



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 2014/2015

Campus Universitario di Savona

La valutazione della percezione soggettiva della verticalità/orizzontalità nei soggetti con neck pain o dizziness: un'utile integrazione nella pratica clinica?

Candidata:

Dott.ssa Marianna Olivero

Relatrice:

Dott.ssa FT OMT Chiara Arbasetti

INDICE

ABSTRACT	3
INTRODUZIONE	4
Integrazione dei sistemi sensoriali	4
La percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità.....	5
Valutazione della verticale e orizzontale visiva soggettiva.....	6
Neck pain.....	8
Disturbi vestibolari.....	8
Obiettivo dello studio.....	9
MATERIALI E METODI.....	10
Strategia di ricerca.....	10
Selezione degli studi.....	10
RISULTATI.....	12
DISCUSSIONE.....	21
CONCLUSIONI.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26

ABSTRACT

INTRODUZIONE: L'orientamento spaziale è fondamentale per il controllo della postura, dell'equilibrio, durante la stazione eretta e il cammino. La verticale visiva soggettiva (SVV) è la capacità di un soggetto di indicare quella che è una linea perfettamente verticale e analogamente, per quanto riguarda l'orizzontale visiva soggettiva (SVH), indicare una linea perfettamente orizzontale. La determinazione della SVV è considerata un metodo semplice per studiare la funzione degli otoliti.

OBIETTIVO: lo scopo di questo lavoro è indagare il legame tra l'alterazione della percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità e i soggetti con neck pain, whiplash associated disorders (WAD), disturbi vestibolari, e ricercare quali tipologie di pazienti presentano maggiori alterazioni.

MATERIALI E METODI: è stata condotta una ricerca sul database Medline, sono stati esclusi gli studi non in lingua inglese o italiana, non pertinenti al quesito di ricerca, condotti su pazienti con patologie centrali, su soggetti sani e sugli animali. Sono stati inclusi gli studi con pazienti con neck pain o whiplash associated disorders o disturbi vestibolari in cui viene indagata la percezione soggettiva della verticalità (SVV), dell'orizzontalità (SVH) o entrambe. Sono stati selezionati 12 articoli.

RISULTATI: 4 studi analizzano soggetti con neck pain, e rilevano lievi alterazioni della SVV e SVH. Uno studio presenta un gruppo con WAD, un altro studio un gruppo di soggetti con dizziness, ma non mostrano rilevanti alterazioni della SVV. 7 studi valutano la SVV in pazienti con disturbi vestibolari quali : la BPPV, la neurite vestibolare, la sindrome di Ménière, pazienti post chirurgia vestibolare.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI: dall'analisi emerge che non vi è una forte correlazione tra neck pain e alterazione della SVV o SVH, mentre nei soggetti con patologie vestibolari si notano maggiori alterazioni, in particolare nei pazienti post chirurgia, dove la SVV risulta deviata verso il lato affetto. Manca un metodo standardizzato per la valutazione della SVV e SVH, e il risultato del test è influenzato dall'angolo di inclinazione iniziale della linea.

INTRODUZIONE

Integrazione dei sistemi sensoriali

L'orientamento spaziale è fondamentale per il mantenimento della postura eretta, del cammino e delle attività motorie; tali funzioni complesse sono regolate da tre sistemi sensoriali: il sistema visivo, vestibolare e somatosensoriale ^[11,18]. Questi forniscono input sensoriali al sistema di controllo posturale che ha come compito garantire l'orientamento posturale, ovvero garantire la percezione di un segmento corporeo rispetto ad un altro e rispetto all'ambiente circostante, e l'equilibrio sia statico che dinamico^[9]. Il sistema somatosensoriale raccoglie tutte le informazioni dolorifiche, tattili, termiche e propriocettive provenienti dalla periferia^[9]. Il sistema propriocettivo a livello della colonna cervicale è molto sviluppato; i muscoli della regione cervicale sono ricchi di fusi neuromuscolari, in particolare nella regione suboccipitale dove vi sono più di 200 fusi per grammo di muscolo^[18]. I muscoli cervicali, specialmente i muscoli suboccipitali trasmettono e ricevono informazioni dal sistema nervoso centrale, ci sono connessioni specifiche tra i recettori cervicali e l'apparato visivo, vestibolare e il sistema nervoso centrale ^[18]. La fitta rete di meccannocettori serve per controllare tutti i gradi di movimento, dare informazioni circa la posizione della testa rispetto al resto del corpo ^[9]. Le afferenze cervicali, insieme a quelle vestibolari, sono anche coinvolte in tre riflessi che influenzano la posizione del capo, degli occhi e la stabilità posturale: il riflesso cervico-collico (CCR), il riflesso cervico-oculare (COR) e il riflesso tonico del collo (TNR) ^[18]. Il sistema vestibolare attraverso due dei riflessi citati è deputato a mantenere un adeguato tono posturale nei muscoli per mantenere l'equilibrio sia statico sia durante la locomozione. Il riflesso cervico-oculare ha un ruolo dominante, è in grado di stabilizzare le immagini sulla retina quando tutto il corpo è in movimento ^[9]. Le informazioni afferenti provenienti dai tre sistemi sono poi integrate e processate nel tronco encefalico e a livello degli emisferi ^[11,18]. Danni a livello del sistema di integrazione centrale, al sistema vestibolare centrale o periferico possono portare a un'anormale percezione dell'orientamento del corpo nello spazio e un'alterazione della percezione della verticale ^[11].

La percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità

La percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità sono misure di una rappresentazione interna dell'individuo della sua posizione nello spazio, perciò sono importanti per il mantenimento della postura e dell'equilibrio, permettono al soggetto di mantenere la stazione eretta e il cammino^[3,21]. La verticale visiva soggettiva (SVV) è la capacità di un soggetto di indicare quella che, a suo giudizio e in particolari condizioni sperimentali, è una linea perfettamente verticale. In caso di normalità la verticale indicata dal soggetto si avvicina con buona approssimazione a quella gravitazionale. Analogamente l'orizzontale visiva soggettiva (SVH) viene definita come la capacità di allineare, in particolari condizioni sperimentali, una barra all'orizzontale^[3,4,20]. Nella percezione della verticalità giocano un ruolo fondamentale gli organi otolitici, ma un contributo importante è dato dall'integrazione con gli altri sistemi sensoriali come quello visivo e propriocettivo.^[4] Gli organi otolitici rilevano i movimenti di accelerazione lineare, come quelli indotti dalla forza di gravità, dai movimenti del corpo o dai tilt del capo^[13]. La determinazione della SVV è un metodo semplice per studiare la funzione degli otoliti, infatti in soggetti sani gli organi otolitici possono fornire informazioni necessarie per la costruzione della verticale visiva soggettiva indipendentemente da stimoli propriocettivi e visivi. Ad esempio in una stanza completamente buia, senza riferimenti visivi, sono in grado di allineare una barra (30x1cm) posizionata a 1,5 metri di distanza sull'asse verticale con un errore di $\pm 2^\circ$.^[4] la metodica che ricorre in tutti gli studi si basa su delle misurazioni ottenute da una serie di prove in cui i pazienti, seduti in un locale completamente buio devono ricollocare in posizione perfettamente verticale una barra debolmente illuminata che può ruotare sul piano frontale intorno a un punto fisso^[20]. Inoltre gli organi otolitici possono essere valutati con i potenziale evocati miogeni (VEMP) che studiano i riflessi vestibulo collici^[20].

Quando gli input somatosensoriali sono anormali può essere potenziata la dipendenza dagli stimoli visivi e l'errore della percezione della verticalità aumenta. Alcuni studi (Gord et al. (2002)^[6], Docherty et al. (2012)^[3]) dimostrano che nei soggetti con neck pain vi sono maggiori errori della verticale visiva soggettiva. Inoltre si è ipotizzato che le persone con whiplash associated disorders (WAD) avranno una maggiore alterazione della SVV rispetto ai soggetti con neck pain, così come gli individui con WAD, specialmente quelli che presentano dizziness, sono associati a una maggiore disfunzione sensorimotoria comparati a quelli con neck pain. Questa ipotesi non è ancora stata confermata, ed è possibile che un limite sia rappresentato dai metodi

di misurazione della SVV utilizzati finora ^[18]. In presenza di una sofferenza vestibolare delle vie centrali o periferiche la retta indicata dal paziente come verticale può essere inclinata da un lato rispetto alla verticale gravitazionale, perché ciò avviene però non è ancora del tutto chiaro ^[20]. Ciò potrebbe derivare da un'alterazione della rappresentazione interna della verticale, dovuta a un'asimmetria dell'input otolitico a livello dei nuclei vestibolari, ma tale ipotesi è contraddetta dal fatto che il soggetto non percepisce il proprio corpo come inclinato. Un'altra possibile spiegazione è che ci sia una deviazione ispilaterale torsionale degli occhi conosciuta come Ocular Tilt Reaction (OTR). Esiste una correlazione tra la deviazione torsionale oculare e la verticale visiva soggettiva, e con il passare dei giorni dall'esordio della patologia vestibolare diminuisce la deviazione torsionale e la SVV e la SVH ^[20]. Nel caso di danno completo al sistema vestibolare residua una modesta torsione oculare permanente e un'alterazione della verticale/orizzontale soggettiva ^[20].

Valutazione della verticale e orizzontale visiva soggettiva

La valutazione della verticale visiva soggettiva è considerata un valido esame clinico per valutare la capacità di un individuo di determinare se un oggetto è allineato in posizione verticale senza riferimenti verticali reali ^[5]. L'abilità di giudicare se un oggetto è allineato con la verticale dipende dall'integrazione delle informazioni visive e vestibolari, infatti la valutazione della verticale visiva soggettiva è stata sviluppata per valutare la funzione dell'apparato vestibolare, in particolare degli organi otolitici ^[16,5]. Un metodo conveniente e non invasivo per misurare la percezione della verticalità è il Rod and Frame Test (RFT), diversi studi hanno provato la sua affidabilità. In questo test viene chiesto al paziente di posizionare una barra perfettamente verticale in presenza o meno di una cornice di sfondo. Nello studio di Gord et al. (2002) ^[6] il test viene descritto nel seguente modo: il paziente è seduto a 2,5 metri dalla sbarra, la cornice è di 107 cm² e la sbarra è lunga 102 cm ^[6]. Sia la barra sia la cornice sono fluorescenti in modo da essere visibili in una stanza buia, la barra è ruotata indipendentemente dalla cornice. Vengono effettuati tre test: nel primo test è visibile solo la barra luminosa, nel secondo e nel terzo è visibile la barra dentro la cornice; prima di ogni misurazione vengono fatti chiudere gli occhi al soggetto. Il paziente fa tre prove con la barra posizionata a 10°, quando il soggetto ritiene di aver posizionato la barra in verticale, viene misurata la differenza con la vera verticale. Nel secondo test la cornice è posizionata a 10° e la barra a 30°, e di nuovo si fanno tre tentativi;

nel terzo test la cornice viene sistemata a 0° e la barra 30° . La valutazione viene fatta misurando in gradi la differenza tra la verticale percepita dal paziente e la verticale reale^[6].

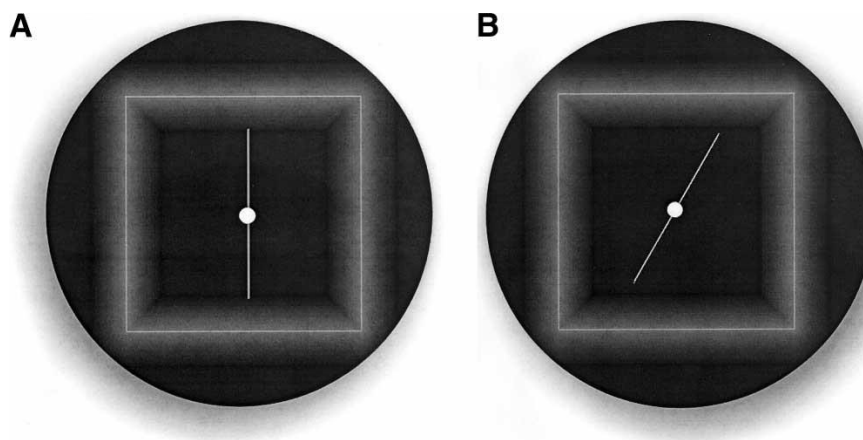


Fig 1. Rod and Frame test: nel primo caso la barra è verticale (A) e nel secondo è ruotata di 30° (B)^[6].

In uno studio di Docherty viene presentata una versione modificata del Rod and Frame test computerizzato (CRFT) utilizzando un paio di occhiali video Olympus Eye-trk FMD 200: sullo schermo vi sono due punti bianchi che rappresentano l'estremità della barra al centro dello schermo, entro la cornice. Il soggetto ha il compito di ruotare i due punti utilizzando i tasti destro e sinistro del mouse in modo da posizionare la barra in verticale o orizzontale a seconda del test^[3]. La simulazione viene ripetuta 18 volte, sia per l'orizzontale sia per la verticale, le prime due sono di prova poi viene effettuato senza la cornice, per non avere riferimenti visivi, con la cornice e infine con la cornice ruotata di 18° sia in senso orario sia in senso antiorario per cercare di confondere i riferimenti visivi^[3]. La deviazione in senso orario rispetto alla verticale reale viene registrata come valore positivo, mentre la deviazione in senso antiorario come valore negativo^[3].

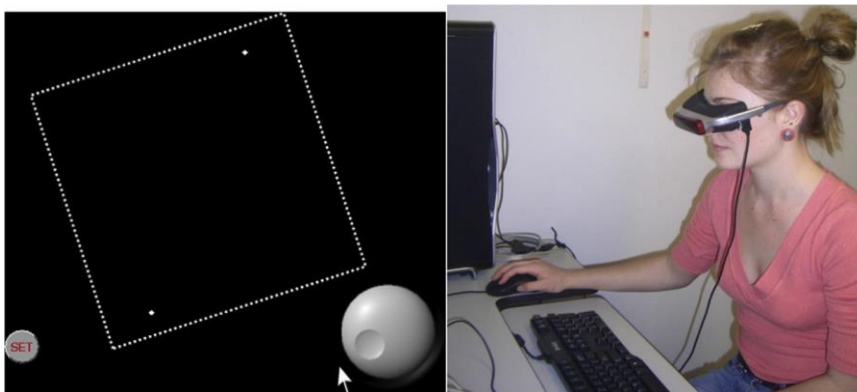


Fig 2. CRFT: il soggetto con il mouse ruota i due punti allineandoli alla vera verticale^[17].

Neck pain

Il neck pain è un problema significativo nei paesi industrializzati, si stima che la prevalenza nella popolazione generale sia circa il 35%^[6]. Il neck pain viene definito come un dolore la cui origine è percepita nell'area anatomica del collo^[2]. Il neck pain può essere accompagnato da altri sintomi come senso di stordimento, vertigine, visione sfuocata^[6].

Nei soggetti con neck pain diversi meccanismi possono portare a un'alterazione della attività afferente, ad esempio eventi infiammatori o ischemici possono portare a cambiamenti chimici che alterano la sensibilità dei recettori^[9]. Un'alterazione degli input afferenti nella regione cervicale può essere causa di sintomi come: vertigine, alterata stabilità posturale, alterato controllo motorio del capo e degli occhi^[9]. Questi deficit di controllo sensorimotorio possono essere presenti in pazienti con neck pain idiopatico ma sono più pronunciati in pazienti con WAD (whiplash associated disorders) e vertigine^[9].

La vertigine viene definita come una sensazione non specifica di disequilibrio e di alterato orientamento nello spazio, che origina da un'anormale attività afferente del collo^[22]. La vertigine è una sensazione soggettiva di instabilità, insicurezza^[9].

Disturbi vestibolari

Le disfunzioni vestibolari periferiche più comuni, che coinvolgono quindi gli organi vestibolari sono: la Vertigine Parossistica Posizionale Benigna (BPPV), la labirintite o neurite, la Sindrome di Menière, la fistola perilinfatica e i disturbi vestibolari bilaterali^[12]. La disfunzione vestibolare bilaterale (BVD) è presente quando si ha un impairment di entrambi i labirinti dell'orecchio interno. In circa la metà dei pazienti non ci sono cause specifiche ma il sintomo principale è l'instabilità^[5]. Un tilt della verticale visiva soggettiva è considerato un segno di disfunzione vestibolare, può essere presente in disturbi periferici o centrali e l'alterazione può essere localizzata a ogni livello della via vestibolare dal labirinto dell'orecchio interno alla corteccia vestibolare^[5]. Nei pazienti con disfunzione vestibolare unilaterale la verticale visiva soggettiva risulta inclinata dello stesso lato della lesione^[5].

La vertigine parossistica posizionale benigna (BPPV) è la più comune patologia vestibolare, ed è causata dalla presenza di particelle mobili (otoliti) nei canali semicircolari che provocano un alterato flusso dell'endolinfa durante i movimenti della testa, generando episodi di vertigine^[8].

Gli studi sull'alterazione della verticale visiva soggettiva in pazienti con BPPV sono discordanti, alcuni non rilevano alterazioni (Bohmer e Rikenmann) mentre altri (Gall et al.) registrano una SVV alterata nella maggior parte dei loro pazienti ^[20].

Obiettivo dello studio

Lo scopo di questo studio è indagare, attraverso una revisione della letteratura, il legame tra alterazione della percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità e alcuni sottogruppi di pazienti, tra i quali soggetti con neck pain, whiplash associated disorders (WAD), disturbi vestibolari. In particolare ricercare quali tipologie di pazienti presentano maggiori alterazioni.

MATERIALI E METODI

Strategia di ricerca

Il seguente studio è una revisione della letteratura. La ricerca è stata effettuata nel periodo tra Ottobre 2015 e Aprile 2016.

Quesito della ricerca: Quali sottogruppi di pazienti, tra i quali soggetti con neck pain, WAD e disturbi vestibolari, presentano maggiori alterazioni della percezione soggettiva della verticalità e dell'orizzontalità?

La ricerca è stata condotta nella banca dati Medline (attraverso il motore di ricerca Pubmed). Per comporre la stringa di ricerca sono state utilizzate le seguenti parole chiave:

"neck pain" [Mesh], "whiplash injuries" [Mesh], "vestibular diseases" [Mesh], vertigo [Mesh], dizziness [Mesh], "subjective visual vertical" , "subjective visual horizontal", "verticality perception", "horizontally perception"

Tali termini sono stati uniti con gli operatori booleani AND , OR per formare la seguente stringa di ricerca:

("neck pain"[MeSH] OR "whiplash injuries"[MeSH] OR "vestibular diseases"[MeSH] OR vertigo[MeSH] OR dizziness[MeSH]) AND ("subjective visual vertical" OR "subjective visual horizontal" OR "verticality perception" OR "horizontally perception")

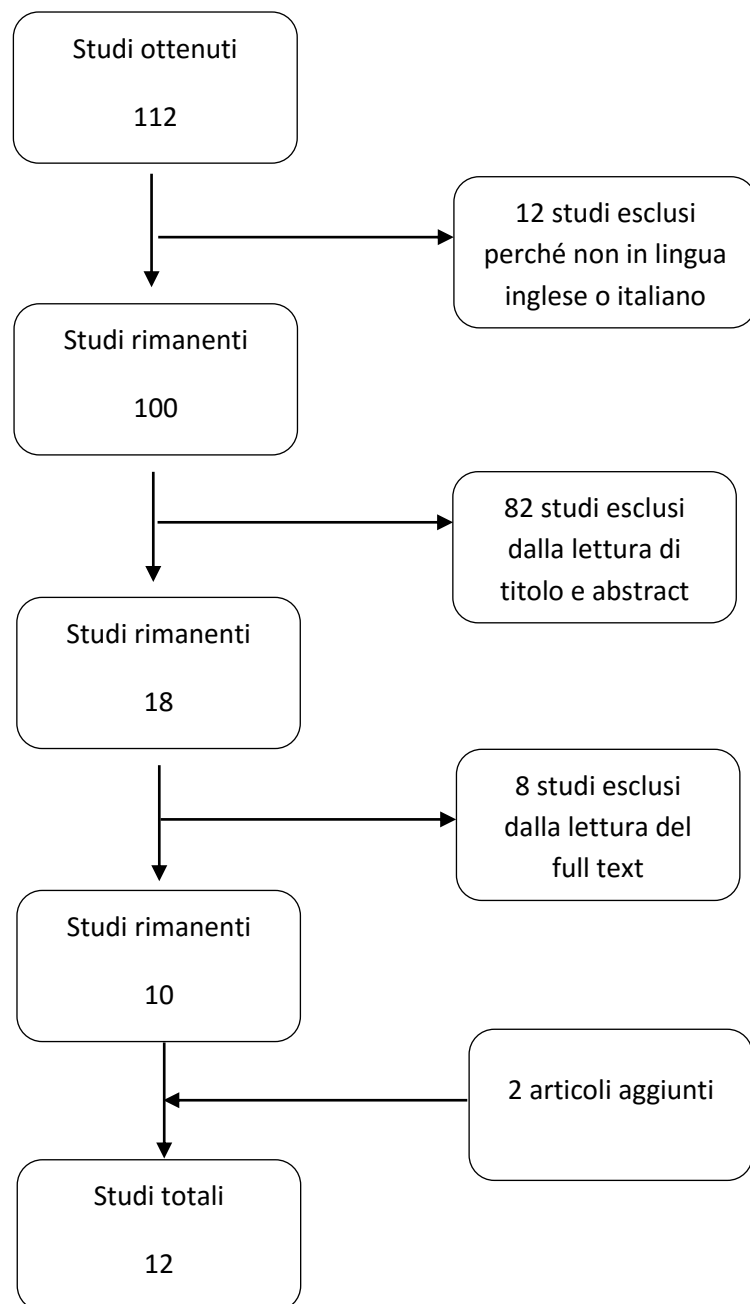
È stata condotta una ricerca anche su Pedro, utilizzando le parole chiave: "subjective visual vertical", "subjective visual horizontal", "verticality perception", "horizontally perception" ,ma è risultato solo un articolo poco rilevante.

Selezione degli studi

Gli articoli ottenuti dalla ricerca sono stati analizzati e selezionati in base ad alcuni criteri di inclusione ed esclusione. Sono stati esclusi gli studi non in lingua inglese o italiano, non pertinenti al quesito di ricerca, in particolare sono stati esclusi gli studi condotti su pazienti con patologie centrali (stroke, sclerosi multipla..), su soggetti sani e sugli animali. Sono stati inclusi gli studi con pazienti con neck pain o whiplash associated disorders o disturbi vestibolari (vertigine parossistica posizionale benigna, sindrome di Ménière, neuriti vestibolari..) in cui

viene indagata la percezione soggettiva della verticalità (SVV), dell'orizzontalità (SVH) o entrambe.

La ricerca ha prodotto in totale 111 articoli su Medline più un articolo su Pedro, in base al criterio di lingua sono stati esclusi 12 articoli, in base alla lettura del titolo e abstract sono stati esclusi 82 articoli; in seguito in base alla lettura del full text, tenendo in considerazione i criteri di esclusione, sono stati esclusi 8 articoli, 2 articoli sono stati aggiunti tramite le related citations.



RISULTATI

Sono stati analizzati 12 studi.

ARTICOLO	DISEGNO DI STUDIO	POPOLAZIONE	MATERIALI E METODI	RISULTATI
Böhmer et al. (1995)^[1] The subjective visual vertical as a clinical parameter of vestibular function in peripheral vestibular diseases.		25 soggetti sani (13-57 anni), 32 pazienti con neurectomia vestibolare, 20 pazienti con neuriti, 19 con BPPV, 4 con herpes zoster	Test per SVV: in una stanza buia soggetto distante 1.5 m dal muro su cui è fissata una barra (30x1 cm) in posizione obliqua, il soggetto dà indicazioni all'istruttore su come ruotare la barra in modo da essere posizionata esattamente in verticale. Vengono effettuate 5 misurazioni partendo con la barra a 40° e 25° in senso orario e antiorario e a 0°. Viene valutata la verticale soggettiva in posizione eretta (SVu) come l'angolo medio in gradi tra la verticale reale e la verticale percepita dai pazienti nelle 5 misurazioni.	Nei soggetti sani il valore medio è $-0.1 \pm 0.6^\circ$ con un range di $1.6 \pm 0.6^\circ$, da qui viene definito il range normale della SVu di $-2^\circ \pm 2^\circ$. Nei soggetti operati di neurectomia vestibolare la SVu è spostata verso l'orecchio operato e il valore medio è $12.4 \pm 5.1^\circ$. Nei soggetti con neuriti l'alterazione della SVu è minore rispetto al gruppo precedente ($6.8 \pm 7.1^\circ$). Nei soggetti con BPPV la SVu si colloca nel range normale ad eccezione di un soggetto (2.4° verso l'orecchio affetto).
Vibert et al. (1999)^[21] Subjective visual	Studio prospettico	28 soggetti normali e 55 pazienti: 38 con neuriti (Ne)	SVV misurata con due metodi: nel primo test (binocular test) il	Si nota alterazione della SVV nei soggetti con disturbi vestibolari, in

vertical in peripheral unilateral vestibular diseases.		(16 donne, 22 uomini tra i 20 e 78 anni) e 17 con labirintiti virali (VL) (8 donne, 9 uomini tra i 28 e 71 anni). I dati sono confrontati con pazienti post neurectomia vestibolare (9 soggetti) e labirintectomia (5 soggetti).	paziente è seduto e deve ruotare una barra in verticale. Nel secondo, Maddox rod test (monocular test), viene effettuato utilizzando dei particolari occhiali che trasformano l'immagine di un punto luminoso in una linea, al paziente viene chiesto di aggiustare la linea luminosa secondo l'asse verticale. La misura della verticale visiva viene effettuata tramite una scala graduata posizionata attorno agli occhiali.	particolare dopo la chirurgia è presente un tilt di 10-30° nel primo test e 5-15° nel Maddox rod est. Nei pazienti con neurite la SVV presenta un tilt >2° nel 37% nel primo test e >4° al Maddox rod nel 42%. Nei pazienti con labirintite virale la SVV ha un tilt >2° nel 47% nel primo test e >4° nel 41% nel Maddox rod. Il tilt della SVV non presenta differenze significative tra il gruppo della neurite e quello delle labirintite. In entrambi i gruppi la verticale visiva è ruotata verso il lato dell'orecchio affetto.
Gord et al. (2002) ^[6] Effect of neck pain on verticality perception: a cohort study.	Cohort study	19 soggetti (11 donne, 8 uomini) con neck pain (acuto o ricorrente senza dolore riferito e deficit neurologici) e 17 soggetti (7 donne, 10 uomini) asintomatici.	Rod and Frame test: riposizionare una barra luminosa in verticale. 3 test: nel primo la barra ruotata di 10°, nel secondo la barra 30° e la cornice 10°, nel terzo la barra 30° e la cornice 0°. Outcome: gradi di differenza tra la verticale reale e la verticale soggettiva (SVV)	L'analisi di varianza a due vie (ANOVA) mostra risultati statisticamente significativi tra soggetti sintomatici e asintomatici (P=0.001), inoltre vi sono differenze rilevanti tra i tre test (P=0.001). In particolare nei soggetti sani la deviazione media è 1.2±1.34 nel 1° test, 5.02±2.97 nel 2°, 0.55±0.62 nel 3°; mentre nei soggetti con neck pain la deviazione è 2.95±3.61 nel 1° test,

				7.16±3.65 nel 2° e 2.63±3.01 nel 3°.
Min et al. (2007) ^[13] Clinical use of subjective visual horizontal and vertical in patients of unilateral vestibular neuritis.		35 soggetti con neurite vestibolare (19 uomini e 17 donne), di cui 11 sono affetti dal lato destro e 24 a sinistra.	I pazienti sono stati valutati tramite l'esame fisico, l'elettronistagmografia e il caloric test. La SVV e SVH vengono valutate in fase acuta e subacuta. Il paziente è seduto a 1.5m da un monitor in una stanza buia, sul monitor si visualizza una barra di 20 cm di lunghezza e 0.3cm di spessore e può essere ruotata in senso orario o antiorario tramite una tastiera. Il test viene ripetuto tre volte per la SVV e successivamente per la SVH, poi si calcola un valore medio. Vengono somministrata anche due questionari: Dizziness Handicap Inventory (DHI) e Vestibular Disorders Activities of Daily Living Scale (VADL). Tutti i pazienti sono sottoposti a riabilitazione vestibolare e dopo 4 settimane viene rivalutata la SVV e SVH.	La deviazione media della SVH in fase acuta è 2.35±1.74° e per la SVV è 3.51±2.49°. Dopo 4 settimane di riabilitazione vestibolare la SVH è 1.27±1.04° e la SVV 1.35±1.14°. Quindi dopo la riabilitazione i valori sono significativamente migliorati (p<0.05). La deviazione di SVH e SVV è stata registrata dal lato affetto rispettivamente nel 94 e nell'80%.

Ushio et al. (2007)^[19] Subjective visual horizontal in patients with posterior canal benign paroxysmal positional vertigo.		28 pazienti con vertigine parossistica posizionale benigna del canale posteriore (p-BPPV) (10uomini e 18 donne, età media 59.1 anni), 17 con neuriti (12 uomini e 5 donne, età media 54.5 anni)	Misurazione della SVH: viene usato un device che emette una luce rossa di fronte al paziente. I pazienti devono ruotare la barra in posizione orizzontale in una stanza buia. La deviazione verso il lato affetto è considerata con un valore positivo. Vengono fatte 4 misurazioni. Range normale di deviazione: $\pm 2.2^\circ$	Valori SVH nei pazienti con p-BPPV: $-0.49 \pm 1.21^\circ$, solo 2 pazienti hanno un deviazione SVH $> 2.2^\circ$. Nell' 82% dei soggetti la deviazione è verso il lato non affetto. Nei soggetti con neuriti la SVH è : $3.69 \pm 3.30^\circ$, nell'88.2% dei casi la deviazione è verso il lato affetto. La differenza tra i soggetti sani e soggetti con neuriti è statisticamente significativa $p < 0.01$
Pagarkar et al. (2008)^[15] Subjective visual vertical and horizontal: effect of the preset angle.	Prospective case-control study	17 soggetti sani (età media 35.5 anni), 9 pazienti con disfunzione vestibolare periferica (PDV) (età media 43.1 anni) e 10 pazienti con sindrome di Ménière (MD) (età media 50.7 anni)	Misurazione della SVV e SVH: un soggetto seduto in una stanza buia deve riposizionare in verticale o orizzontale un linea utilizzando un "remote control". La linea di 1.6m di lunghezza proiettata con il laser a 1.6m di distanza dal soggetto. Vengono effettuate 12 misurazioni, la linea è ruotata secondo un angolo random, 6 volte in senso orario e 6 in senso antiorario.	2 soggetti (22%) con PDV hanno valori anormali di SVV e SVH e manifestano sintomi di disequilibrio. 5 pazienti con MD (50%) hanno valori anormali di SVV e SVH. Valori medi di SVV: 0.16 ± 0.96 nel gruppo di controllo, 0.14 ± 1.65 nel gruppo PVD, -0.45 ± 2.32 nel gruppo MD. Valori medi di SVH: -0.17 ± 1.44 nel gruppo di controllo, -0.46 ± 2.63 nel gruppo PVD, -0.98 ± 2.66 nel gruppo MD. Relazione tra la SVV e la direzione iniziale della linea più evidente nei soggetti con MD e PDV rispetto ai controlli.

Hong et al. (2008) ^[8] Subjective visual vertical during eccentric rotation in patients with benign paroxysmal positional vertigo.	Studio retrospettivo	23 pazienti con BPPV (14 femmine e 9 machi) e 20 soggetti asintomatici (11 femmine e 9 maschi).	La verticale visiva soggettiva viene misurata con una sedia rotante e un SVV device che contiene una barra rossa che deve essere riposizionata in verticale. Per stimolare solo l'utricolo destro l'asse di rotazione della sedia viene inclinato di 3.5 cm verso il lato destro e il paziente viene fatto ruotare di 300° per secondo. Poi viene ripetuto sul lato sinistro.	Nei pazienti con BPPV il valore medio di SVV è 1°, nel gruppo di controllo è 1.5°, questi risultati non differiscono in modo significativo ($p>0.05$). SVV misurata durante rotazione eccentrica lato destro: SVV 1° in pazienti con BPPV dal lato destro, in pazienti con BPPV dal lato sinistra è 5.5°, nel gruppo di controllo è 4.5°, quindi vi sono differenze significative ($p<0.05$). Rotazione eccentrica lato sinistro: SVV in pazienti con BPPV dal lato sinistro è 4°, in pazienti con BPPV dal lato destro è 7° e nel gruppo di controllo è 6.5°, questo mostra differenze significative ($p<0.05$).
Kumagami et al. (2009) ^[10] Subjective visual vertical test in patients with chronic dizziness without abnormal findings in routine vestibular function tests.		44 soggetti (18 uomini e 26 donne, tra i 21 e 81 anni) con dizziness da più di 3 mesi, no risultati anomali ai test per il sistema vestibolare e alla RM dell'encefalo (no soggetti con problemi psicologici e neurologici). 51 soggetti normali (32 uomini e 19 donne tra i 21 e 81 anni).	Misurazione della SVV: soggetto seduto in una stanza buia, davanti a lui viene proiettata una barra luminosa di 80 mm di lunghezza. Il soggetto riposiziona la barra in verticale utilizzando un joystick. 10 misurazioni per ogni soggetto.	Nei soggetti normali la deviazione della SVV è $0.22\pm1.26^\circ$, ma il range è compreso tra -2.30° e $+2.74^\circ$. Nel gruppo dei pazienti 3 casi, corrispondenti al 6.8% dei soggetti, mostrano un tilt anormale della SVV. Questi tre casi presentano delle aree iperintense della sostanza bianca alla RM, probabilmente legate all'età.

Docherty et al. (2012)^[3] Perception of subjective visual vertical and horizontal in patients with chronic neck pain: a cross-sectional observational study.	Cross-sectional observational study	50 soggetti con chronic neck pain CNP (neck pain con o senza dolore alle braccia della durata di almeno 4 settimane) e 50 soggetti senza neck pain nei mesi precedenti.	Rod and Frame test computerizzato (CRAF): sia per la percezione della verticale sia per l'orizzontale. 18 test, i primi 2 di prova, poi senza cornice, con la cornice ruotata in senso orario e antiorario. Numerical rating scale (NRS) per l'intensità del dolore (0-10) e il Neck Disability Index (NDI).	Test senza cornice: in entrambi i gruppi si registrano errori entro un limite considerato normale per la SVV (90% entro 1.74°) e SVH (90% entro 1.37°) Test con la cornice: incremento significativo di errori con il riquadro ruotato in entrambi i gruppi ($p<0.001$), e differenze significative tra il gruppo con neck pain e il gruppo di controllo, $p=0.008$ per SVV e $p<0.001$ per SVH. No significative differenze nei test con la cornice ruotata in senso orario o antiorario ($p<0.05$). La comparazione tra i risultati del test orizzontale e verticale nei due gruppi di popolazione mostra maggiori errori nel test orizzontale (gruppo CNP $p=0.003$, gruppo controllo $p=0.015$). Il gruppo con CNP è stato diviso in due sottogruppi: 18 pazienti con dolore bilaterale e 29 con dolore unilaterale; non sono state riscontrate differenze significative di errori per la SVV e la SVH. Nel
--	--	--	--	--

				gruppo con dolore unilaterale no differenze significative a seconda del lato verso cui è ruotata la cornice.
Hiengkaew et al. (2014)^[7] Postural balance, visual verticality perception, and its association in individuals with and without neck pain.		14 soggetti con neck pain (3 maschi e 11 femmine), neck pain non traumatico senza dolore riferito; 14 soggetti asintomatici (senza storia di neck pain negli ultimi sei mesi)	Test per la stabilità posturale: viene utilizzata una piattaforma di forza per misurare l'ampiezza dello spostamento del centro di pressione in direzione medio-laterale e antero-posteriore (cm), la lunghezza totale dell'oscillazione (cm) e la velocità media di oscillazione (cm/s). Il test viene eseguito con i piedi leggermente distanziati alla larghezza delle spalle, braccia lungo il corpo e guardando dritto. Rod and Frame test al computer: la cornice è ruotata di 30° e 10° e la barra di 28° a destra o a sinistra.	Si osserva un incremento significativo della lunghezza totale di oscillazione ($p=0.001$) e della velocità media ($p=0.001$) tra i soggetti con neck pain rispetto al gruppo di controllo. Nei soggetti con neck pain è stata registrata una maggiore deviazione della percezione della verticale visiva, ma non vi sono differenze statisticamente significative. Quindi l'equilibrio posturale è alterato nei soggetti con neck pain, ma questo non è associato con la percezione della verticale visiva nei soggetti con o senza neck pain.
Treleaven et al. (2015)^[17] High variability of the subjective visual vertical test of	Cross-sectional study	142 soggetti (tra i 18 e 60 anni): 48 asintomatici, 36 con neck pain idiopatico (INP), 42 WAD	Rod and Frame test computerizzato come descritto nello studio di Docherty del 2012. Vengono fatte 4 misurazioni per ogni sessione, la	L'errore assoluto nel gruppo di controllo è 1.64 ± 0.88 , nel gruppo con neck pain 1.97 ± 0.83 e nel gruppo con WAD 1.54 ± 0.58 ; la differenza tra i tre gruppi non è

vertical perception, in some people with neck pain - Should this be a standard measure of cervical proprioception?.			sessione viene ripetuta 5 volte. La deviazione in senso orario viene registrata come valore positivo, in senso antiorario come valore negativo. Vengono calcolati 4 tipi di errori: AE errore assoluto, CE errore costante, VE errore variabile, RMSE root mean square error.	statisticamente significativa $p=0.06$. Il gruppo neck pain ha una maggiore variabilità degli errori della SVV rispetto al gruppo di controllo e al WAD, infatti $CE = -0.18 \pm 1.51$, $VE = 1.72 \pm 0.75$, $RMSE = 2.43 \pm 0.98$. Gruppo WAD: $CE = -0.12 \pm 1.02$, $VE = 1.35 \pm 0.56$, $RMSE = 1.85 \pm 0.70$. Gruppo di controllo : $CE = -0.06 \pm 1.38$, $VE = 1.22 \pm 0.49$, $RMSE = 1.92 \pm 0.96$. L'errore variabile confrontato tra i tre gruppi ha una differenza significativa $p=0.004$, e anche il RMSE con $p=0.01$. In particolare tra INP e il gruppo di controllo c'è una differenza significativa $p=0.001$ confrontando l'errore variabile e $p=0.01$ analizzando il RMSE. Tra WAD e gruppo di controllo non c'è differenza significativa $p=0.29$ analizzando il VE e $p=0.91$ analizzando il RMSE.
Toupet et al. (2015) ^[16]	Prospective cross-sectional	6735 soggetti con diversi disturbi vestibolari e 315	Misurazione della SVV: il paziente è seduto a 2m di	In media la SVV è deviata dal lato della presentazione della barra.

Subjective Visual Vertical Tilt Attraction to the Side of Rod Presentation: Effects of Age, Sex, and Vestibular Disorders.	study	soggetti nel gruppo di controllo.	distanza da una barra luminosa di 30 cm. La barra si presenta inclinata di 45° dalla verticale a sinistra e a destra in modo alternato per 12 volte. Il soggetto posiziona la barra in verticale con un “remote control”. La deviazione a destra è considerata positiva, a sinistra negativa. “Visual attraction index” (VAI) è la somma delle deviazioni della SVV dopo 12 misurazioni. (Un indice positivo indica un’attrazione media verso il lato iniziale di presentazione, a sinistra, e un valore negativo l’effetto opposto).	Nei pazienti con BPPV la SVV e il VAI non sono influenzati dal lato della malattia (SVV $-0.1 \pm 0.11^\circ$ per la BPPV a destra, 0.02 ± 0.10 per BPPV a sinistra, -0.7 ± 0.10 bilaterale). Così anche per la malattia di Ménière. Nel gruppo dei pazienti con debolezza unilaterale (include neuriti, neurectomie) la SVV è influenzata dal lato della patologia ($2.9 \pm 0.37^\circ$ per il lato destro e $-2.4 \pm 0.25^\circ$ per il lato sinistro).
--	-------	-----------------------------------	---	---

Dei 12 articoli presi in considerazione, 7 prendono in considerazione pazienti con disturbi vestibolari, 4 studi analizzano pazienti con neck pain, 1 tratta soggetti con WAD (in particolare confronta pazienti con neck pain e WAD) e uno studio esamina un campione di soggetti con dizziness. Per quanto riguarda i disturbi vestibolari maggiormente presi in considerazione in questi studi sono: la vertigine parossistica posizionale benigna (BPPV), la neurite vestibolare e la sindrome di Ménière, inoltre alcuni studi prendono in considerazione gruppi di pazienti post chirurgia vestibolare come neurectomia vestibolare e labirintectomia. 8 studi analizzano la misurazione della verticale visiva soggettiva, in uno studio viene misurata solo l'orizzontale visiva soggettiva e 3 studi misurano sia la SVV sia la SVH.

DISCUSSIONE

Lo scopo principale di questa revisione è indagare l'alterazione della percezione della verticalità e dell'orizzontalità nei soggetti con neck pain, whiplash associated disorders (WAD) e disturbi vestibolari. Abbiamo, quindi, selezionato studi in cui viene misurata la verticale visiva soggettiva (SVV) e l'orizzontale visiva soggettiva (SVH) in gruppi di pazienti appartenenti alle categorie sopraindicate.

Finora la misurazione della SVV è stata considerata come un metodo di approccio per la valutazione della funzione degli organi otolitici, perché la sensibilità degli otoliti alla forza di gravità suggerisce che possano avere un ruolo importante nella stima dell'orientamento verticale ^[14].

La prima osservazione da tenere presente è che non c'è un metodo prestabilito di misurazione della SVV, infatti negli studi presi in esame vengono utilizzate metodologie differenti. I test più usati sono il Rod and Frame test (RFT) e il Rod and Frame test computerizzato (CRFT) ma non vi sono dei parametri standardizzati, ad esempio per quanto riguarda le dimensioni della barra luminosa, la distanza del soggetto dallo schermo, i gradi di inclinazione della cornice e della linea. Questo può portare ad ottenere risultati diversi e rendere difficile il confronto fra gli studi.

Inoltre un altro limite è rappresentato dall'esiguo numero di pazienti presi in esami, tutti gli studi, ad eccezione del lavoro di Toupet et al. (2015) ^[16], hanno un campione limitato e ciò rende difficile generalizzare i dati ottenuti alla popolazione generale.

Per quanto concerne la valutazione della SVV nei soggetti con neck pain viene misurata, per la prima volta, nello studio di Gord et al. (2002) ^[6] utilizzando il Rod and Frame test. Negli articoli esaminati si osserva che nei soggetti con neck pain la SVV risulta alterata rispetto al gruppo di controllo, in particolare negli studi di Gord et al. (2002) ^[6], Docherty et al. (2012) ^[3], Treleaven et al. (2015) ^[17] c'è una differenza significativa con $p < 0.05$ tra i soggetti con neck pain e il gruppo di controllo, mentre nello studio di Hiengkaew et al (2014) ^[7] la differenza non è significativa. Quando il test viene ripetuto in presenza della cornice ruotata si registra un aumento degli errori, ad esempio nello studio di Docherty et al. (2012) ^[3] la SVV nei soggetti con neck pain cronico passa da 0.90 ± 0.51 in assenza di cornice a 3.73 ± 4.50 con la cornice deviata. In tale studio si osserva una differenza significativa ($p < 0.001$) quando la cornice viene ruotata sia

nel gruppo con CNP sia nel gruppo di controllo. Anche nello studio di Gord et al. (2002) ^[6] è presente una differenza significativa tra i tre test ($p=0.001$), in particolare la deviazione della SVV va da 2.95 ± 3.61 senza cornice a 7.16 ± 3.65 nel secondo test con la cornice ruotata. Sembra che in presenza di informazioni visive il soggetto sia condizionato maggiormente da esse, invece in totale assenza di riferimenti visivi deve fare affidamento più sul sistema propriocettivo e vestibolare per avere la percezione dell'orientamento spaziale. Tuttavia l'efficienza delle informazioni visive e quelle provenienti dagli otoliti contribuiscono al controllo posturale e possono portare a modificare la posizione del capo rispetto al corpo ^[14]. Inoltre vi sono altre informazioni che possono contribuire alla stima della SVV, come le informazioni somatosensoriali provenienti dal distretto cervicale, le informazioni cutanee, muscolari e articolari^[14].

Dallo studio di Hiengkaew et al (2014) ^[7] si può osservare che vi sono delle differenze nell'errore assoluto della SVV tra soggetti con neck pain e soggetti asintomatici, anche se i dati non superano i $\pm 2^\circ$ di deviazione, ovvero il range considerato normale dallo studio di Faralli et al. (2009) ^[4]. Inoltre si registra una differenza significativa per quanto riguarda la stabilità posturale (lunghezza totale di oscillazione e velocità media $p=0.001$) tra i due gruppi ma non sembrano esserci correlazioni tra questi dati e la percezione della verticalità.

In un recente studio di Treleaven et al. (2015) ^[17] si nota che l'errore assoluto della deviazione della SVV non è una misura sensibile per valutare gli impairments della percezione della verticalità nei soggetti con neck pain idiopatico (INP); invece misure di variabilità come l'errore variabile (VE) e il root mean square error (RMSE), rilevano differenze tra i soggetti sani e soggetti con neck pain. Infatti confrontando l'errore assoluto nei tre gruppi presi in esame, INP, WAD e gruppo di controllo si ha $p=0.06$, mentre analizzando l'errore variabile il p-value è 0.004, anche confrontando il RMSE risultano delle differenze statisticamente significative ($p=0.01$). I soggetti con INP in questo studio hanno un'alta variabilità di errore, avendo una strategia alterata per mantenere la percezione della verticalità con il CRFT, devono aumentare la variabilità della performance. Un limite degli studi precedenti può essere quello di aver considerato solamente l'errore assoluto della deviazione della verticale e non l'errore variabile. Da questi studi emerge che sono necessarie ulteriori ricerche per poter considerare la percezione della verticalità, misurata con il CRFT, come una misura clinicamente importante per la valutazione della propiocezione cervicale in pazienti con neck pain. La percezione dell'orizzontale visiva soggettiva (SVH) in pazienti con neck pain, in particolare

con neck pain cronico, viene indagata per la prima volta nello studio di Docherty et al. (2012) ^[3] e si registra una differenza significativa tra questi soggetti e il gruppo di controllo nel test con la cornice ruotata ($p < 0.001$), inoltre emergono maggiori errori nel test orizzontale rispetto a quello verticale in entrambi i gruppi. In generale la SVH è meno studiata della SVV, ed è stata introdotta più di recente come misurazione.

Per quanto riguarda i whiplash associated disorders la percezione della verticale visiva non è ancora molto studiata in questo ambito. Soggetti con WAD possono lamentare maggiori disabilità in termini di dolore e dizziness ma questo non sembra essere correlato all'alterazione della SVV come emerge dallo studio di Treleaven et al. (2015) ^[17]. Nello studio vengono registrati oltre all'errore assoluto anche l'errore relativo e il RMSE ma non emerge una differenza significativa tra i pazienti con WAD e il gruppo di controllo: $p = 0.29$ confrontando l'errore relativo e $p = 0.91$ confrontando il RMSE (si considera una differenza statisticamente significativa $p < 0.05$). Questi risultati differiscono da altri test di propriocezione cervicale come lo standing balance o il riposizionamento del capo in posizione neutra, in cui i pazienti con WAD, in particolare quelli che lamentano dizziness, registrano maggiore oscillazione posturale e maggiori errori nel riposizionamento del capo ^[17].

Dallo studio di Kumagami et al. (2009) ^[10] si può notare che anche nei pazienti con dizziness cronica da più di tre mesi non c'è correlazione con l'alterazione della SVV, dato che solo 3 pazienti su 44 presentano una deviazione anormale. Nei gruppi di pazienti con WAD e dizziness in cui possiamo avere delle informazioni sensoriali alterate ma la funzione vestibolare è conservata, non si registrano molte alterazioni della SVV.

Per quanto riguarda i disturbi vestibolari nei primi studi che misurano la SVV (Bohmer et al. (1995) ^[1] e Vibert et al. (1999) ^[21]) in queste tipologie di pazienti emergono subito dell'alterazioni della verticale visiva. In particolare i pazienti che presentano maggiori alterazioni sono quelli post chirurgia vestibolare con un valore medio di deviazione della SVV oltre i 10° , quest'alterazione diminuisce progressivamente dopo l'operazione, anche se in alcuni casi persiste un tilt della SVV anche dopo 3 anni.

Un sottogruppo di pazienti che viene analizzato spesso è quello affetto da neurite vestibolare, una patologia caratterizzata da un acuto senso di vertigine, nistagmo, disequilibrio, nausea. Dalla letteratura emerge che i soggetti con neuriti presentano un'alterazione della SVV, anche

se in misura minore rispetto ai post chirurgici. Inoltre la deviazione tende verso il lato affetto. Nello studio di Min et al. (2007) ^[13] si è visto che vi sono cambiamenti significativi della SVV e SVH in pazienti con neuriti dopo un periodo di riabilitazione vestibolare di 4 settimane secondo il metodo Cawthorne-Cooksley.

La percezione della verticale visiva in pazienti con BPPV viene studiata da Hong et al. (2008) ^[8] in modo non convenzionale, durante una rotazione eccentrica, in modo da stimolare solo un labirinto. In questo modo si ottengono delle differenze significative tra i soggetti con BPPV e il gruppo di controllo: quando un soggetto è ruotato verso il lato sano tende di più a ruotare la barra verso il lato affetto, mentre quando viene stimolato il lato affetto il soggetto tende meno spesso a ruotare la barra verso il lato sano. Questo può avvenire perché dal lato affetto la stimolazione dell'utricolo non avviene in modo efficace. Tali differenze non si registrano in assenza della rotazione eccentrica, e risultati simili si possono vedere in altri studi, anche per quanto riguarda la SVH, come si nota nel lavoro di Ushio et al. (2007) ^[19] in cui solo il 7.1% dei pazienti con BPPV registra una deviazione anomala della SVH. Inoltre nell'82% dei casi la deviazione avviene verso il lato sano, ma la spiegazione di questo fenomeno non è ancora chiara.

Un'ulteriore considerazione riguarda il "preset angle", l'angolo di inclinazione iniziale della linea, poiché dagli studi di Pagarkar et al. (2008) ^[15] e Toupet et al (2015) ^[16] emerge che può influenzare la SVV soprattutto nei soggetti con disturbi vestibolari (sindrome di Ménière e DVP). La deviazione della SVV tende verso la direzione iniziale della linea, mentre per quanto riguarda la SVH si è registrata una relazione con l'angolo di deviazione iniziale nel senso opposto; questo fenomeno viene definito da Toupet come "visual attraction". Probabilmente la direzione iniziale viene memorizzata dalla memoria visiva a breve termine e questo influenza la percezione della verticalità. Dunque questa caratteristica può rappresentare un bias quando si confronta la SVV in soggetti diversi o più misurazioni della SVV nello stesso soggetto.

CONCLUSIONI

L'orientamento spaziale è frutto dell'integrazione dei tre sistemi sensoriali: il sistema visivo, vestibolare e somatosensoriale, ed è importante per il controllo della postura, dell'equilibrio, durante la stazione eretta e il cammino. La verticale visiva soggettiva (SVV) è la capacità di un soggetto di indicare quella che è una linea perfettamente verticale e analogamente, per quanto riguarda l'orizzontale visiva soggettiva (SVH), indicare una linea perfettamente orizzontale.

Un limite della revisione è rappresentato dal ridotto numero di studi che valutano la SVV e SVH nei soggetti con neck pain, WAD, dizziness e disturbi vestibolari, e dall'assenza di un test standardizzato per la valutazione di questa misura. Considerando anche il fenomeno del visual attraction risulta necessario definire un protocollo per il test per la valutazione della SVV e SVH in modo da facilitare l'interpretazione e il confronto dei risultati.

Dall'analisi non è emersa una forte correlazione tra i soggetti con neck pain e l'alterazione della SVV, forse sono necessari ulteriori ricerche per capire se la SVV può essere considerata una misura utile nella pratica clinica in questi gruppi di pazienti.

Per quanto riguarda la relazione tra whiplash associated disorders e SVV o SVH non è possibile trarre conclusioni data la presenza di un solo articolo.

Alterazioni maggiori della SVV e SVH sono state riscontrate nei soggetti con disturbi vestibolari, in modo particolare nei soggetti post chirurgia vestibolare, poi nei pazienti con neurite, mentre in misura minore nei soggetti con BPPV.

La misurazione della SVV viene considerata come un metodo di approccio per la valutazione della funzione degli organi otolitici, data la sensibilità degli otoliti alla forza di gravità si pensa che possano avere un ruolo importante nella stima dell'orientamento verticale ^[14], perciò essendo una misurazione semplice, non invasiva, potrebbe essere uno strumento utile per la valutazione delle manifestazioni cliniche dei disturbi vestibolari. Si rendono necessarie, però, ulteriori ricerche per essere inserita nei test di valutazione della funzione vestibolare.

BIBLIOGRAFIA

1. Böhmer A, Rickenmann J. The subjective visual vertical as a clinical parameter of vestibular function in peripheral vestibular diseases. *J Vestib Res.* 1995 Jan-Feb;5(1):35-45.
2. Côté P, van der Velde G, Cassidy JD, Carroll LJ, Hogg-Johnson S, Holm LW, et al. The burden and determinants of neck pain in workers: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine.* 2008 Feb 15;33(4 Suppl):S60-74.
3. Docherty S, Schärer R, Bagust J, Humphreys BK. Perception of subjective visual vertical and horizontal in patients with chronic neck pain: a cross-sectional observational study. *Man Ther.* 2012 Apr;17(2):133-8.
4. Faralli M, Longari F, Ricci G, Ibba MC, Frenguelli A. Influence of extero- and proprioceptive afferents of the plantar surface in determining subjective visual vertical in patients with unilateral vestibular dysfunction. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2009 Oct;29(5):245-50.
5. Funabashi M, Santos-Pontelli TE, Colafêmina JF, Pavan TZ, Carneiro AA, Takayanagui OM. A new method to analyze the subjective visual vertical in patients with bilateral vestibular dysfunction. *Clinics.* 2012 Oct;67(10):1127-31.
6. Grod JP, Diakow PR. Effect of neck pain on verticality perception: a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002 Mar;83(3):412-5.
7. Hiengkaew V, Panichaporn W, Thanungkul S. Postural balance, visual verticality perception, and its association in individuals with and without neck pain. *J Med Assoc Thai.* 2014 Jul;97 Suppl 7:S70-4.
8. Hong SM, Park MS, Cha CI, Park CH, Lee JH. Subjective visual vertical during eccentric rotation in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Otol Neurotol.* 2008 Dec;29(8):1167-70.
9. Kristjansson E, Treleaven J. Sensorimotor function and dizziness in neck pain: implications for assessment and management. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009 May;39(5):364-77.

10. Kumagami H, Saino Y, Baba A, Fujiyama D, Takasaki K, Takahashi H. Subjective visual vertical test in patients with chronic dizziness without abnormal findings in routine vestibular function tests. *Acta Otolaryngol Suppl.* 2009 Jun;(562):46-9.
11. Mazibrada G, Tariq S, Pérennou D, Gresty M, Greenwood R, Bronstein AM. The peripheral nervous system and the perception of verticality. *Gait Posture.* 2008 Feb;27(2):202-8.
12. McDonnell MN, Hillier SL. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015, Issue 1.
13. Min KK, Ha JS, Kim MJ, Cho CH, Cha HE, Lee JH. Clinical use of subjective visual horizontal and vertical in patients of unilateral vestibular neuritis. *Otol Neurotol.* 2007 Jun;28(4):520-5.
14. Nechel V, Toupet M, Bodson I. The subjective visual vertical. *Adv Otorhinolaryngol.* 2001;58:77-87.
15. Pagarkar W1, Bamiou DE, Ridout D, Luxon LM. Subjective visual vertical and horizontal: effect of the preset angle. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008 Apr;134(4):394-401.
16. Toupet M, Van Nechel C, Grayeli AB. Subjective Visual Vertical Tilt Attraction to the Side of Rod Presentation: Effects of Age, Sex, and Vestibular Disorders. *Otol Neurotol.* 2015 Jul;36(6):1074-80.
17. Treleaven J, Takasaki H. High variability of the subjective visual vertical test of vertical perception, in some people with neck pain - Should this be a standard measure of cervical proprioception?. *Man Ther.* 2015 Feb;20(1):183-8.
18. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther* 2008 Feb;13(1):2-11.
19. Ushio M, Murofushi T, Iwasaki S. Subjective visual horizontal in patients with posterior canal benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otolaryngol.* 2007 Aug;127(8):836-8.
20. Vannucci P. La Verticale e/o Orizzontale Visiva Soggettiva. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2003 ;23 (suppl 75):74-9.
21. Vibert D, Häusler R, Safran AB. Subjective visual vertical in peripheral unilateral vestibular diseases. *J Vestib Res.* 1999;9(2):145-52. Erratum in: *J Vestib Res* 2000;10(1):57-8.
22. Wrisley DM, Sparto PJ, Whitney SL, Furman JM. Cervicogenic dizziness: a review of diagnosis and treatment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000 Dec;30(12):755-66.