolo visivo nella percezione del movimento corporeo, l'influsso degli stimoli visivi e vestibolari su pazienti che eseguono camminata su treadmill e come la somministrazione del doppio stimolo (sia esso visivo o motorio), va ad influenzare la performance della persona che sta eseguendo un determinato gesto (es. cammino su treadmill).

## Grafico riassuntivo



## **RISULTATI**

In base a quanto emerso dagli articoli analizzati, è stato sviluppato il seguente protocollo sperimentale in linea con gli obiettivi dello studio.

### **Modalità di acquisizione**

Al soggetto viene chiesto di correre, sostenuto da una imbracatura di sicurezza, su un tapis roulant (RUN 7411/T-PC) ad una velocità costante, diversa in base ai soggetti, tale che determini il raggiungimento di una frequenza cardiaca pari a:  $0.5HR \text{ riserva} + HR \text{ riposo}$  (dove  $HR \text{ riserva} = 220 - \text{età} - HR \text{ riposo}$ ). Utilizzando sempre lo stesso tapis roulant si garantisce meglio la neutralità dell'acquisizione. La posizione del soggetto rispetto allo schermo, indicata con dei segni sui manubri del tappeto, viene mantenuta costante per tutta la durata dell'esperimento. L'angolazione dello schermo viene regolata in base all'altezza del runner così da permettergli di vedere al meglio l'immagine. Al soggetto viene applicato un cardiofrequenzimetro per monitorare i parametri.

### **Somministrazione stimolo visivo**

Lo stimolo visivo, proiettato su un visore RV Samsung Gear, in risoluzione HD, così da fornire un'esperienza visiva adeguatamente dimensionata e più coinvolgente possibile. Il soggetto non sarà in alcun modo ostacolato dalla presenza di intralci e ingombri e potrà normalmente correre sul tapis roulant. Per ridurre al minimo le interferenze esterne e le sorgenti di distrazione, l'acquisizione avviene in una stanza buia. La presenza di un tecnico per gestire il software di proiezione in tempo reale permette di far combaciare la velocità di corsa del soggetto con quella di scorrimento dell'immagine, così da rendere più corretto e immersivo lo stimolo visivo.

### **Organizzazione delle prove**

Il soggetto esegue una sessione di prova di 8' per familiarizzare con il tapis roulant e con l'esposizione allo stimolo. Durante la prova si individua la velocità a cui il soggetto raggiunge la frequenza target. Alla fine della prova ci sarà una pausa di 3' in posizione supina per non incorrere in un affaticamento, anche se minimo. [16]

La prima prova “ufficiale” consiste nel correre sul tapis roulant a velocità costante, con una pendenza nulla per un tempo di 8’. Non saranno mostrati video o somministrati stimoli visivi di alcun tipo. Per il resto la prova si esegue nelle medesime condizioni ambientali delle successive.

Quindi la seconda prova si esegue, sempre dopo una pausa di 3’ in posizione supina, con l’applicazione dello stimolo visivo discordante dal gesto motorio. La durata è sempre di 8’, durante i quali si presenterà al soggetto in corsa uno stimolo differente a quello che, normalmente, il corpo si aspetterebbe di ricevere. La discordanza dello stimolo visivo, dati gli strumenti di cui siamo in possesso, può essere di tre tipi:

- Salita virtuale - piano reale
- Piano virtuale - salita reale
- Discesa virtuale – piano reale

Nel nostro studio abbiamo deciso di somministrare ogni possibile combinazione ai soggetti acquisiti. L’ordine, tuttavia, non è definito. Fatta eccezione per il primo minuto di riscaldamento e l’ultimo minuto di defaticamento, i sei minuti intermedi saranno divisi in tre intervalli di due. Ogni parziale di tempo ha una delle tre combinazioni possibili, però l’ordine in cui queste vengono proposte è randomizzato.

## **Outcome**

Durante queste prove i dati raccolti sono la fatica percepita e la percezione di performance del soggetto stesso. Per quanto riguarda la fatica percepita dal soggetto si somministrerà la BORG (6-20) prima, dopo e durante ogni singola prova. Inoltre i soggetti indosseranno un cardiofrequenzimetro con il quale monitoreremo la frequenza cardiaca, che dovrà costantemente essere prossima a quella target. Per quanto riguarda la percezione di performance dell’atleta verrà utilizzata la scala NRS con cues visivi di corsa (più o meno veloce) o di sensazione a fine prova.

L’acquisizione si svolgerà in un solo giorno, le pause scelte sono sufficienti a limitare il fattore stanchezza.

## **Campione**

Al fine di riprodurre un campione attendibile con gli obiettivi dello studio, saranno inclusi esclusivamente soggetti sani, runner con un'età compresa tra i 18 e i 40 anni, senza distinzione di genere. I soggetti inclusi nello studio dovranno affermare di allenarsi almeno 2 volte a settimana con costanza. Dovranno essere esclusi soggetti con problemi di fotosensibilità, epilessia, presenza di qualsiasi patologia al momento dell'acquisizione (in particolare malattie neurologiche, cardiache o respiratorie). I soggetti, inoltre dovranno non aver subito traumi importanti negli ultimi 6 mesi e non dovranno essere portatori di protesi di anca e ginocchio o di mezzi di sintesi che potrebbero alterare l'articolarietà della caviglia. Infine saranno esclusi dallo studio tutti i soggetti fumatori e coloro che fanno utilizzo di sostanze stupefacenti.

I 20 soggetti, la cui numerosità è stata decisa basandosi sullo studio di Diderick et al [5], saranno inseriti in un solo gruppo e, in ordine di reclutamento, saranno sottoposti al protocollo. Quindi ogni soggetto svolgerà le due prove previste. Infine, tutti i dati raccolti durante le prove e i risultati delle scale di outcome utilizzate saranno analizzati.

## **Analisi Statistica**

Nello specifico sarà utilizzato il test di Wilcoxon per tutte e tre le scale di outcome. Anche la FC sarà oggetto di studio, in particolare sarà interessante capire se, a parità di condizioni di corsa, i soggetti avranno FC cardiache diverse nelle due prove. Per indagare questo aspetto utilizzeremo sempre un test di Wilcoxon. Non potendo ritenere il nostro campione paragonabile a una popolazione con distribuzione normale, i test non parametrici sono l'unica possibilità di analizzare correttamente il campione.

Infine, tramite il coefficiente di Pearson, si indagherà la correlazione tra l'eventuale variazione della BERG e della VAS. Il fine è quello di capire se l'andamento della BERG tra la prima e la seconda prova viene seguito, o meno, dalla scala che misura la percezione soggettiva di performance (più o meno buona) che il soggetto riferisce.

## Discussione

Da quanto emerso dagli studi reperiti in letteratura, si nota come lo stimolo visivo sia spesso predominante nel modificare il pattern di movimento e l'atteggiamento motorio nella deambulazione e in posizione ortostatica.

Se dovessimo proporre il nostro protocollo a un gruppo di soggetti ci aspetteremmo di riscontrare delle alterazioni nella percezione della performance (ovvero la sensazione riferita dal soggetto riguardo la corsa es: bene, male, molto bene etc...), nella performance e nella frequenza cardiaca. Uno stimolo visivo di corsa in pendenza, somministrato tramite un visore RV, in una camera al buio e senza riferimenti esterni, dovrebbe ingannare sufficientemente i soggetti e convincerli di correre in pendenza. Ovviamente l'effetto non può essere paragonabile a un reale cambio di inclinazione del treadmill. Tuttavia si dovrebbero osservare cambiamenti nella frequenza cardiaca, che sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà l'illusione di pendenza, nella fatica percepita, che sarà maggiore anche a causa dell'aumento di FC, e nella performance percepita. Infatti, a fronte di un aumento dei primi due parametri il soggetto avrà l'impressione di aver fatto più fatica e di non essere soddisfatto appieno della corsa rispetto a quella riferita nella prova eseguita con lo stimolo visivo di corsa in pianura.

Verosimilmente i risultati saranno tanto più importanti quanto più il soggetto sarà coinvolto dallo stimolo visivo. L'importante sarà, quindi, essere in grado di fornire una simulazione quanto più realistica e dettagliata possibile. Fondamentale sarà rendere uguale la velocità di scorrimento dell'immagine proiettata a quella del treadmill. Infine, dovrà essere decisa una pendenza di corsa per la terza prova, sufficiente da far capire di essere in salita, ma non eccessiva. I soggetti, infatti, di fronte a uno stimolo eccessivamente discordante, potrebbero accorgersi della discrepanza e l'esperimento perderebbe di utilità.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Eythor kristjansson and Julia Treleven.

Sensorimotor Function and Dizziness in Neck Pain: Implications for Assessment and Management. 2009

[2] A. P. Mulavara, J. T. Richards, T. Ruttley, A. Marshburn, Y. Nomura, J. J. Bloomberg.

Exposure to a rotating virtual environment during treadmill locomotion causes adaptation in heading direction. 2005

[3] Matthieu Francois, Antoine H.P. Morice\*, Reinoud J. Bootsma, Gilles Montagne

Visual control of walking velocity. 2011

[4] T. Mergner & G. Schweigart & C. Maurer & A. Blumle

Human postural responses to motion of real and virtual visual environments under different support base conditions (2005)

[5] ] Diderik Jan A. Anthony Eikema, Jung Hung Chien, Nicholas Stergiou, Sara A. Myers, Melissa M. Scott-Pandorf, Jacob J. Bloomberg, and Mukul Mukherjee

Optic flow improves adaptability of spatiotemporal characteristics during split-belt locomotor adaptation with tactile stimulation. 2016

[6] Y. Nomuraa, A.P. Mulavarab, J.T. Richardsc, R. Bradyc, J.J. Bloomberg.

Optic flow dominates visual scene polarity in causing adaptive modification of locomotor trajectory. 2005

[7] B. Marques, G. Colombo, R. Müller, M. R. Dürsteler, V. Dietz, D. Straumann

Influence of vestibular and visual stimulation on split-belt walking 2007

[8] Treadmill locomotion captures visual perception of apparent motion

Yoshiko Yabe · Gentaro Taga 2007

[9] Perceived tilt and translation during variable-radius swing motion with congruent or conflicting visual and vestibular cues.

Andrew A. Rader, Charles M. Oman Daniel M. Merfeld 2011

[10] David Logan, Tim Kiemel, Nadia Dominici, Germana Cappellini, Yuri Ivanenko, Francesco Lacquaniti, John J. Jeka

The many roles of vision during walking. 2010

[11] Pinheiro Menuchi MR<sup>1</sup>, Bucken Gobbi LT.

Optic flow contribution to locomotion adjustments in obstacle avoidance. 2012

[12] James R Lackner, Paul DiZio

Visual stimulation affects the perception of voluntary leg movements during walking. 1988

[13] Probst T, Loose R, King SK, Stott JR, Wist ER, Wright R.

Perception of direction of visual motion. II. Influence of linear body acceleration. 1996

[14] B. Waespe, W. Waespe, and V. Henn

Subjective Velocity Estimation During Conflicting Visual-Vestibular Stimulation. 1980

[15] Tetsuya Ogawa, Noritaka Kawashima, Hiroki Obata<sup>3</sup>, Kazuyuki Kanosue and Kimitaka Nakazawa  
Mode-dependent control of human walking and running as revealed by split-belt locomotor adaptation. 2015

[16] Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners

Na Du <sup>1</sup>, Siqin Bai <sup>1</sup>, Kazuo Oguri <sup>2</sup>, Yoshihiro Kato <sup>1</sup>, Ichie Matsumoto <sup>1</sup>, Harumi Kawase <sup>3</sup> and Toshio Matsuoka <sup>1</sup>

[17] Principi di Neuroscienze

Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell

[18] J. Duysens, J.P. Duysens, C.M. Bastiaanse, M. van Sprundel, M. Schubert , B.C.M. Smits-Engelsman  
*How trunk turns affect locomotion when you are not looking where you go.* 2008

Per il nostro studio abbiamo utilizzato le seguenti scale con i seguenti strumenti:

### VAS con cue visive



### Cardiofrequenzimetro



## Scala Borg 6-20:

SCALA RPE DI BORG		FCmax	VO2max
6	<u>Fatica o intensità nulla</u> : analogo a stare seduti o rilassati	20%	30%
7	<u>Estremamente leggero</u> : un movimento molto facile	30%	
8	-	40%	
9	<u>Molto leggero</u> : simile ad una normale camminata	50%	
10	-	55%	30-49%
11	<u>Leggero</u> : paragonabile all'intensità di un riscaldamento leggero	60%	
12	-	65%	50-75%
13	<u>Abbastanza duro</u> : un'intensità percepita come leggermente impegnativa	70%	
14	-	75%	75-84%
15	<u>Duro</u> : un'intensità percepita come impegnativa	80%	
16	-	85%	
17	<u>Molto duro</u> : un'intensità percepita come molto impegnativa	90%	>85%
18	-	95%	
19	<u>Estremamente duro</u> : un'intensità molto alta che non può essere mantenuta	100%	
20	<u>Sforzo massimale</u> : un'intensità massimale poco sostenibile	Esaurimento	

