



Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

CONTROLLO POSTURALE E RIABILITAZIONE VIRTUALE NELL'ANZIANO:
INDIVIDUAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO
PER LA VALUTAZIONE DELL'EQUILIBRIO STATICO
CON PEDANA STABILOMETRICA
IN UN CAMPIONE DI POPOLAZIONE ULTRASESSANTENNE

Postural control and virtual rehabilitation in the elderly:
identification of reference values for the assessment of static balance with
stabilometric platform in a sample of a population over 60 years old

RELATORE: Dott.ssa Mag. Luigia Sangiani

Correlatore: Dott.ssa Mag. Marcella Pevere

LAUREANDO: Gastaldi Alvisè

Anno accademico 2022-2023

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1	2
LA SINDROME DA INSTABILITA' NELL'ANZIANO	2
1.1 – Sistema di controllo posturale	2
1.2 – Modificazioni indotte dall'invecchiamento.....	6
1.3 – Conseguenze e implicazioni delle cadute.....	8
CAPITOLO 2	11
L'ANALISI POSTURALE	11
2.1 – Posturografia	11
2.2 – Parametri del CoP utilizzati nella valutazione del controllo posturale	13
2.3 – Il VRRS Evo.....	14
CAPITOLO 3	16
MATERIALI E METODI	16
3.1 – Modalità di campionamento	16
3.2 – Descrizione del campione	16
3.3 – Somministrazione della Berg Balance Scale.....	18
3.4 – Esecuzione di alcune prove di equilibrio statico sulla pedana VRRS.....	19
CAPITOLO 4	21
RISULTATI	21
4.1 – Parametri indagati.....	21
4.2 – Analisi statistica	21
4.3 – Risultati	21
CAPITOLO 5	33
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	33
5.1 – Discussione.....	33
5.2 – Limiti e punti di forza dello studio	39
5.3 – Conclusioni.....	40
RINGRAZIAMENTI	41
BIBLIOGRAFIA	41
ALLEGATI	43

RIASSUNTO

Obiettivo: con il presente lavoro ci si è posti l'obiettivo di fornire, mediante l'esame posturografico, dei valori di riferimento per alcuni indici di equilibrio statico nella popolazione ultrasessantenne; la ricerca di tali valori può essere utile per meglio individuare, valutare e riabilitare soggetti di pari età a rischio di caduta.

Materiali e metodi: per effettuare lo studio è stato reclutato un campione di 20 soggetti di età compresa tra 60 e 69 anni, che ha ottenuto un punteggio di normalità alla somministrazione della Berg Balance Scale (BBS). Una volta reclutato il campione, sono state svolte alcune prove di equilibrio statico ("occhi aperti", "occhi chiusi", "rotazione del capo" e "pad propriocettivo") utilizzando una pedana stabilometrica collegata al dispositivo di realtà virtuale "Virtual Reality Rehabilitation System" (VRRS). I risultati ottenuti sono stati successivamente elaborati tramite il software statistico "R".

Risultati: dei 25 parametri caratterizzanti il centro di pressione (CoP) ricavati dalla prestazione di ciascun partecipante, sono stati analizzati quelli più utilizzati per quantificare le oscillazioni. Tutti i valori ottenuti dai parametri indagati sono risultati statisticamente significativi ($p\text{-value} < 0,05$). Per ogni parametro è stato individuato il valore di normalità compreso nel range tra il primo e il terzo quartile. Dal confronto tra prove, inoltre, è emerso come le più indicative della stabilità posturale del soggetto siano dovute al confronto tra le prove "occhi aperti" - "rotazione del capo" e le prove "occhi aperti" - "pad propriocettivo". La prova "pad propriocettivo" è risultata essere anche la più destabilizzante delle quattro, generando maggiori oscillazioni del CoP, in particolare nella direzione medio-laterale, mentre la prova "occhi aperti" è risultata essere la meno destabilizzante producendo una quantità ridotta di oscillazioni antero-posteriori rispetto alle prove sensibilizzate.

Conclusioni: la posturografia si dimostra essere uno strumento estremamente utile in ambito clinico dato che permette di ottenere una quantificazione della stabilità posturale del paziente. Questo studio, fornendo i valori di normalità del controllo posturale nella popolazione sana ultrasessantenne, consente, tramite la somministrazione di prove di equilibrio statico, di individuare i soggetti di pari età a rischio di caduta e dunque di intervenire precocemente con la riabilitazione. In particolare, questa analisi offre una base per approfondimenti futuri, consentendo ai ricercatori di effettuare confronti con altre classi di età oppure con soggetti affetti da patologie che comportano alterazioni dell'equilibrio.

ABSTRACT

Objective: the aim of the present work was to provide, by means of posturographic examination, reference values for certain static balance indices in the population aged over 60; the search for such values can be useful for better identifying, assessing and rehabilitating subjects of the same age at risk of falling.

Materials and methods: to carry out the study, a sample of 20 subjects aged between 60 and 69 years was recruited, who scored normal on the administration of the Berg Balance Scale (BBS). Once the sample was recruited, static balance tests (“eyes open”, “eyes closed”, “head rotation” and “proprioceptive pad”) were carried out using a stabilometric platform connected to the virtual reality device “Virtual Reality Rehabilitation System” (VRRS). The results obtained were subsequently processed using the statistical software “R”.

Results: of the 25 parameters characterising the centre of pressure (CoP) obtained from the performance of each participant, those most frequently used were analysed to quantify their fluctuations. All values obtained from the investigated parameters were statistically significant (p -value $< 0,05$). For each parameter, the normality value in the range between the first and the third quartile was identified. The comparison of tests also showed that the most indicative of the subject’s postural stability were the “open eyes” – “head rotation” and the “open eyes” – “proprioceptive pad” tests. The “proprioceptive pad” test was also the most destabilising of the four, generating more CoP oscillations, particularly in the mid-lateral direction, while the “open eyes” test was the last destabilising, producing fewer antero-posterior oscillations than the sensitised tests.

Conclusions: posturography proves to be an extremely useful tool in the clinical field as it allows a quantification of the patient’s postural stability to be obtained. This study, by providing the normal values of postural control in the healthy population aged over 60, makes it possible, through the administration of static balance tests, to identify subjects of the same age at risk of falling and thus to intervene early with rehabilitation. In particular, this analysis provides a basis for the future investigations, enabling researchers to make comparisons with other age groups or with subjects suffering from pathologies that lead to balance alterations.

INTRODUZIONE

Tra i problemi clinici più seri degli anziani vi sono l'equilibrio instabile e le cadute, che causano tassi di morbilità e mortalità elevati, oltre a contribuire in modo sostanziale alla limitazione della mobilità e all'ingresso prematuro in residenze assistite.

L'avvento di nuove tecnologie in riabilitazione ha offerto ulteriori opportunità nell'affrontare tale problema permettendo, tramite la posturografia, una quantificazione della performance del controllo posturale.

Con il presente studio si sono ricercati i valori di normalità del controllo posturale nella popolazione sana ultrasessantenne, così da poter individuare i soggetti di pari età a rischio di caduta.

La scelta di questo argomento è dovuta alla volontà di capire come prevenire le cadute negli anziani e alla curiosità verso le nuove tecnologie in ambito riabilitativo.

Lo scopo iniziale dello studio, infatti, consisteva nel verificare se l'uso della realtà virtuale in riabilitazione potesse essere un valore aggiunto rispetto ai trattamenti fisioterapici tradizionali, ma essendo tale tecnologia poco diffusa all'interno delle case di riposo e scoprendo che in letteratura mancano dati di riferimento sui valori di normalità del controllo posturale, si è deciso di spostare l'oggetto della ricerca sull'individuazione di questi valori.

Il presente lavoro illustra i meccanismi neurofisiologici che stanno alla base del controllo posturale, presentando le modificazioni che avvengono con l'invecchiamento e come tale processo incida in modo rilevante sulle cadute.

Successivamente, viene analizzata la posturografia e i relativi parametri del controllo posturale.

Il capitolo sui materiali e metodi viene dedicato alla spiegazione di come è avvenuto il campionamento, alla descrizione dei partecipanti, della strumentazione utilizzata per realizzare i test e delle caratteristiche delle prove eseguite.

I risultati ottenuti dalle prove vengono riportati già elaborati dal software statistico "R" e rappresentati mediante grafici e tabelle, mentre la discussione tratta il razionale che sta alla base dei risultati ottenuti fornendo anche una interpretazione del ricercatore.

Lo studio termina con una riflessione sull'impiego di questi dati in ambito clinico, di ricerca e sui possibili sviluppi futuri.

CAPITOLO 1

LA SINDROME DA INSTABILITA' NELL'ANZIANO

1.1 – Sistema di controllo posturale

Il controllo dell'equilibrio è un elemento di fondamentale importanza per lo svolgimento delle attività della vita quotidiana; infatti, esso è coinvolto in tutte le azioni manuali e locomotorie. L'equilibrio viene definito come *“la capacità di mantenere il Centro di Massa Corporea (CMC) sopra la base di appoggio durante una postura tranquilla e durante la reazione a stimoli esterni”* (Sousa et al., 2023). Per conservare l'equilibrio, il Sistema Nervoso Centrale (SNC) deve quindi essere in grado di contrastare la forza esercitata dalla gravità mantenendo il corpo in una posizione tale che la proiezione del centro di massa cada all'interno della base d'appoggio, permettendo contemporaneamente alla persona di dirigersi verso l'obiettivo. Questo processo deve avvenire riducendo al minimo il dispendio energetico (Baccini et al., 2011).

I modi attraverso cui un corpo può essere destabilizzato sono diversi, ciò può avvenire a causa di una forza esterna, tramite dei movimenti della base d'appoggio (es. tappeto che scivola) oppure attraverso un movimento volontario (Ghez C., 1991). Ogni volta che avviene un'alterazione dell'equilibrio i sistemi posturali devono affrontare tre problemi principali (Carr JH. et al., 1998):

- riuscire a mantenere una postura stabile;
- generare aggiustamenti che anticipano la perturbazione implicata in un movimento volontario e che si adattino durante tale movimento;
- reagire in modo efficace quando si prevede una minaccia per la stabilità oppure quando un evento inatteso perturba l'equilibrio.

Per far sì che il sistema riesca a mantenere il controllo dell'equilibrio nel momento in cui avvengono delle destabilizzazioni è necessario che vengano effettuati degli aggiustamenti posturali; tali aggiustamenti hanno finalità di (Ghez C., 1991):

- sostenere il corpo contro gravità e contrastare l'azione destabilizzante di altre forze esterne;
- mantenere il centro di massa corporeo allineato e in equilibrio sopra la base d'appoggio;
- stabilizzare alcune parti del corpo mentre altre si muovono.

Dal punto di vista biomeccanico Senin et al. sostengono che *“l’equilibrio viene mantenuto grazie ad un insieme di aggiustamenti automatici istante per istante ed inconsci del Centro di Massa Corporea (CMC), o centro di gravità, che tende continuamente a spostarsi dalla propria base d’appoggio rappresentata dall’area compresa tra i due piedi. Durante la stazione eretta il CMC, localizzato anteriormente alla seconda vertebra sacrale, si proietta all’interno della base d’appoggio, producendo una condizione di equilibrio statico. Quando tale proiezione si sposta verso la periferia della base d’appoggio si perde progressivamente stabilità e si è costretti, per mantenere l’equilibrio, ad un aumento di lavoro muscolare o a una veloce variazione della base di appoggio (equilibrio dinamico). Durante la marcia, quindi, venendo il CMC continuamente spostato al di fuori della Base d’appoggio, esso deve essere ogni volta ricollocato al suo interno”* (Senin et al., 2020, capitolo 9 pag. 317).

Per mantenere il corpo in equilibrio il SNC deve attivare la muscolatura in modo tale da generare delle forze, dette *strategie posturali*, che servono ad opporre resistenza alle perturbazioni interne ed esterne al sistema. Le *strategie posturali* si possono distinguere in “reattive”, quando intervengono secondariamente ad una destabilizzazione, oppure “proattive” (anticipatorie), quando il sistema è in grado di predire una destabilizzazione che sta per verificarsi (Shumway-Cook A. et al., 2001). Secondo Baccini et al. *“la maggior parte delle strategie motorie posturali sono di tipo anticipatorio. Gli Aggiustamenti Posturali Anticipatori APA sono correlati alla capacità del SNC di prevedere con estrema precisione l’entità e la direzione della destabilizzazione correlata al movimento volontario e l’effetto che questo avrà su ogni singolo segmento corporeo. Questa capacità di anticipare gli effetti dei movimenti volontari sulla postura deriva dall’esperienza nell’aver già compiuto tale movimento. Quando però il SNC si trova di fronte a situazioni insolite o ad apprendere nuove competenze posturali, gli APA risultano meno efficaci e allora si dovrà ricorrere a strategie di tipo reattivo”* (Baccini et al., 2011, capitolo 4 pag. 39).

Baccini et al. affermano inoltre che *“le risposte motorie, in seguito a perturbazioni di vario tipo, vengono organizzate in senso disto-proximale, ciò significa che i primi muscoli reclutati sono quelli che controllano i segmenti più vicini alla base d’appoggio. Inoltre, le risposte posturali in seguito a sollecitazioni in senso antero-posteriore sono organizzate secondo pattern riconoscibili dette sinergie muscolari, ovvero gruppi di muscoli vincolati a rispondere secondo uno schema prestabilito in caso di sollecitazioni con determinate caratteristiche. Le strategie motorie più importanti sono quelle di caviglia e anca, esse sono sinergie che è possibile provocare esercitando una destabilizzazione sul piano sagittale”* (Baccini et al., 2011, capitolo 4 pag. 38)

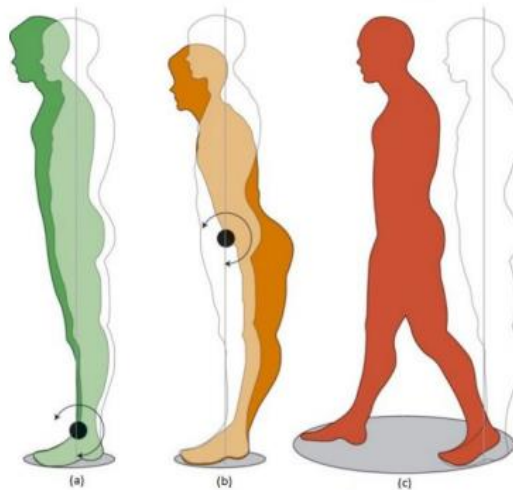


Figura 1: Strategie di controllo posturale con i rispettivi margini di stabilità. (a) Strategia di caviglia. (b) Strategia d'anca. (c) Strategia del passo.

La *strategia di caviglia* modera la posizione del baricentro attraverso l'azione dei muscoli flessori plantari e dei dorsiflessori della caviglia. Tale strategia entra in gioco quando la perturbazione è di lieve entità e la superficie d'appoggio è stabile (Nashner et al., 1986).

La *strategia d'anca* comprende l'uso di rapidi movimenti di flesso-estensione dell'anca per spostare il centro di massa all'interno della base d'appoggio. Viene utilizzata per recuperare l'equilibrio in seguito a perturbazioni più ampie e rapide o quando la superficie d'appoggio sia cedevole o più ristretta dei piedi (Nashner et al., 1986).

Quando le strategie di caviglia e di anca non sono più sufficienti si deve ricorrere alla *strategia del passo* che consiste nel fare un passo nella direzione dello sbilanciamento. Questa strategia è utile per far fronte a perturbazioni importanti che causano uno spostamento del baricentro oltre il perimetro della base di appoggio (Nashner et al., 1986).

Per mettere in atto delle strategie posturali efficaci il SNC deve avere a disposizione sia dei modelli interni di rappresentazione dello schema corporeo sia esterni della realtà che lo circonda, i cosiddetti *limiti di stabilità*, cioè i confini oltre i quali si va incontro alla perdita di equilibrio se non si modifica la base d'appoggio (Baccini et al., 2011).

I sistemi che svolgono un ruolo fondamentale nel controllo posturale sono il *sistema nervoso centrale*, che elabora le informazioni provenienti dalla periferia del corpo, e il *sistema muscoloscheletrico* che rappresenta l'organo effettore del movimento (Shumway-Cook A. et al., 2001).

Se si vanno ad analizzare le componenti essenziali dei *sistemi neurali* che intervengono nel controllo posturale si possono individuare (Shumway-Cook A. et al., 2001):

- i *processi sensoriali*, che comprendono il sistema visivo, somato-sensoriale e vestibolare;
- i *processi cognitivi*, che integrano le informazioni a livello del SNC;
- i *processi motori*, che attraverso vari sistemi convergono sull'unità motoria.

I diversi canali sensoriali forniscono al SNC le informazioni necessarie a garantire un corretto controllo posturale.

Il *canale visivo*, attraverso la sua funzione, permette di ottenere una serie di informazioni sulle caratteristiche dell'ambiente circostante, le quali serviranno al SNC per indurre degli aggiustamenti posturali utili a stabilizzare il corpo; oltre a ciò, le afferenze visive forniscono, tramite i punti di riferimento presenti nello spazio, informazioni importanti per quanto riguarda la posizione del capo sia in posizione statica che durante il movimento (Baccini et al., 2011).

Il *canale somato-sensoriale*, grazie all'azione svolta dai fusi neuromuscolari posti in parallelo alle fibre muscolari e agli organi tendinei del Golgi localizzati nei tendini, rileva informazioni sulle variazioni di lunghezza e di tensione dei muscoli e insieme ai recettori articolari permettono di individuare la posizione del corpo nello spazio oltre che dei vari segmenti corporei. Inoltre, i meccanocettori presenti sulla pianta del piede forniscono informazioni sulla stabilità della superficie di supporto e sulle forze scambiate tra il soggetto e la base di appoggio. In relazione a ciò si può affermare che le informazioni relative alle caratteristiche della superficie di supporto, all'ampiezza della base d'appoggio e alla distribuzione del peso corporeo sono essenzialmente a carico del sistema somato-sensoriale (Toldi J., 2008; Roll et al., 2001).

Il *sistema vestibolare* rileva le variazioni della posizione e i movimenti effettuati dalla testa. Esso fornisce informazioni essenziali per la percezione dell'equilibrio e per la coordinazione dei movimenti della testa con i movimenti oculari e posturali. L'apparato vestibolare è localizzato nell'orecchio interno ed è costituito dai *canali semicircolari* che rilevano le accelerazioni e le decelerazioni angolari della testa e dagli *organi otolitici* che forniscono informazioni sulla posizione della testa rispetto alla gravità e rilevano la variazione della velocità lineare (Sherwood, 2012). Il ruolo più importante del sistema vestibolare è verificare l'orientamento della testa e del tronco nello

spazio rispetto alle forze gravito-inerziali, in particolare quando ci si trova su una superficie instabile (Horak FB., 2010).

Il SNC riceve dai diversi canali sensoriali i feedback sull'orientamento e sulle oscillazioni del corpo in modo tale da ottenere le informazioni necessarie per elaborare le risposte posturali più adatte ad ogni situazione.

1.2 – Modificazioni indotte dall'invecchiamento

Il naturale processo di invecchiamento porta a modificazioni involutive dei sistemi implicati nel controllo posturale: tra questi figurano gli *organi di senso*, i *centri nervosi di integrazione* e il *sistema muscoloscheletrico* (Senin et al., 2020).

Per quanto concerne gli *organi di senso*, come riportato da Senin et al. *“nel sistema vestibolare avviene una riduzione della numerosità delle cellule recettoriali, delle fibre del nervo vestibolare e dei neuroni dei centri vestibolari. Nell’anziano si rileva una stabile ed asimmetrica riduzione della sensibilità alla rotazione angolare, quindi del riflesso vestibolo-oculare, ciò sta a significare l’incapacità di compensare adeguatamente rapidi movimenti del capo con movimenti correttivi dell’occhio, che è già di per sé un forte predittore di caduta. La conseguenza di una diminuzione della precisione delle informazioni vestibolari e degli altri canali sensitivi utili per il controllo posturale, portano spesso a sensazioni di vertigine e instabilità.*

La sensibilità propriocettiva si modifica in seguito al deterioramento dei sistemi deputati alla percezione della posizione del corpo nello spazio, quali i meccanocettori presenti nelle articolazioni, nei nervi periferici e nella colonna vertebrale e delle relative vie di conduzione.

La vista va incontro a una graduale riduzione dell’acuità visiva, della capacità di accomodazione, della capacità di percepire le profondità, della sensibilità al contrasto e al colore e della capacità di adattamento al passaggio tra buio e luce.

L’udito subisce un progressivo calo che inizia per le alte frequenze fino ad interessare quelle del linguaggio parlato, con conseguente diminuita percezione dei pericoli ambientali. La velocità di integrazione e di risposta agli stimoli nei centri nervosi si riduce nell’anziano a causa della progressiva perdita di fibre nervose” (Senin et al., 2020, capitolo 9 pag. 317-318).

I *centri nervosi* subiscono una costante degenerazione; nello specifico si fa riferimento ad una progressiva demielinizzazione e atrofia assonale che comportano importanti deficit nelle funzioni esercitate dal sistema come (Senin et al., 2020):

- conduzione nervosa deficitaria e rallentata;
- denervazione delle fibre muscolari;
- alterazione della sensibilità;
- alterazione della risposta riflessa.

Il *sistema muscoloscheletrico* con l'avanzare dell'età subisce una serie di modificazioni come la *riduzione della forza muscolare* dei gruppi muscolari antigravitari degli arti inferiori fondamentali per la postura, quali il quadricipite e gli estensori dell'anca (Senin et al., 2020). Tra i 30 e gli 80 anni la forza dell'arto inferiore si riduce di circa il 40% e ciò ha delle ripercussioni negative sulla stabilità posturale. La forza muscolare, infatti, è un elemento di fondamentale importanza nel mantenere la stazione eretta e nel consentire efficaci reazioni posturali (Aniasson et al., 1986). Un altro elemento che incide sul deficit di equilibrio nel soggetto anziano è la *riduzione della flessibilità nelle articolazioni* dell'arto inferiore, che si accompagna alla *perdita di elasticità dei tessuti* e all'*accorciamento muscolare* (Baccini et al., 2011).

Dal punto di vista *posturale* sono numerosi e spesso evidenti i cambiamenti che si manifestano con l'aumentare dell'età: tra questi si evidenziano una marcata accentuazione della cifosi dorsale accompagnata da una inclinazione anteriore del bacino e da una conseguente flessione anteriore delle spalle e del capo, che nel loro insieme spostano il baricentro in avanti rispetto alla base d'appoggio, provocando una situazione di maggiore instabilità (Senin et al., 2020). A causa di queste modificazioni si rendono necessarie una serie di adattamenti nella biomeccanica del passo, in modo tale da guadagnare maggiore stabilità. Tali adattamenti comprendono (Senin et al., 2020):

- allargamento della base d'appoggio;
- flessione compensatoria delle ginocchia per incapacità di generare abbastanza spinta a livello della caviglia;
- riduzione della velocità del cammino e della lunghezza del passo.

La minor efficienza di questi sistemi è un fattore predisponente per l'instabilità posturale che si manifesta, in particolar modo, quando si presentano eventi destabilizzanti. Nel momento in cui l'anziano va incontro ad una perturbazione, il primo aspetto altamente impattante anche in relazione alle cadute, è l'aumento della latenza nelle risposte, oltre a risultare aumentati i tempi necessari per recuperare una posizione stabile e il numero di oscillazioni richieste per farlo (Baccini et al., 2011).

L'attivazione dei muscoli stabilizzatori in un soggetto anziano risulta decisamente rallentata e questa difficoltà nel riuscire ad integrare correttamente i movimenti volontari con gli aggiustamenti necessari per la stabilità può essere fonte di disequilibrio e portare a cadute (Woollacott et al., 1993).

Le modificazioni riguardano anche le *strategie motorie* implicate nel controllo posturale. Nel caso si verificano perturbazioni lievi, nelle quali solitamente un soggetto giovane reagisce con la strategia di caviglia, nell'anziano avviene invece la predilezione della strategia a livello delle anche oppure vi è la tendenza a reagire a sollecitazioni di media entità utilizzando la strategia del passo o aiutandosi tramite movimenti oscillatori delle braccia per mantenere il baricentro del corpo attorno alla propria posizione di equilibrio. L'utilizzo di tali strategie è dovuto ad una riduzione delle capacità del SNC di mettere in atto le strategie motorie più opportune a mantenere la stabilità posturale nei diversi contesti, oltre che ad un adattamento ai limiti fisici provocati dall'età come la diminuzione della forza e della flessibilità (Baccini et al., 2011).

1.3 – Conseguenze e implicazioni delle cadute

A causa del processo di invecchiamento l'organismo subisce una serie di cambiamenti complessi che causano negli ultrasessantacinquenni l'aumento progressivo del rischio di andare incontro a cadute. I molteplici fattori che accrescono tale pericolo si possono distinguere in (Baccini et al., 2011):

- *cause estrinseche ambientali*, come la presenza di scale, tappeti, superfici scivolose, scarsa illuminazione ecc.;
- *cause intrinseche all'individuo*, come cambiamenti muscolo-scheletrici e aspetti psicosociali tra i quali si distinguono stati di ansia o depressione, paura di cadere, isolamento sociale, numero di ore di assistenza ricevuta e vivere da soli.

L'equilibrio instabile e le cadute hanno un grosso peso sociale, poiché causano tassi di mortalità e morbilità elevati, oltre a contribuire notevolmente alla limitazione della mobilità e all'ingresso prematuro in residenze assistite (Epicentro ISS, 2019).

In una meta-analisi di 16 studi prospettici e retrospettivi, inerente ai fattori di rischio più comuni di caduta nell'anziano, viene evidenziato come la debolezza muscolare a livello degli arti inferiori vada ad aumentare il rischio di caduta di oltre il 400% (Senin et al., 2020).

In questa tabella vengono elencati i principali fattori per il rischio di caduta nell'anziano riportati nello studio (Senin et al., 2020):

- 1) debolezza muscolare;
- 2) storia di cadute;
- 3) atassia;
- 4) deficit posturali;
- 5) uso di ausili per la deambulazione;
- 6) deficit visivo;
- 7) artrosi;
- 8) ADL compromesse;
- 9) depressione;
- 10) deterioramento cognitivo;
- 11) età > 80 anni.

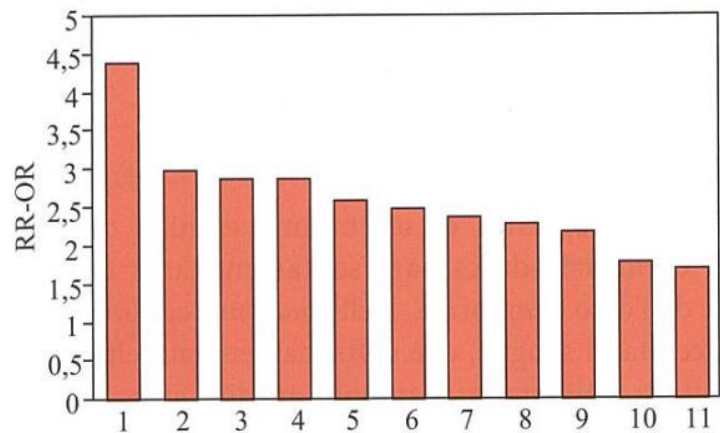


Figura 2: fattori di rischio di caduta più comuni nell'anziano derivati da una meta-analisi di 16 studi prospettici e retrospettivi. RR = rischio relativo derivato dagli studi retrospettivi. OR = Odds ratio, stima del rischio derivata dagli studi prospettici.

Facendo una stima dei soggetti che tendono a cadere nell'arco di un anno si può affermare che tale problema riguarda (Senin et al., 2020):

- 1/3 circa dei soggetti ultrasessantacinquenni viventi a domicilio;
- la metà degli ultraottantenni;
- più del 50% dei soggetti istituzionalizzati.

Nel corso dello stesso anno il 40-50% di questi soggetti cade almeno un'altra volta.

Prendendo come riferimento i dati registrati negli USA circa tre quarti delle morti, a seguito di una caduta accidentale, si verificano tra gli ultrasessantacinquenni (Epicentro ISS, 2019). Sempre negli USA l'8% dei soggetti ultrasessantacinquenni si reca almeno una volta all'anno al Pronto Soccorso in seguito a una caduta, venendo ricoverato nella metà dei casi (Senin et al., 2020). Tra gli anziani ospedalizzati dopo una caduta, solo la metà sopravvive più di un anno (Epicentro ISS, 2019).

L'instabilità posturale e le cadute ripetute sono situazioni che portano spesso l'anziano ad anticipare il ricovero in residenze assistite (Epicentro ISS, 2019). Negli anziani istituzionalizzati si registra una maggiore incidenza di cadute (1,6-2 cadute l'anno) e ciò è dovuto alla maggiore prevalenza di polipatologia, polifarmacoterapia e disabilità (Senin et al., 2020).

Come riportato da Senin et al., le conseguenze per l'anziano che cade sono numerose (Senin et al., 2020, capitolo 10 pag. 329, 331):

- *“i Traumi cranio-encefalici rappresentano la conseguenza più temibile della caduta nell'anziano essendo associati ad un'elevata mortalità; le principali manifestazioni cliniche sono l'ematoma subdurale, quello epidurale, la contusione cerebrale e l'emorragia intraparenchimale”*;
- *“le fratture rappresentano invece la conseguenza di gran lunga più frequente, le cui cause sono da individuare da una parte nella maggiore fragilità dell'osso in età avanzata, dall'altra nella minore capacità dell'anziano che cade di mettere in atto le risposte protettive che ne riducono il rischio”*.

Il tipo di lesione ossea osservata dipende dal modo in cui una persona cade (Manuale di Competenze in Geriatria):

- *le fratture del polso* si verificano quando il soggetto che cade in avanti o all'indietro cerca di attutire la caduta appoggiandosi con la mano;
- *le fratture dell'anca* si verificano tipicamente quando il soggetto cade di lato.

Le fratture del polso si presentano più frequentemente di quelle dell'anca nella fascia di età compresa tra i 65 e 75 anni, mentre con l'avanzare dell'età le *fratture dell'anca* sono più frequenti. Questa differenza in base all'età è determinata a causa del progressivo rallentamento dei riflessi indotto dal processo di invecchiamento e dalla conseguente minor capacità di proteggere l'anca dagli urti proteggendosi con la mano. Questo rallentamento dei riflessi protettivi nell'anziano è l'aspetto che rende pericolose anche le cadute di lieve entità (Manuale di Competenze in Geriatria).

Un'altra complicazione importante di cui tener conto è la *sindrome ansiosa post caduta*, che consiste nella riduzione del movimento e delle attività da parte dell'anziano proprio per la paura di cadere. A causa di tale atteggiamento, il soggetto anziano va incontro a una riduzione della forza muscolare e ciò contribuisce ad una deambulazione instabile che aumenta il rischio di caduta (Manuale di Competenze in Geriatria). Secondo Senin et al. *“la paura di cadere nell'anziano è uno stato psicologico assai frequente che interessa, non solo chi è caduto, ma molto spesso anche chi non è mai caduto. La sua prevalenza è stimata dal 29% al 92% tra chi è caduto almeno una volta, fino al 65% dei soggetti che non sono caduti, interessa in maggiore misura le femmine ed aumenta con l'età. Si tratta di una condizione invalidante in quanto determina ansia, insicurezza e autolimitazione nello svolgimento delle attività della vita quotidiana e, quindi, declino funzionale”* (Senin et al., 2020, capitolo 10 pag. 342).

CAPITOLO 2

L'ANALISI POSTURALE

2.1 – Posturografia

I disordini dell'equilibrio sono tra i principali fattori responsabili del rischio di caduta, che comporta a sua volta il verificarsi di traumi e lesioni. A fronte di questi problemi, in ambito riabilitativo, è necessario avere a disposizione tecniche di valutazione clinica che possano quantificare le prestazioni del sistema di controllo posturale, così da fornire dati oggettivi (non operatore dipendenti) che possano essere utilizzati anche come strumento di rivalutazione per monitorare gli eventuali miglioramenti del paziente a seguito dei trattamenti effettuati. Per verificare le prestazioni del sistema di controllo posturale viene indagata l'ampiezza delle oscillazioni corporee prodotte dal soggetto in condizioni di quiete oppure in seguito ad una perturbazione. Tali oscillazioni vengono rappresentate dal *centro di pressione* (CoP) che è la proiezione sul piano della pedana del baricentro del soggetto quando rimane fermo ed esprime il punto di applicazione sul piede della risultante delle forze scambiate tra il soggetto e la base di appoggio (Paterna, 2018).

La stabilità posturale è dunque caratterizzata da misure basate sullo spostamento del CoP che rappresenta la posizione del vettore di reazione verticale sulla superficie su cui si trova il soggetto.

Il CoP riflette gli orientamenti dei segmenti corporei (angoli delle articolazioni) e i movimenti del corpo (velocità angolari e accelerazioni delle articolazioni) per mantenere il centro di gravità sopra la base di appoggio. Il CoP è una distribuzione bivariata, definita congiuntamente dalle coordinate AP e ML. Lo spostamento antero-posteriore (AP) e medio-laterale (ML) del CoP può essere misurato con una pedana di forza (Prieto et al., 1996).

Per misurare le oscillazioni del CoP e valutare, di conseguenza, l'integrità del sistema di controllo posturale, viene utilizzato un esame clinico non invasivo chiamato *posturografia*, che si avvale di una pedana di forza per registrare le oscillazioni del soggetto.

Si possono identificare due tipologie di *posturografia* in base allo stato di quiete o alla presenza di perturbazioni.

La *posturografia statica* caratterizza le prestazioni del sistema di controllo posturale del soggetto in una posizione statica durante la stazione eretta e permette quindi di valutare la capacità di un individuo di stare in piedi nello stato di quiete (Prieto et al., 1996).

La *posturografia dinamica* caratterizza, invece, le prestazioni del sistema di controllo posturale misurando la risposta posturale a una perturbazione e permette quindi di valutare la capacità di un individuo di rimanere in piedi in seguito a uno stimolo esterno (Prieto et al., 1996).

Durante l'analisi della posturografia statica viene chiesto al paziente di mantenere la stazione eretta sulla pedana di forza per 30 secondi, dove, nel frattempo, vengono registrate le forze scambiate tra i piedi del soggetto e la pedana (Paterna, 2018).

Le valutazioni della stabilità posturale spesso includono:

- *prove ad occhi aperti e ad occhi chiusi* per stimare il ruolo del sistema visivo nel mantenimento dell'equilibrio in stazione eretta;
- *prove con rotazioni del capo* in modo da attivare e valutare maggiormente il sistema vestibolare;
- *prove eseguite mediante l'utilizzo di un tappetino di gomma*, situato tra i piedi e la pedana di forza, per rendere instabile la base di appoggio e, di conseguenza, richiedere una più complessa elaborazione delle informazioni somatosensoriali.

Un altro sistema per verificare la corretta integrazione degli input sensoriali deriva dalla posturografia dinamica, nella quale il soggetto esegue la prova in concomitanza di perturbazioni esterne in modo da verificare i tempi di risposta e la capacità del paziente di mantenere la stabilità in seguito a tali perturbazioni (Paterna 2018).

Paterna afferma che *“la posturografia, per misurare le oscillazioni corporee, si avvale dell'utilizzo di pedane di forza. La pedana di forza è uno strumento capace di misurare la reazione vincolare esercitata tra i piedi del soggetto ed il terreno. Essa è costituita da un piano rigido, di solito rettangolare, appoggiato su 4 celle di carico, disposte ai quattro angoli della pedana, che misurano la forza di reazione al terreno. Nel momento in cui il soggetto sale sulla pedana provoca una deformazione del piano e di conseguenza delle 4 celle di carico. Sulla base della deformazione subita, ciascuna cella fornisce in output un segnale elettrico proporzionale alla forza su di essa applicata per effetto del carico. Note le forze agenti su ciascuna cella e la posizione geometrica delle celle è possibile ricavare le coordinate del CoP attraverso l'equilibrio dei momenti”* (Paterna 2018, pag. 20). Grazie a questo strumento è dunque possibile registrare le continue modificazioni messe in atto dal sistema di controllo posturale nel tentativo di mantenere la stazione eretta.

Al termine della prova la stabilometria restituisce uno stabilogramma, che riproduce graficamente gli spostamenti del CoP nelle due direzioni (antero-posteriore e medio-laterale) in funzione del tempo (cioè, della durata della prova) (Prieto et al., 1996).

2.2 – Parametri del CoP utilizzati nella valutazione del controllo posturale

Dall'esecuzione della prova sulla pedana di forza vengono ricavati diversi parametri del centro di pressione (CoP) utili per la valutazione del controllo posturale.

L'*ampiezza massima* è il massimo spostamento assoluto del CoP dalla sua media, mentre l'*ampiezza minima* è lo spostamento minimo del CoP dal suo punto medio. Un aumento di uno di questi due parametri indica una minore capacità di sostenere la stazione eretta, mentre una diminuzione di una di queste due variabili rappresenta una maggiore capacità del sistema di controllo posturale di mantenere l'equilibrio (Palmieri et al., 2002).

L'*ampiezza media del CoP* (Distanza Media dal centro del CoP) è un valore medio su tutti i punti dei dati raccolti in una prova, rappresenta la media delle distanze dei punti dal centro del CoP e quindi dimostra quanto è ampio il tracciato del CoP. Un aumento dei valori dell'ampiezza media del CoP indica una diminuzione del controllo posturale, mentre una diminuzione di tali valori rappresenta una maggiore stabilità posturale (Palmieri et al., 2002).

L'*escursione totale del CoP* è definita come la distanza totale percorsa dal CoP nel corso della durata della prova. La letteratura suggerisce che l'aumento di tale parametro rappresenti una minore capacità del sistema di controllo posturale di mantenere l'equilibrio (Palmieri et al., 2002).

La *velocità del CoP* rappresenta la distanza totale percorsa dal CoP nel tempo. Questo parametro è calcolato dividendo l'escursione totale per la durata della prova. Si ritiene che un aumento della velocità del CoP rappresenti una minore capacità di controllare la postura, mentre una diminuzione della velocità rappresenti un aumento della capacità di mantenere la stazione eretta (Palmieri et al. 2002).

La *distanza RMS* dal centro del CoP (ampiezza del quadrato medio) rappresenta la distanza quadratica media dei punti dal centro del CoP e dunque la deviazione standard dello spostamento del CoP; questo parametro misura lo spostamento medio assoluto intorno al CoP medio. La *velocità RMS* è definita come la distribuzione degli spostamenti del CoP nel tempo. Una diminuzione sia dell'ampiezza RMS che della velocità RMS rappresenta una maggiore capacità di mantenere la stazione eretta, mentre un aumento di una delle due variabili suggerisce una minore capacità di mantenere il controllo posturale (Palmieri et al., 2002).

La *body sway area* stima l'area racchiusa dal percorso del CoP in un certo intervallo di tempo (distribuzione del CoP durante la prova). Essa racchiude tutti i punti descritti durante le oscillazioni del CoP, di conseguenza più è ampia la sway area e più è ampia l'oscillazione (Figura 3).

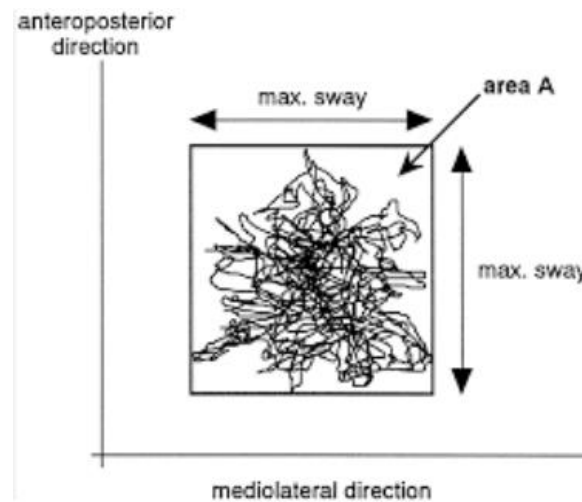


Figura 3: rappresentazione grafica della body sway area.

2.3 – Il VRRS Evo

Per effettuare la valutazione del controllo posturale in questo studio è stato utilizzato il Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS). Il VRRS Evo è un dispositivo medico che viene utilizzato come sistema interattivo per la riabilitazione motoria e cognitiva in ambiente virtuale semi-immersiva, con sensori inerziali indossabili e pedane di forza (Khymeia, Italia).

Il VRRS è dotato di un modulo posturale che include le pedane stabilometrica e quella propriocettiva; gli esercizi sono organizzati per domini (Khymeia, Italia):

- valutazioni posturografiche;
- esercizi di reaching;
- esercizi di inseguimento;
- esercizi di spostamento e di bilanciamento del peso.

Come riportato da E. Beani et al. “*Il VRRS (Khymeia, Italia) è un sistema basato sul concetto di feedback aumentato. È composto da dispositivi per uso clinico e un tablet per la teleriabilitazione domiciliare, che può essere gestito a distanza. Al VRRS possono essere collegate via USB diverse periferiche, tra cui una piattaforma di equilibrio stabilometrico. Si tratta di una piastra di forza (80 × 55cm) in grado di rilevare le forze in direzione z e lo spostamento COP in direzione antero-posteriore (AP) e mediale-laterale (ML), grazie alle quattro celle di carico integrate nella bilancia. Inoltre, un software dedicato per la calibrazione della piattaforma di equilibrio consentirà di stimare i dati posturali statici*” (E. Beani et al. 2022, pag. 365).

Al termine della prova il dispositivo VRRS rilascia un report del paziente dove possono essere visualizzati tutti i parametri del CoP (Figura 4).

Nome: Valutazione controllo posturale
 Descrizione: Acquisizione e analisi posturografica
 Dominio: Equilibrio
 SottoDominio: Statico
 Inizio: 23/05/2023 17:13:21
 Fine: 23/05/2023 17:14:43

RISULTATI

Nome	Valore	Unità di misura	Descrizione
Stato occhi	OPEN		Stato occhi
Stato braccia	RELAXED		Stato braccia
Stato piedi	NORMAL		Stato piedi

Tabella parametri

Nome	Valore	Unità di misura	Descrizione
Stato foam	1,00		Stato foam
Valore medio anteroposteriore del centro del COP	-78,45	mm	Valore medio anteroposteriore del centro del COP
Valore medio medio-laterale del centro del COP	26,30	mm	Valore medio medio-laterale del centro del COP
Distanza media dal centro del COP	6,66	mm	Distanza media dal centro del COP
Distanza media anteroposteriore dal centro del COP	4,55	mm	Distanza media anteroposteriore dal centro del COP
Distanza media mediolaterale dal centro del COP	3,86	mm	Distanza media mediolaterale dal centro del COP
Distanza Rms dal centro del COP	7,51	mm	Distanza Rms dal centro del COP
Distanza Rms anteroposteriore dal centro del COP	5,88	mm	Distanza Rms anteroposteriore dal centro del COP
Distanza Rms mediolaterale dal centro del COP	4,67	mm	Distanza Rms mediolaterale dal centro del COP
Escursione totale del COP	579,42	mm	Escursione totale del COP
Escursione totale anteroposteriore del COP	482,39	mm	Escursione totale anteroposteriore del COP
Escursione totale mediolaterale del COP	241,75	mm	Escursione totale mediolaterale del COP
Velocità media del COP	21,52	mm/s	Velocità media del COP
Velocità media del COP in direzione antero-posteriore	17,91	mm/s	Velocità media del COP in direzione antero-posteriore
Velocità media del COP in direzione medio-laterale	8,98	mm/s	Velocità media del COP in direzione medio-laterale
Area del cerchio avente raggio pari all'intervallo di confidenza 95% del COP	482,18	mm ²	Area del cerchio avente raggio pari all'intervallo di confidenza 95% del COP

Figura 4: report analisi posturografica.

CAPITOLO 3

MATERIALI E METODI

3.1 – Modalità di campionamento

Per condurre questo studio si è scelto di eseguire un campionamento “a quote”. I soggetti sono stati scelti tra docenti del Corso di Laurea e loro conoscenti, con età compresa tra i 60 e i 69 anni. Si è cercato di reclutare un numero pari di soggetti di sesso femminile e di sesso maschile, distribuiti in maniera il più possibile omogenea per ogni anno di età. Per ogni soggetto si è ottenuto il consenso (**vedi allegato 1**) per la raccolta dei seguenti dati: età, sesso, scolarità, professione, attività fisica praticata, comorbilità (autoriferite).

3.2 – Descrizione del campione

Il campione oggetto di studio è composto da 20 soggetti di età compresa tra i 60 e i 69 anni, così distribuiti:

- tre partecipanti di 60 anni, due maschi e una femmina;
- due partecipanti di 61 anni di sesso femminile;
- un partecipante di 62 anni di sesso femminile;
- un partecipante di 63 anni di sesso maschile;
- quattro partecipanti di 65 anni, due maschi e due femmine;
- due partecipanti di 66 anni di sesso maschile;
- tre partecipanti di 67 anni, due maschi e una femmina;
- tre partecipanti di 68 anni di sesso femminile;
- un partecipante di 69 anni di sesso femminile.

Complessivamente il campione è risultato formato da 11 soggetti di sesso femminile e 9 soggetti di sesso maschile. L'età media del campione è di 65 anni, mentre la scolarità media è di 16 anni di studio.

Le professioni esercitate dai componenti del campione sono:

- un addetto alla vendita;
- un ex dipendente comunale;
- un falegname;
- sette fisioterapisti;
- un ex funzionario;
- cinque docenti;
- un logopedista;
- un ex responsabile marketing;
- una ex receptionist;
- un pizzaiolo.

L'attività fisica praticata dai partecipanti e le comorbidità di cui sono affetti sono le seguenti:

- il partecipante "01" non pratica nessuna attività fisica ed è affetto da cardiopatia, ipertensione e gonartrosi;
- al partecipante "02" piace andare in bicicletta ed è affetto da ipertensione;
- al partecipante "03" piace andare in bicicletta, praticare la camminata ed è affetto da ipercolesterolemia, neuropatia periferica sensitiva, coxartrosi e gonartrosi;
- il partecipante "04" pratica regolarmente corsa, escursionismo ed è affetto da coxartrosi e ipercolesterolemia;
- al partecipante "05" piace andare in bicicletta ed è affetto da ipertensione;
- il partecipante "06" pratica karate, pesistica ed è affetto da miastenia (sotto controllo farmacologico);
- il partecipante "07" pratica diverse attività sportive tra le quali ballo, bicicletta, yoga, nordic walking, sci di fondo e non ha nessuna comorbidità;
- al partecipante "08" piace andare in bicicletta, fare escursionismo ed è affetto da un deficit visivo (deficit di percezione della profondità);
- il partecipante "09" pratica sci di fondo ed è affetto da gonartrosi;
- al partecipante "10" piace effettuare camminate, pratica escursionismo ed è affetto da ipertensione e soffre di vene varicose;
- al partecipante "11" effettua camminate ed è affetto da artrosi alle mani;
- il partecipante "12" pratica escursionismo ed è affetto da artrosi alle mani;

- il partecipante “13” effettua camminate, utilizza la bicicletta, ha la passione per la caccia e la pesca, oltre a praticare la yoga ed è affetto da BPCO (sotto controllo farmacologico);
- il partecipante “15” pratica yoga, escursionismo, cicloturismo ed è affetto da pseudo gotta e artrosi;
- il partecipante “16” effettua camminate ed è affetto da lombosciatalgia;
- il partecipante “17” pratica yoga ed è affetto da ipertensione;
- il partecipante “18” pratica nuoto ed è affetto da gonartrosi e soffre di vene varicose;
- il partecipante “19” effettua camminate, utilizza la bicicletta e sta effettuando l’immunoterapia;
- Il partecipante “20” pratica escursionismo ed è affetto da cardiopatia;
- il partecipante “21” pratica yoga, tai-chi ed è affetto da ipercolesterolemia.

3.3 – Somministrazione della Berg Balance Scale

Reclutato il campione, per determinare se ciascun soggetto fosse idoneo allo svolgimento della prova pratica al Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS) e dunque, per selezionare soggetti con punteggio di normalità, si è deciso di somministrare la Berg Balance Scale (BBS) ([vedi allegato 2](#)) (Academy of Neurologic Physical Therapy, 2018). La Berg Balance Scale è una scala utilizzata per valutare l’equilibrio statico e dinamico in posizione seduta e in piedi, è composta da 14 item riguardanti l’equilibrio funzionale che si concentrano sulla capacità di mantenere una determinata posizione e di eseguire aggiustamenti posturali per completare movimenti funzionali. Ogni item è valutato su una scala ordinale a 5 punti che va da 0 a 4, con 0 che indica l’incapacità di completare in modo adeguato il compito e 4 che indica invece la capacità di eseguire correttamente il compito. Gli item vengono valutati in base al tempo, al livello di indipendenza o di supervisione richiesto. Il punteggio totale della Berg Balance Scale è di 56 punti che indica assenza di deficit di equilibrio e rischio di caduta basso/assente; per valori superiori ai 45 il paziente dovrebbe essere in grado di muoversi in sicurezza senza necessità di ausili; valori tra i 21 e i 45 viene suggerito di utilizzare un ausilio durante la deambulazione; valori al di sotto dei 20 punti indicano la necessità per il paziente di utilizzare una sedia a rotelle per gli spostamenti. Il punteggio di normalità per soggetti di classe di età compresa tra i 60 e i 69 anni è di 55-56 per i soggetti di sesso maschile e 54-56 per i soggetti di sesso femminile (Shirley Ryan AbilityLab, 2020).

La Berg Balance Scale è stata somministrata da fisioterapisti appartenenti al Corso di Laurea. Alla somministrazione del test, dei 21 soggetti reclutati, solamente il partecipante “14” non ha raggiunto il punteggio di normalità ed è dunque stato escluso dal campione.

3.4 – Esecuzione di alcune prove di equilibrio statico sulla pedana VRRS

La valutazione dell'equilibrio statico dei soggetti sani del campione al Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS), per cause logistiche e organizzative, è stata eseguita nell'arco di due giornate differenti a distanza di tre giorni l'una dall'altra. Nella prima giornata sono stati valutati 13 soggetti mentre nella seconda 7 soggetti. La valutazione dell'equilibrio statico si divideva in quattro prove (occhi aperti, occhi chiusi, rotazione del capo, pad propriocettivo) della durata di 30” ciascuna. All'inizio di ciascuna prova, per standardizzare la base d'appoggio, i piedi venivano disposti sulla pedana stabilometrica separati con un distanziatore di forma trapezoidale (vedi figura) che veniva rimosso durante l'esecuzione della prova. Tale distanziatore era caratterizzato da una base minore di 10 cm, sulla quale venivano allineati i talloni e una base maggiore di 17 cm. Il distanziatore permetteva di posizionare ciascun piede ruotato esternamente di 10°.

Prima dell'esecuzione del test di valutazione dell'equilibrio statico al Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS) l'esaminatore ha illustrato a ciascun volontario le quattro prove da sostenere:

- 1) nella prima prova al partecipante è stato comunicato di posizionarsi sopra la pedana stabilometrica in stazione eretta con le braccia lungo i fianchi, guardando dritto davanti a sé, mantenendo la posizione per 30”; è stata inoltre fornita l'istruzione aggiuntiva “non deve parlare durante l'esecuzione della prova” in quanto tale atteggiamento avrebbe potuto influire sulla performance;
- 2) la seconda prova prevedeva l'adozione della medesima posizione e degli stessi accorgimenti della prova precedente, con la differenza che la stazione eretta doveva essere mantenuta per 30” con gli occhi chiusi”;
- 3) la terza prova consisteva nel mantenere la stazione eretta per 30” con le braccia lungo i fianchi, gli occhi aperti e compiendo delle rotazioni del capo alternativamente a destra e a sinistra al ritmo di un metronomo che pulsava ogni 3” per un totale di 10 rotazioni; è stata fornita l'indicazione di muovere solo il capo mantenendo il busto fermo; prima di cominciare, il volontario ha eseguito una prova a macchina spenta in modo tale da assicurarsi di aver compreso correttamente come effettuare la prova;

4) la quarta prova era caratterizzata dall'utilizzo di un tappetino propriocettivo appoggiato sopra la pedana stabilometrica sul quale il volontario doveva mantenere la stazione eretta con le braccia lungo i fianchi e gli occhi aperti per 30”.

Il materiale utilizzato per lo svolgimento delle prove comprendeva:

- VRRS Evo (Figura 5);
- pedana stabilometrica “K-Static” (Figura 6);
- distanziatore in legno di forma trapezoidale (Figura 7);
- metronomo (app. del telefono);
- tappetino propriocettivo (Figura 8).



Figura 5: VRRS Evo.



Figura 6: pedana stabilometrica “K-Static”.



Figura 7: distanziatore in legno.



Figura 8: tappetino propriocettivo.

CAPITOLO 4

RISULTATI

4.1 – Parametri indagati

Una volta effettuate le quattro prove, il VRRS rilascia un report con i risultati del partecipante nel quale venivano riportati i valori ottenuti in ciascuna prova.

Ognuna delle quattro prove era costituita da 25 parametri caratterizzanti le prestazioni del sistema di controllo posturale. Di questi 25 parametri, ai fini dello studio, si è deciso di analizzare quelli più utilizzati per quantificare le oscillazioni del CoP (Prieto et al., 1996; Palmieri et al., 2002):

- distanza media dal centro del CoP;
- distanza Rms dal centro del CoP;
- escursione totale del CoP;
- sway area.

4.2 – Analisi statistica

Per l'analisi dei dati è stato utilizzato il programma "R".

Poiché i dati erano distribuiti in forma non parametrica, per il confronto tra gruppi è stato utilizzato il Test di Kruskal-Wallis.

Riguardo alle statistiche descrittive sono state riportate le mediane e i percentili, mentre per rendere graficamente comprensibili i risultati ottenuti sono stati utilizzati i box-plot.

La significatività è stata posta $p < 0,05$.

Il p-value è stato aggiustato con la correzione di Bonferroni.

4.3 – Risultati

Nelle tabelle seguenti i diversi gruppi vengono denominati con le seguenti numerazioni:

- il numero "0" corrisponde alla prova "occhi aperti";
- il numero "1" corrisponde alla prova "occhi chiusi";
- il numero "2" corrisponde alla prova "rotazione del capo";
- il numero "3" corrisponde alla prova "pad propriocettivo".

Distanza media dal centro del CoP

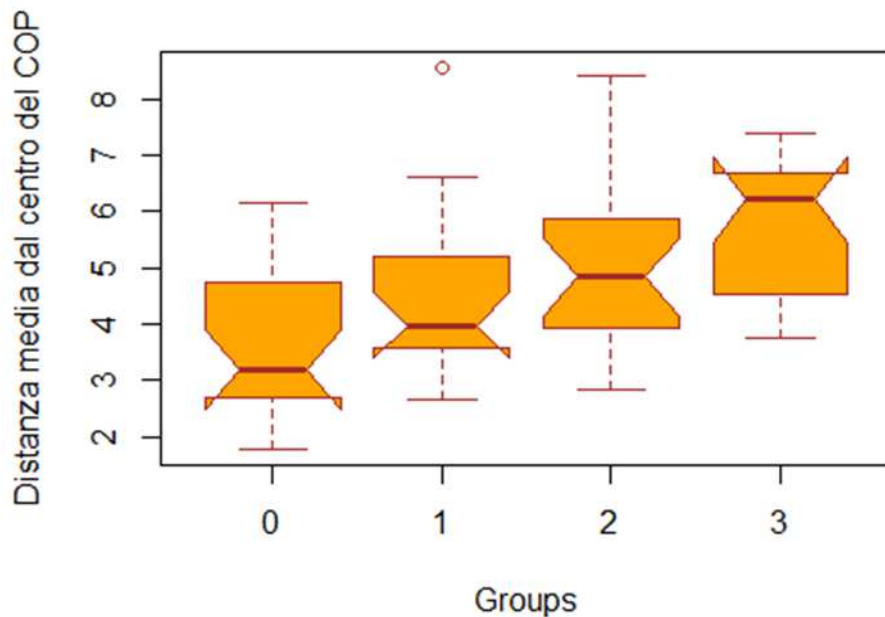
Unità di misura: mm.

	Valore minimo	1° quartile	Mediana	Media	3° quartile	Valore massimo
Prova occhi aperti (0)	1,780	2,717	3,190	3,591	4,725	6,160
Prova occhi chiusi (1)	2,670	3,578	3,980	4,495	5,170	8,560
Rotazione del capo (2)	2,850	4,000	4,840	5,129	5,880	8,400
Pad (3) propriocettivo	3,750	4,527	6,215	5,729	6,665	7,380

Test di Kruskal-Wallis:

chi-quadrato = 22,039 , gradi di libertà = 3 , p-value = 6,403e-05

Confronto	Test Z	C. di determinazione	P-value aggiustato
0 - 1	-1,650100	9,892244e-02	0,5935346500
0 - 2	-2,980387	2,878843e-03	0,0172730554
1 - 2	-1,330287	1,834237e-01	1,0000000000
0 - 3	-4,501201	6,757051e-06	0,0000405423
1 - 3	-2,851101	4,356813e-03	0,0261408782
2 - 3	-1,520814	1,283065e-01	0,7698391077



I valori di normalità rilevati per il parametro “distanza media dal centro del CoP” sono rappresentati dai valori compresi tra il 1°quartile e il 3°quartile, oltre che dalla mediana:

- per la prova “occhi aperti” corrispondono al range compreso tra 2,717 mm e 4,725 mm, con mediana = 3,190 mm;
- per la prova “occhi chiusi” corrispondono al range compreso tra 3,578 mm e 5,170 mm, con mediana = 3,980 mm;
- per la prova “rotazione del capo” corrispondono al range compreso tra 4,000 mm e 5,880 mm, con mediana = 4,840 mm;
- per la prova “pad propriocettivo” corrispondono al range compreso tra 4,527 mm e 6,665 mm, con mediana = 6,215 mm.

Dal confronto tra le mediane dei diversi gruppi del parametro “distanza media del centro del CoP”, effettuato con il Test di Kruskal-Wallis, è risultato che $p\text{-value} = 6,403e-05$ e dunque esiste una differenza estremamente significativa tra i valori ottenuti dalle diverse prove.

Nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), $p\text{-value} = 0,0172730554$;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), $p\text{-value} = 0,0000405423$;
- prova “occhi chiusi” (1) con prova “pad propriocettivo” (3), $p\text{-value} = 0,0261408782$.

Distanza Rms dal centro del CoP

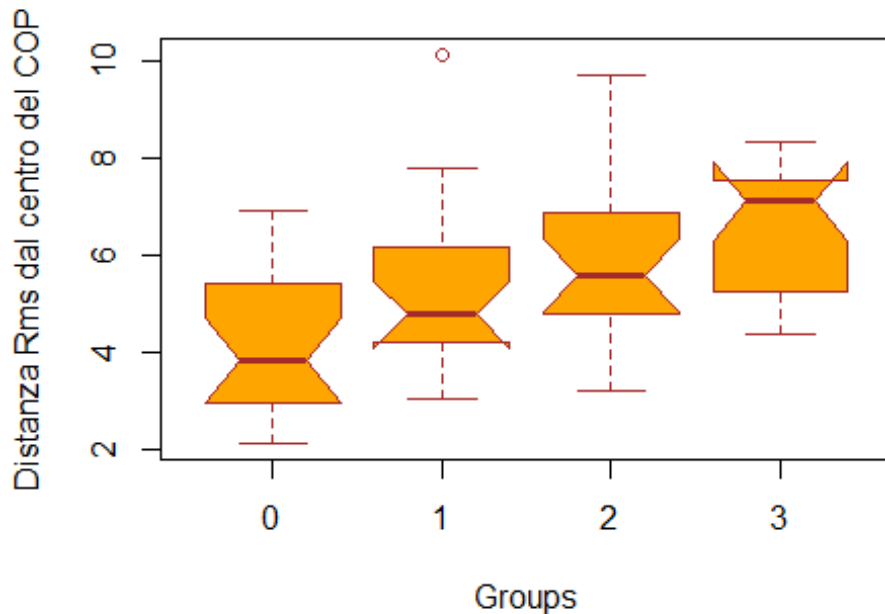
Unità di misura: mm.

	Valore minimo	1° quartile	Mediana	Media	3° quartile	Valore massimo
Prova occhi aperti (0)	2,140	3,013	3,845	4,208	5,332	6,920
Prova occhi chiusi (1)	3,060	4,240	4,795	5,321	6,110	10,150
Rotazione del capo (2)	3,220	4,817	5,615	5,954	6,850	9,720
Pad (3) propriocettivo	4,380	5,317	7,140	6,542	7,537	8,340

Test di Kruskal-Wallis:

chi-quadrato = 20,888 , gradi di libertà = 3 , p-value = 0,000111

Confronto	Test Z	C. di determinazione	P-value aggiustato
0 - 1	-1,833769	0,0666882956	4,001298e-01
0 - 2	-3,058550	0,0022241116	1,334467e-02
1 - 2	-1,224781	0,2206578361	1,000000e+00
0 - 3	-4,388798	0,0000113979	6,838741e-05
1 - 3	-2,555029	0,0106179027	6,370742e-02
2 - 3	-1,330248	0,1834365766	1,000000e+00



I valori di normalità rilevati per il parametro “distanza Rms dal centro del CoP” sono rappresentati dai valori compresi tra il 1°quartile e il 3°quartile, oltre che dalla mediana:

- per la prova “occhi aperti” corrispondono al range compreso tra 3,013 mm e 5,332 mm, con mediana = 3,845 mm;
- per la prova “occhi chiusi” corrispondono al range compreso tra 4,240 mm e 6,110 mm, con mediana = 4,795 mm;
- per la prova “rotazione del capo” corrispondono al range compreso tra 4,817 mm e 6,850 mm, con mediana = 5,615 mm;
- per la prova “pad propriocettivo” corrispondono al range compreso tra 5,317 mm e 7,537 mm, con mediana = 7,140 mm.

Dal confronto tra le mediane dei diversi gruppi del parametro “distanza Rms del centro del CoP”, effettuato con il Test di Kruskal-Wallis, è risultato che $p\text{-value} = 0,000111$ e dunque esiste una differenza estremamente significativa tra i valori ottenuti dalle diverse prove.

Nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), $p\text{-value} = 1,334467e-02$;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), $p\text{-value} = 6,838741e-05$.

Escursione totale del CoP

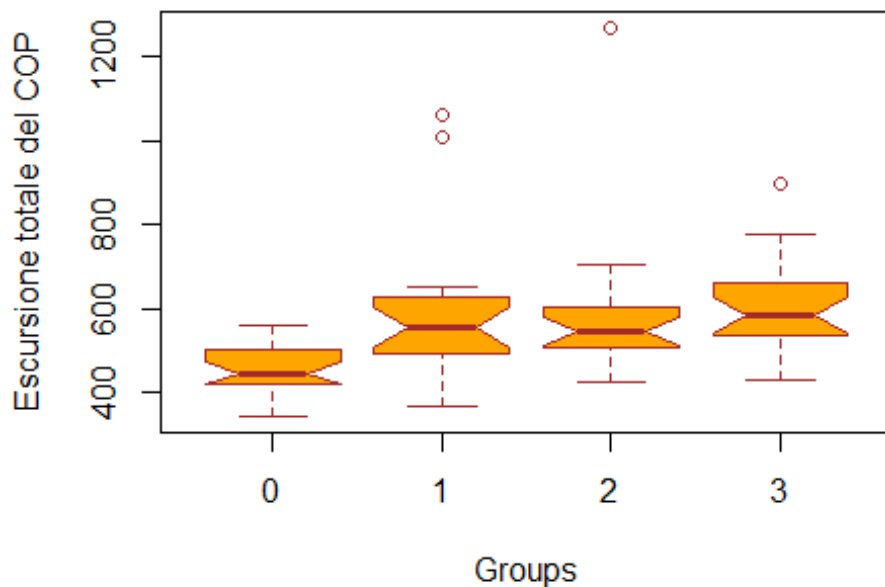
Unità di misura: mm.

	Valore minimo	1° quartile	Mediana	Media	3° quartile	Valore massimo
Prova occhi aperti (0)	344,4	422,1	446,8	452,3	499,6	559,6
Prova occhi chiusi (1)	367,1	493,2	557,2	587,1	624,0	1058,2
Rotazione del capo (2)	425,7	510,3	544,9	582,0	605,2	1267,6
Pad (3) propriocettivo	429,3	542,0	586,0	603,0	659,4	895,9

Test di Kruskal-Wallis:

chi-quadrato = 23,602 , gradi di libertà = 3 , p-value = 3,024e-05

Confronto	Test Z	C. di determinazione	P-value aggiustato
0 - 1	-3,51093530	4,465331e-04	2,679198e-03
0 - 2	-3,49732702	4,699454e-04	2,819672e-03
1 - 2	0,01360828	9,891425e-01	1,000000e+00
0 - 3	-4,53155602	5,855080e-06	3,513048e-05
1 - 3	-1,02062073	3,074342e-01	1,000000e+00
2 - 3	-1,03422900	3,010291e-01	1,000000e+00



I valori di normalità rilevati per il parametro “escursione totale del CoP” sono rappresentati dai valori compresi tra il 1°quartile e il 3°quartile, oltre che dalla mediana:

- per la prova “occhi aperti” corrispondono al range compreso tra 422,1 mm e 499,6 mm, con mediana = 446,8 mm;
- per la prova “occhi chiusi” corrispondono al range compreso tra 493,2 mm e 624,0 mm, con mediana = 557,2 mm;
- per la prova “rotazione del capo” corrispondono al range compreso tra 510,3 mm e 605,2 mm, con mediana = 544,9 mm;
- per la prova “pad propriocettivo” corrispondono al range compreso tra 542,0 mm e 659,4 mm, con mediana = 586,0 mm.

Dal confronto tra le mediane dei diversi gruppi del parametro “escursione totale del CoP”, effettuato con il Test di Kruskal-Wallis, è risultato che $p\text{-value} = 3,024e-05$ e dunque esiste una differenza estremamente significativa tra i valori ottenuti dalle diverse prove.

Nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “occhi chiusi” (1), $p\text{-value} = 2,679198e-03$;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), $p\text{-value} = 2,819672e-03$;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), $p\text{-value} = 3,513048e-05$.

Sway area

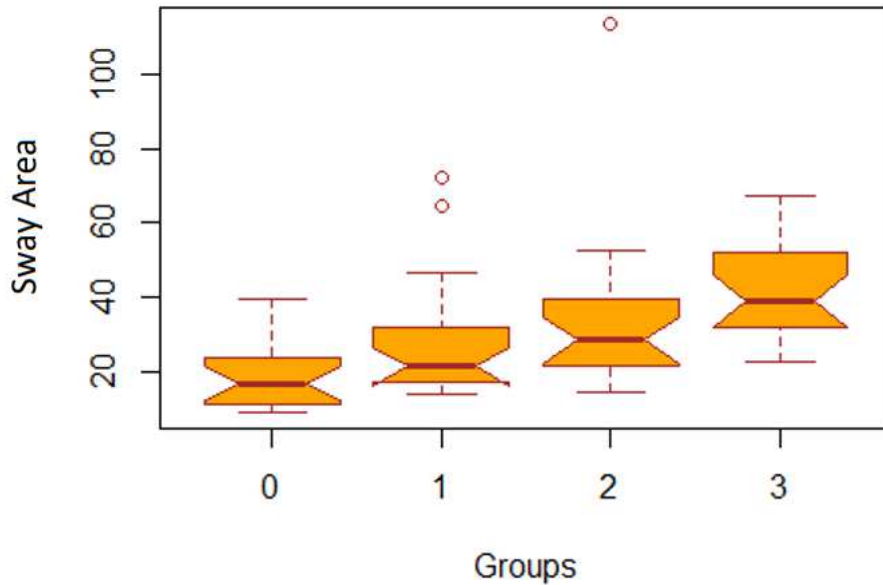
Unità di misura: mm²/s.

	Valore minimo	1° quartile	Mediana	Media	3° quartile	Valore massimo
Prova occhi aperti (0)	9,27	11,27	17,05	18,70	23,79	39,65
Prova occhi chiusi (1)	13,97	17,63	21,62	27,90	31,48	72,26
Rotazione del capo (2)	14,61	21,57	28,52	34,37	39,25	113,52
Pad (3) propriocettivo	23,00	32,36	38,98	41,32	51,03	67,43

Test di Kruskal-Wallis:

chi-quadrato = 27,269 , gradi di libertà = 3 , p-value = 5,171e-06

Confronto	Test Z	C. di determinazione	P-value aggiustato
0 - 1	-1,837117	6,619258e-02	3,971555e-01
0 - 2	-3,116295	1,831388e-03	1,098833e-02
1 - 2	-1,279178	2,008344e-01	1,000000e+00
0 - 3	-5,062279	4,142746e-07	2,485648e-06
1 - 3	-3,225161	1,259016e-03	7,554098e-03
2 - 3	-1,945984	5,165672e-02	3,099403e-01



I valori di normalità rilevati per il parametro “sway area” sono rappresentati dai valori compresi tra il 1°quartile e il 3°quartile, oltre che dalla mediana:

- per la prova “occhi aperti” corrispondono al range compreso tra 11,27 mm²/s e 23,79 mm²/s, con mediana = 17,05 mm²/s;
- per la prova “occhi chiusi” corrispondono al range compreso tra 17,63 mm²/s e 31,48 mm²/s, con mediana = 21,62 mm²/s;
- per la prova “rotazione del capo” corrispondono al range compreso tra 21,57 mm²/s e 39,25 mm²/s, con mediana = 28,52 mm²/s;
- per la prova “pad propriocettivo” corrispondono al range compreso tra 32,36 mm²/s e 51,03 mm²/s, con mediana = 38,98 mm²/s.

Dal confronto tra le mediane dei diversi gruppi del parametro “sway area”, effettuato con il Test di Kruskal-Wallis, è risultato che p-value = 5,171e-06 e dunque esiste una differenza estremamente significativa tra i valori ottenuti dalle diverse prove.

Nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), p-value = 1,098833e-02;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 2,485648e-06;
- prova “occhi chiusi” (1) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 7,554098e-03.

Spostamento antero-posteriore del CoP (asse y)

Considerando i parametri relativi allo spostamento antero-posteriore del CoP (oscillazione del CoP sull'asse y):

- *Distanza media antero-posteriore dal centro del CoP (A)*;
- *Distanza Rms antero-posteriore dal centro del CoP (B)*;
- *Escursione totale antero-posteriore del CoP (C)*.

Si può osservare come la significatività sia dovuta esclusivamente al confronto con la prova “occhi aperti” (0).

Confronto	P-value (A)	P-value (B)	P-value (C)
0 – 1	0,16487990	0,13706736	0,00081011
0 – 2	0,01150139	0,01246487	0,00147000
1 – 2	1,00000000	1,00000000	1,00000000
0 – 3	0,02060772	0,01766773	0,00037872
1 – 3	1,00000000	1,00000000	1,00000000
2 – 3	1,00000000	1,00000000	1,00000000

Indagando il parametro “*distanza media antero-posteriore dal centro del CoP*” (A), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), p-value = 0,01150139;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 0,02060772.

Indagando il parametro “*distanza Rms antero-posteriore dal centro del CoP*” (B), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), p-value = 0,01246487;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 0,01766773.

Indagando il parametro “*escursione totale antero-posteriore del CoP*” (C), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “occhi chiusi” (1), p-value = 0,00081011;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “rotazione del capo” (2), p-value = 0,00147000;
- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 0,00037872.

Spostamento medio-laterale del CoP (asse x)

Considerando i parametri relativi allo spostamento medio-laterale del CoP (asse x):

- *Distanza media medio-laterale dal centro del CoP* (D);
- *Distanza Rms medio-laterale dal centro del CoP* (E);
- *Escursione totale medio-laterale del CoP* (F).

Si può osservare come la significatività sia dovuta esclusivamente al confronto con la prova “pad propriocettivo” (3).

Confronto	P-value (D)	P-value (E)	P-value (F)
0 – 1	1,000000e+00	1,000000e+00	1,000000e+00
0 – 2	7,877657e-02	9,252081e-02	2,514451e-01
1 – 2	4,061919e-01	3,148272e-01	1,000000e+00
0 – 3	3,446521e-07	3,792479e-07	4,837565e-05
1 – 3	1,087094e-05	5,026297e-06	6,704033e-03
2 – 3	1,929307e-02	1,689706e-02	9,082382e-02

Indagando il parametro “*distanza media medio-laterale dal centro del CoP*” (D), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 3,446521e-07;
- prova “occhi chiusi” (1) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 1,087094e-05;
- prova “rotazione del capo” (2) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 1,929307e-02.

Indagando il parametro “*distanza Rms medio-laterale dal centro del CoP*” (E), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 3,792479e-07;
- prova “occhi chiusi” (1) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 5,026297e-06;
- prova “rotazione del capo” (2) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 1,689706e-02.

Indagando il parametro “*escursione totale medio-laterale del CoP*” (F), nel confronto tra le singole prove sono risultate significative:

- prova “occhi aperti” (0) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 4,837565e-05;
- prova “occhi chiusi” (1) con prova “pad propriocettivo” (3), p-value = 6,704033e-03.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

5.1 – Discussione

Le alterazioni del controllo posturale sono una delle principali cause del rischio di caduta nei soggetti anziani. Proprio per questo motivo si è deciso di avvalersi dell'esame posturografico per indagare quali fossero i valori di normalità di alcuni indicatori di performance del controllo posturale, nei soggetti di età compresa tra i 60 e 69 anni, valutando la sensibilità relativa delle misure basate sul centro di pressione (CoP), così da poter individuare i soggetti di pari età a rischio di caduta.

Una volta ottenuti i risultati delle prove dei 20 partecipanti, sono stati confrontati i risultati con un test per l'analisi della varianza, in tal caso il Test di Kruskal-Wallis (poiché i valori erano distribuiti non parametricamente) mediante il software "R", riuscendo così ad individuare i valori di normalità. I soggetti che in futuro verranno sottoposti all'esame posturografico e che non rientreranno all'interno di questi valori di normalità saranno considerati a rischio caduta e quindi si cercherà di riabilitare il soggetto in modo da farlo rientrare, se ancora possibile, all'interno di questi valori.

Tabella valori di normalità

Nella tabella sono riportati i valori di normalità dei vari parametri che si possono identificare nel range compreso tra il 1°quartile e il 3°quartile.

	Occhi aperti	Occhi chiusi	Rotaz. del capo	Pad propriocett.
Distanza media	2,717 - 4,725	3,578 - 5,170	4,000 - 5,880	4,527 - 6,665
Distanza Rms	3,013 - 5,332	4,240 - 6,110	4,817 - 6,850	5,317 - 7,537
Escursione totale	422,1 - 499,6	493,2 - 624,0	510,3 - 605,2	542,0 - 659,4
Sway area	11,27 - 23,79	17,63 - 31,48	21,57 - 39,25	32,36 - 51,03

Analizzando i risultati ottenuti si può osservare come per ciascuno dei parametri indagati vi sia una maggior oscillazione del CoP passando, in ordine crescente, dalla prova “occhi aperti”, risultata come prova meno destabilizzante, fino ad arrivare alla prova “pad propriocettivo”, risultata come la prova più destabilizzante. Questi dati riflettono come le prove sensibilizzate (occhi chiusi, rotazione del capo e pad propriocettivo) richiedano una maggior attivazione dei sistemi sensoriali e i conseguenti aggiustamenti posturali per riuscire a mantenere la stazione eretta.

Tale situazione può essere spiegata dal fatto che:

- *ad occhi aperti* i sistemi visivo, vestibolare e propriocettivo intervengono tutti insieme nella risposta posturale (principio della ridondanza), che si traduce in una maggior stabilità posturale del soggetto;
- *ad occhi chiusi* viene escluso il sistema visivo e la performance è garantita dal sistema vestibolare e propriocettivo; il soggetto necessita di un maggior impiego di questi sistemi per garantire la stabilità;
- *con la rotazione del capo* si richiede una maggior attivazione da parte del sistema vestibolare;
- *la presenza del tappetino propriocettivo* sulla base di appoggio determina una maggiore quantità di dati legati alla propriocezione plantare, ciò richiede una più complessa elaborazione delle informazioni somatosensoriali da parte del SNC.

Sostanzialmente, la somministrazione di prove sensibilizzate obbliga un maggior impiego di alcuni sistemi sensoriali che si esplica in un aumento del numero di aggiustamenti posturali necessari per mantenere l’equilibrio e ciò si traduce in oscillazioni del CoP più ampie che vengono registrate dalla pedana.

Gli spostamenti del CoP possono verificarsi in direzione antero-posteriore (asse y) e medio-laterale (asse x).

Considerando tutti i parametri relativi allo spostamento antero-posteriore del CoP (oscillazione del CoP sull'asse y):

- *Distanza media antero-posteriore dal centro del CoP (A);*
- *Distanza Rms antero-posteriore dal centro del CoP (B);*
- *Escursione totale antero-posteriore del CoP (C).*

Confronto	P-value (A)	P-value (B)	P-value (C)
0 – 1	0,16487990	0,13706736	0,00081011
0 – 2	0,01150139	0,01246487	0,00147000
1 – 2	1,00000000	1,00000000	1,00000000
0 – 3	0,02060772	0,01766773	0,00037872
1 – 3	1,00000000	1,00000000	1,00000000
2 – 3	1,00000000	1,00000000	1,00000000

si può osservare come la significatività sia dovuta esclusivamente al confronto con la prova “occhi aperti” (0). Ciò può essere spiegato dal fatto che la prova “occhi aperti” (0) viene eseguita su una superficie stabile, senza la privazione della funzione visiva e mantenendo il capo fermo. Questa condizione permette di sfruttare le informazioni fornite dai diversi canali sensoriali in assenza di scompensi fornendo dunque maggiore stabilità e permettendo così di ricorrere in misura minore alla “strategia di caviglia” riducendo le oscillazioni del CoP in direzione antero-posteriore.

Considerando i parametri relativi allo spostamento medio-laterale del CoP (oscillazione del CoP sull'asse x):

- *Distanza media medio-laterale dal centro del CoP (D)*;
- *Distanza Rms medio-laterale dal centro del CoP (E)*;
- *Escursione totale medio-laterale del CoP (F)*.

Confronto	P-value (D)	P-value (E)	P-value (F)
0 – 1	1,000000e+00	1,000000e+00	1,000000e+00
0 – 2	7,877657e-02	9,252081e-02	2,514451e-01
1 – 2	4,061919e-01	3,148272e-01	1,000000e+00
0 – 3	3,446521e-07	3,792479e-07	4,837565e-05
1 – 3	1,087094e-05	5,026297e-06	6,704033e-03
2 – 3	1,929307e-02	1,689706e-02	9,082382e-02

si può osservare come la significatività nel confronto tra le prove derivi esclusivamente dalla prova “pad propriocettivo”. In tal caso risulta evidente l’azione destabilizzante generata dal tappetino propriocettivo sull’asse x. Tale condizione obbliga il soggetto, a causa della presenza di una superficie morbida, ad una maggior attivazione del sistema somatosensoriale per riuscire a mantenere la stazione eretta aumentando gli aggiustamenti posturali in direzione medio-laterale.

Tabella significatività dei parametri indagati

Dal confronto tra le mediane dei diversi gruppi effettuato con il test di Kruskal-Wallis è emerso che tutti e quattro i parametri indagati sono risultati significativi.

Parametri	P-value
Distanza media dal centro del CoP	6,403e-05
Distanza Rms dal centro del CoP	0,000111
Escursione totale del CoP	3,024e-05
Sway area	5,171e-06

Tale risultato ha permesso di rifiutare l'ipotesi nulla e di concludere che esiste una differenza molto significativa tra le diverse prove, ma senza fornire informazioni su quali siano le prove ad essere significative in ciascun parametro.

Tabella confronto significatività

Per capire quali sono le prove che hanno determinato la significatività all'interno di ciascun parametro è stato necessario effettuare il confronto tra le singole prove.

Confronto	Distanza media	Distanza Rms	Escursione totale	Sway area
0 - 1	0,5935346500	4,001298e-01	2,679198e-03	3,971555e-01
0 - 2	0,0172730554	1,334467e-02	2,819672e-03	1,098833e-02
1 - 2	1,0000000000	1,000000e+00	1,000000e+00	1,000000e+00
0 - 3	0,0000405423	6,838741e-05	3,513048e-05	2,485648e-06
1 - 3	0,0261408782	6,370742e-02	1,000000e+00	7,554098e-03
2 - 3	0,7698391077	1,000000e+00	1,000000e+00	3,099403e-01

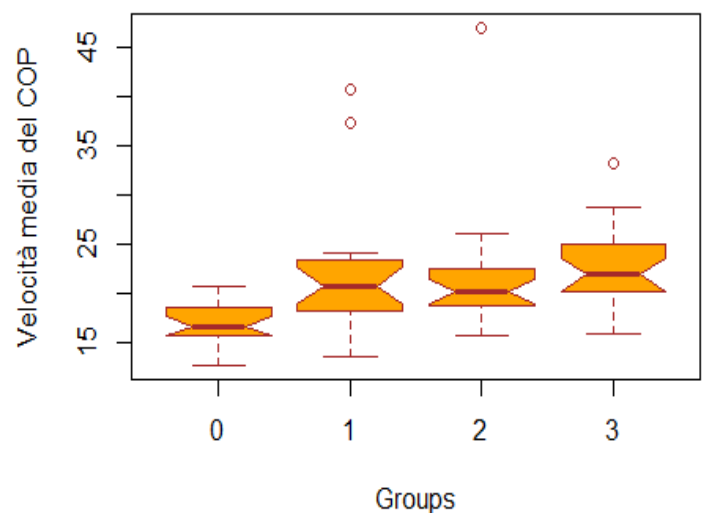
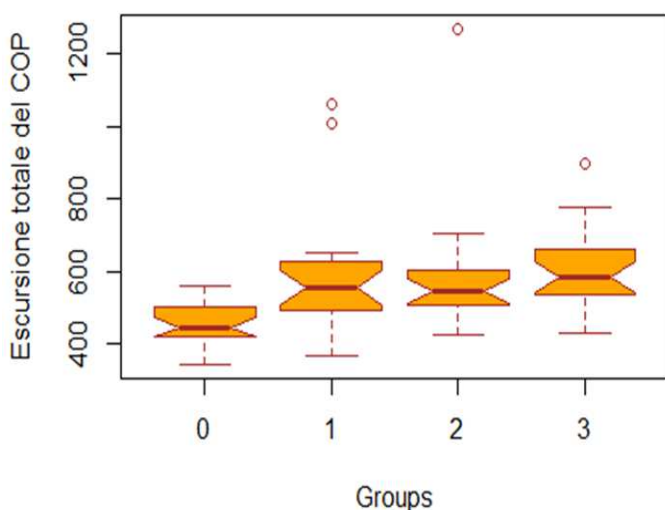
Confrontando le diverse prove si nota come la significatività di tutti e quattro i parametri sia determinata dal confronto:

- occhi aperti (0) – rotazione del capo (2);
- occhi aperti (0) – pad propriocettivo (3)

Osservando la tabella, si può evidenziare come il confronto tra la prova “occhi aperti” (0) – “pad propriocettivo” (3) sia la più significativa e cioè la più indicativa della stabilità posturale del soggetto. Eventualmente si può effettuare il confronto anche tra la prova “occhi aperti” (0) - “rotazione del capo” (2) anche se fornirà un indice di significatività ridotto rispetto al confronto “occhi aperti” (0) – “pad propriocettivo” (3).

Da tale premessa si può dedurre che, se si vuole valutare la performance del controllo posturale in un soggetto di età compresa tra 60 e 69 anni, sarà necessario confrontare le prove occhi aperti e pad propriocettivo per capire se il soggetto è a rischio di cadute o meno.

Un altro aspetto da tenere in considerazione nella valutazione dell’equilibrio, oltre all’ampiezza delle oscillazioni, è la velocità del CoP. Dividendo il *percorso totale del CoP* per il tempo della prova si ottiene la *velocità media del CoP*. Essendo il tempo uguale per ciascuna prova si può affermare che i due parametri esprimano significatività sovrapponibili.



Osservando la tabella “confronto delle significatività”, il parametro “*escursione totale del CoP*” e di conseguenza la “*velocità media del CoP*”, mostrano una significatività anche nel confronto tra le prove “*occhi aperti*” (0) – “*occhi chiusi*” (1) e ciò sta ad indicare che la “*velocità media del CoP*” durante il test viene condizionata dall’assenza della funzione visiva, che farà oscillare più velocemente il CoP determinando una maggiore instabilità posturale.

5.2 – Limiti e punti di forza dello studio

Uno dei limiti di questo studio è rappresentato dalla modalità di campionamento utilizzato, dato che si è scelto un campionamento “per quote”. Tale opzione ha consentito un risparmio dal punto di vista sia delle risorse impiegate che del tempo necessario per portare a termine lo studio.

Un secondo limite lo si può identificare nella classe di età dei partecipanti, poiché il campione oggetto di studio è costituito da soggetti solo in parte ascrivibili alla categoria degli anziani (65-69 anni). Questi soggetti tendono statisticamente a cadere meno rispetto agli anziani di classi di età maggiore, oltre a riportare conseguenze meno gravi in seguito a tale evento. Essendo, dunque, il problema delle cadute più impattante nell’anziano geriatrico, sia dal punto di vista clinico che sociale, sarebbe stato più significativo eseguire la ricerca su questa categoria di soggetti (anziani over 75). La scelta è ricaduta su un campione “più giovane” per motivi logistici e organizzativi.

Il punto di forza di questo studio consiste nell’aver identificato, attraverso l’indagine posturografica, alcuni valori di riferimento relativi alla condizione di normalità per la popolazione di età compresa tra 60 e 69 anni, che fino ad ora mancava di questi valori.

Tramite questi valori di normalità sarà possibile individuare precocemente i soggetti di pari età a rischio di caduta.

Questa ricerca fornisce, di conseguenza, una base sulla quale effettuare ulteriori studi futuri.

5.3 – Conclusioni

Nel presente studio sono stati individuati i valori di normalità del controllo posturale di alcuni indici di equilibrio statico nella popolazione sana ultrasessantenne. In base alle prove somministrate è stata registrata una diversa oscillazione del CoP. La prova “pad propriocettivo” è risultata essere la più destabilizzante delle quattro, generando maggiori oscillazioni del CoP, in particolare nella direzione medio-laterale, mentre la prova “occhi aperti” è risultata essere la meno destabilizzante, producendo una quantità ridotta di oscillazioni antero-posteriori rispetto alle prove sensibilizzate. Dal confronto tra prove, inoltre, è emerso come le più indicative della stabilità posturale del soggetto siano dovute al confronto tra le prove “occhi aperti” - “rotazione del capo” e le prove “occhi aperti” - “pad propriocettivo”. Indagando l’andamento della “velocità media del CoP” è stato evidenziato come tale parametro sia condizionato anche dal confronto tra le prove “occhi aperti” – “occhi chiusi” e quindi, come l’assenza della funzione visiva comporti una più veloce oscillazione del CoP.

Questa ricerca fornisce una base da cui partire per effettuare degli studi futuri. In particolare, sarebbe utile individuare i valori di normalità del controllo posturale nella popolazione degli anziani over 75, che è esposta a un numero maggiore di cadute con conseguenze più gravi rispetto alla popolazione più giovane. Obiettivo e interesse della fisioterapia, infatti, in questi pazienti anziani e fragili, è la prevenzione e la cura di eventi morbosi che costituiscono un grave rischio di perdita dell’autonomia. La perdita di autonomia, in questi casi, si traduce in un peggioramento della qualità di vita che rende necessaria assistenza da parte di terzi e la mobilitazione di molte risorse.

Parafrasando l’affermazione di Voltaire secondo cui *“il grado di civiltà di un popolo lo si valuta dal trattamento riservato ai più indifesi e deboli”* ci si augura che vengano investite sempre più risorse umane, intellettuali ed economiche per tutelare questa preziosa fascia di popolazione.

RINGRAZIAMENTI

I miei più sentiti ringraziamenti vanno alla relatrice Luigia Sangiani e alla correlatrice Marcella Pevere, per i suggerimenti, le preziose indicazioni e il sostegno che mi hanno fornito durante il percorso, aiutandomi nella la realizzazione di questo lavoro.

Ringrazio inoltre il Dott. Daniele Emedoli per gli utili e originali consigli e l'Ing. Marialuisa Bullo con il personale della ditta Khymeia per il supporto logistico e per aver messo a disposizione la necessaria strumentazione.

Ringrazio infinitamente anche i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.

BIBLIOGRAFIA

1. Academy of Neurologic Physical Therapy (2018), Core measure: Berg Balance Scale (BBS), Disponibile online all'indirizzo: [https://www.neuropt.org/docs/default-source/cpgs/core-outcome-measures/core-measure-berg-balance-scale-\(bbs\)_final-2019.pdf?sfvrsn=6e845043_0](https://www.neuropt.org/docs/default-source/cpgs/core-outcome-measures/core-measure-berg-balance-scale-(bbs)_final-2019.pdf?sfvrsn=6e845043_0)
2. Aniasson A., Hedberg M., Henning GB., Grimby G. (1986), "*Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study*", Muscle & Nerve, Vol. 9, n°7, pag. 585-591.
3. Baccini M., Bernabei R., Marchionni N., Paci M. (2011), "*Riabilitare la persona anziana*", Elsevier – Masson.
4. Beani E., Filogna s., Martini G., Barzacchi V., Ferrari A., Guidi E., Menici V., Cioni G., Sgandurra G. (2022), "*Application of Virtual Reality Rehabilitation System for the assessment of postural control while standing in typical children and peers with neurodevelopmental disorders*", Gait & Posture, Vol. 92, pag. 364-370.
5. Carr JH., Sheperd RB. (1998), "*Neurological rehabilitation: optimizing motor performance*", Butterworth-Heinemann, Oxford.
6. Ghez C. (1991), "*Posture*". In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (Eds) Principles of neural science (3rd Edn). Norwalk: Appleton & Lange, pag. 596-608.
7. Horak F., Nashner L. (1986), "*Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations*", Journal of Neurophysiology, Vol. 55, n°6, pag. 1369-1381.

8. Horak FB. (2010), “*Postural compensation for vestibular loss and implications for rehabilitation*”, Restorative Neurology and Neuroscience, Vol. 28, n°1, pag. 57-68.
9. Istituto Superiore di Sanità (2019), Le cadute negli anziani - epiCentro.iss.it, Disponibile online all’indirizzo: <https://www.epicentro.iss.it/incidenti-domestici/rischi-cadute-anziani>
10. Kavounoudias A., Roll R., Roll JP. (2001), “*Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation*”, The journal of Physiology, Vol. 532, n°3, pag. 869-878.
11. Khymeia, VRRS Evo, Disponibile on-line all’indirizzo: <https://khymeia.com/it/products/vrrs-evo/>
12. Palmieri RM., Ingersoll CD., Stone MB., Krause BA. (2002), “*Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control*”, Journal of Sport Rehabilitation, Vol. 11, n°1, pag. 51-56.
13. Paterna M. (2018), “*Caratterizzazione di un sistema di perturbazione posturale*”, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.
14. Prieto T.E., Myklebust J.B., Hoffmann R.G., Lovett E.G., Myklebust B.M. (1996), “*Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults*”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 43, n°9, pag. 956-966.
15. Senin U., Polidori M.C., Cherubini A., Mecocci P. (2020), “*Paziente Anziano - Paziente Geriatrico – Medicina della Complessità*”, Edises edizioni, Napoli.
16. Sherwood L. (2012), “*Fondamenti di fisiologia umana*”, Piccin - Nuova Libreria, Padova.
17. Shirley Ryan AbilityLab (2020), Berg Balance Scale | RehabMeasures Database, Disponibile online all’indirizzo: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/berg-balance-scale>
18. Shumway-Cook A., Wollacott M. (2001), “*Motor Control: Theory and Practical Applications*”, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
19. Società Italiana di Gerontologia e Geriatria, Manuale di Competenze in Geriatria, Disponibile online all’indirizzo: <https://www.sigg.it/manuale-di-competenze-in-geriatria/>
20. Sousa C., Lee K., Alon D., Sternad D., Lu A. (2023), “*A Systematic Review and Meta-analysis of the Effect of Active Video Games on Postural Balance*”, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol. 104, n°4, pag. 631-644.
21. Toldi J. (2008), “*Representational plasticity in the mammalian brain cortex*”, (Review article), Acta Physiologica Hungarica, Vol. 95, n°3, pag. 229-245.
22. Woollacott MH., Manchester DL. (1993), “*Anticipatory postural adjustments in older adults: are changes in response characteristics due to changes in strategy?*”, Journal of Gerontology, Vol. 48, n°2, pag. M64-M70.

ALLEGATI

Allegato 1: modulo consenso informato

INFORMATIVA SUL TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI AI SENSI DEL REGOLAMENTO
UE 2016/679 e D.Lgs.101/2018

Il/La sottoscritto/a _____
è informato/a sui seguenti punti in relazione al trattamento dei dati personali ai sensi del
Regolamento UE 2016/679 e D.Lgs. 101/2018:

1. il GDPR e il D.Lgs. 101/2018 prevedono e rafforzano la **protezione e il trattamento dei dati personali** alla luce dei principi di correttezza, liceità, trasparenza, tutela della riservatezza e dei diritti dell'interessato in merito ai propri dati.
2. Il signor Alvise Gastaldi, residente in via gambero, 2 -Jesolo (VE) è **Titolare** del trattamento dei seguenti dati raccolti per lo svolgimento dello studio che mi è stato presentato:
 - a. dati anagrafici e di contatto – informazioni relative al nome, data di nascita, numero di telefono, e qualsiasi altro dato o informazione riguardante una persona fisica identificata o identificabile;
 - b. dati relativi allo stato di salute: i dati particolari attinenti alla salute fisica o mentale (o ogni altro dato o informazione richiamato dall'art. 9 e 10 GDPR e dall'art. 2-septies del D.Lgs. 101/2018) sono raccolti direttamente, in relazione alla necessità di svolgimento dello studio di tesi di laurea del sig. Alvise Gastaldi.

I dati di cui alla lettera a) e b) sopra indicate sono i **dati personali**.

Le valutazioni professionali raccolte dallo studente Alvise Gastaldi costituiscono l'insieme dei **dati professionali**, trattati secondo tutti i principi del GDPR.

3. Il trattamento di tutti i dati sopra richiamati viene effettuato sulla base del consenso libero, specifico e informato del volontario e al fine di svolgere lo studio di tesi di laurea
4. I dati personali saranno trattati con modalità informatiche.
5. Saranno utilizzate adeguate **misure di sicurezza** al fine di garantire la protezione, la sicurezza, l'integrità, l'accessibilità dei dati personali, entro i vincoli delle norme vigenti e del segreto professionale.
6. I dati personali che non siano più necessari, o per i quali non vi sia più un presupposto giuridico per la relativa conservazione, verranno **anonimizzati irreversibilmente o distrutti in modo sicuro**.

7. I dati personali verranno **conservati solo per il tempo necessario** al conseguimento delle finalità per le quali sono stati raccolti.

Luogo e data _____

Firma _____

Consenso al trattamento dei dati personali e sensibili

I/II/la sottoscritti/o/a

DICHIARA

di aver letto e compreso le informazioni fornite a norma dell'ex art.13 del D.lgs. 196/2003 e dal nuovo regolamento europeo in materia di trattamento dei dati UE 2016/679, consapevole che il trattamento riguarderà i dati "sensibili" di cui all'art 4, comma 1 lett. d) del citato decreto, vale a dire " *i dati personali idonei a rivelare l'origine razziale ed etnica, le convinzioni religiose, filosofiche o di altro genere, le opinioni politiche, l'adesione a partiti, sindacati, associazioni od organizzazioni a carattere religioso, filosofica, politico o sindacale, nonché i dati idonei a rivelare lo stato di salute e la vita sessuale*",

PRESTA

libero, consapevole, informato e specifico **consenso** al trattamento, anche con strumenti informatici e/o telematici, dei dati personali e sensibili raccolti con la finalità dello studio che mi è stato presentato.

Data.....

Firma

Allegato 2: modulo Berg Balance Scale

Berg Balance Scale

(Scala funzionale dell'equilibrio)

Panoramica

La Berg Balance Scale è una scala utilizzata per valutare l'equilibrio statico e dinamico in posizione seduta e in piedi.

La Berg Balance Scale è composta da 14 item riguardanti l'equilibrio funzionale che si concentrano sulla capacità di mantenere una determinata posizione e di eseguire aggiustamenti posturali per completare movimenti funzionali.

Ogni item è valutato su una scala ordinale a 5 punti che va da 0 a 4, con 0 che indica l'incapacità di completare in modo adeguato il compito e 4 che indica invece la capacità di eseguire correttamente il compito.

Gli item sono valutati in base al tempo, al livello di indipendenza o di supervisione richiesto.

I punti vengono detratti se viene richiesta supervisione, assistenza e/o se si impiega più del tempo previsto per completare il compito. La supervisione è necessaria in caso di ondeggiamento eccessivo o di problemi di sicurezza.

Attrezzatura necessaria

Per la somministrazione della prova sono necessari:

- Un cronometro;
- Una sedia di altezza standard (46 – 51 cm) con braccioli;
- Una sedia di altezza standard (46 – 51 cm) senza braccioli;
- Un gradino o uno sgabello di altezza media (20 – 23 cm);
- Un righello;
- Una pantofola o scarpa.

Tempistiche della prova

Meno di 20 minuti.

Item

1. Dalla posizione seduta alla stazione eretta

Il paziente è seduto su una sedia con braccioli.

Istruzioni: alzarsi dalla sedia cercando di non usare le mani come supporto.

- (4) in grado di alzarsi senza mani e si stabilizza indipendentemente;
- (3) in grado di alzarsi indipendentemente utilizzando le mani;
- (2) in grado di alzarsi utilizzando le mani dopo numerosi tentativi;
- (1) necessita di una minima assistenza per alzarsi o per stabilizzarsi;
- (0) necessita di una moderata o massima assistenza per alzarsi.

2. Stazione eretta senza supporti

Il paziente è in piedi, tranquillo, con i piedi alla larghezza delle spalle, su una superficie solida. L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: rimanere in piedi per 2 minuti senza supporti.

- (4) in grado di stare in piedi con sicurezza per 2 minuti;
- (3) in grado di stare in piedi per 2 minuti con supervisione;
- (2) in grado di stare in piedi per 30 secondi senza supporti;
- (1) necessita di numerosi tentativi per stare in piedi 30 secondi senza supporti;
- (0) non in grado di stare 30 secondi in piedi senza assistenza.

SE IL SOGGETTO È IN GRADO DI STARE 2 MINUTI CON SICUREZZA IN PIEDI, SEGNA PUNTEGGIO PIENO PER LA SEDUTA SENZA SUPPORTI, PROCEDI ALLA VARIAZIONE DI POSIZIONE "STAZIONE ERETTA A QUELLA SEDUTA".

3. Posizione seduta con la schiena non sostenuta

Il paziente è seduto, con la schiena non sostenuta ma con i piedi appoggiati sul pavimento. L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: rimanere seduti con le braccia conserte per 2 minuti.

- (4) in grado di stare seduto con sicurezza e al sicuro per 2 minuti;
- (3) in grado di stare seduto per 2 minuti sotto supervisione;
- (2) in grado di stare seduto per 30 secondi;
- (1) in grado di stare seduto per 10 secondi;
- (0) non in grado di stare seduto senza supervisione per 10 secondi.

4. Dalla stazione eretta alla posizione seduta

Il paziente è in piedi davanti a una sedia con braccioli.

Istruzioni: si prega di sedersi.

- (4) seduto con sicurezza con minimo utilizzo delle mani;
- (3) controlla la discesa attraverso l'utilizzo delle mani;
- (2) utilizza la parte posteriore delle gambe contro la sedia per controllare la discesa;
- (1) si siede indipendentemente ma non ha controllo della discesa;
- (0) necessita di assistenza per sedersi.

5. Trasferimenti

Disporre due sedie a circa 90° per un trasferimento a perno.

Si possono usare due sedie (una con i braccioli e una senza) o un letto e una sedia con braccioli. Assicurarsi che il paziente si sposti in entrambe le direzioni (quindi torni anche indietro).

Istruzioni: si prega di passare da questa sedia con i braccioli, a questa sedia senza braccioli, e viceversa.

- (4) in grado di trasferirsi con sicurezza e con solo il minor utilizzo delle mani;
- (3) in grado di trasferirsi con sicurezza e con un certo bisogno delle mani;
- (2) in grado di trasferirsi con suggerimenti verbali e/o supervisione;
- (1) necessita di assistenza da parte di una persona;
- (0) necessita di assistenza o supervisione da parte di due persone per la sicurezza.

6. Stazione eretta senza supporti con gli occhi chiusi

Il paziente sta in piedi tranquillamente.

L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: chiudere gli occhi e rimanere fermi per 10 secondi.

(4) in grado di stare in piedi 10 secondi con sicurezza;

(3) in grado di stare in piedi 10 secondi con supervisione;

(2) in grado di stare in piedi 3 secondi;

(1) non riesce a mantenere gli occhi chiusi per 3 secondi, ma rimane in sicurezza;

(0) necessita di aiuto per evitare la caduta.

7. Stazione eretta senza supporti con piedi uniti

Il paziente sta in piedi tranquillamente con i piedi uniti.

L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: unire i piedi e rimanere in piedi senza tenersi.

(4) in grado di unire i piedi in modo indipendente e di stare in piedi per 1 minuto in modo sicuro;

(3) in grado di unire i piedi autonomamente e di stare in piedi per 1 minuto con supervisione;

(2) in grado di unire i piedi autonomamente ma non in grado di tenerla 30 secondi;

(1) necessita di aiuto per mantenere la posizione ma in grado di mantenerla per 15 secondi;

(0) necessita di aiuto per mantenere la posizione e non è in grado di mantenerla per 15 secondi.

I SEGUENTI ITEM SONO DA ESEGUIRE MANTENENDO LA STAZIONE ERETTA SENZA SUPPORTI.

8. Allungarsi in avanti con il braccio disteso

Il paziente è in piedi con entrambe le braccia sollevate a 90° di flessione della spalla con le dita estese. Se il paziente ha un problema alla spalla che limita la capacità di sollevare le braccia in modo simmetrico, utilizzare solo il braccio che può essere sollevato a 90° con facilità e meno dolore.

L'esaminatore tiene un righello alle estremità delle dita. Se il paziente non è in grado di estendere le dita, utilizzare l'articolazione metacarpo-falangea invece della punta delle dita.

Il paziente utilizza entrambe le braccia per evitare la rotazione del tronco durante lo spostamento in avanti. Se viene utilizzato un solo braccio, fornire al paziente indicazioni verbali per limitare la rotazione del tronco.

Istruzioni: sollevare il braccio a 90°. Distendere le dita e cercare di allungarle il più possibile

(l'esaminatore posiziona una riga alla fine della punta delle dita quando il braccio è a 90°, le dita non dovrebbero toccare la riga mentre ci si allunga in avanti; la misura registrata è la distanza in avanti che le dita raggiungono mentre il soggetto è nella maggior inclinazione in avanti).

(4) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza > 25,7 cm;

(3) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza > 12,85 cm;

(2) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza > 5,14 cm;

(1) si allunga in avanti ma necessita di supervisione;

(0) perde l'equilibrio durante il tentativo/richiede un supporto esterno.

9. Raccogliere un oggetto da terra

Il paziente sta in piedi.

Una ciabatta o una scarpa viene posizionata davanti al paziente, vicino ai suoi piedi.

Il paziente deve essere in grado di piegarsi e di raggiungere facilmente la ciabatta.

L'esaminatore presta attenzione a quanto il paziente è in grado di avvicinarsi all'oggetto.

Istruzioni: raccogliere la scarpa / ciabatta che è posta davanti al piede.

(4) in grado di raccogliere la scarpa con sicurezza e facilmente;

(3) in grado di raccogliere la scarpa ma necessita di supervisione;

(2) non in grado di raccogliercela ma si avvicina di 2-5 cm dalla scarpa e mantiene l'equilibrio autonomamente.

(1) non in grado di raccogliere la scarpa e necessita di supervisione mentre prova.

(0) non in grado di provare / ha bisogno di assistenza per non perdere l'equilibrio o cadere.

10. Voltarsi per guardare dietro alle spalle a destra e a sinistra

Il paziente sta in piedi.

L'esaminatore è in piedi di fronte al paziente per valutare accuratamente la rotazione e lo spostamento del peso.

Istruzioni: girarsi per guardare direttamente dietro di sé verso la spalla sinistra. Ripetere verso destra.

(4) guarda dietro da entrambi i lati e trasferisce bene il carico;

(3) guarda dietro solo da un lato, dall'altro mostra un minor spostamento del carico;

(2) si gira solo lateralmente ma mantiene l'equilibrio;

(1) necessita di supervisione quando si gira;

(0) necessita di assistenza per non perdere l'equilibrio o cadere.

11. Ruotare di 360°

Il paziente sta in piedi.

L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: girare completamente in tondo, fare una pausa, poi fare un giro completo nell'altra direzione.

(4) in grado di ruotare di 360° con sicurezza in meno di 4 secondi da ogni lato;

(3) in grado di ruotare di 360° con sicurezza da un solo lato in meno di 4 secondi;

(2) in grado di ruotare di 360° con sicurezza ma lentamente;

(1) necessita di una stretta supervisione o di indicazioni verbali;

(0) necessita di assistenza quando ruota.

TRASFERIMENTO DINAMICO DEL CARICO MENTRE MANTIENE LA STAZIONE ERETTA SENZA SUPPORTI.

12. Appoggiare il piede alternato su un gradino o uno sgabello mentre si sta in piedi senza appoggio e contare il numero di step

Il paziente sta in piedi.

L'esaminatore posiziona uno sgabello da 20 – 23 cm davanti al paziente oppure il paziente si posiziona davanti ad un gradino.

L'esaminatore si trova nelle vicinanze per fornire assistenza se necessario.

L'esaminatore ha il cronometro in mano e misura il tempo necessario per completare la prova.

Istruzioni: portare alternativamente ciascun piede sullo sgabello/gradino.

Continuare fino a quando ogni piede ha toccato il gradino/sgabello per quattro volte.

(4) in grado di stare in piedi in modo indipendente e sicuro e di completare gli 8 step in 20 secondi;

(3) in grado di stare in piedi in modo indipendente e di completare gli step in > 20 secondi;

(2) in grado di compiere 4 step senza aiuto con supervisione;

(1) in grado di compiere > 2 step con minima assistenza;

(0) necessita di assistenza per evitare le cadute/non in grado di provarci.

13. Stazione eretta senza supporti, un piede di fronte all'altro (tandem)

Il paziente sta in piedi.

L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Il piede deve superare completamente l'altro piede.

Istruzioni: (dimostrare al soggetto) posizionare un piede direttamente davanti all'altro.

Se si ritiene di non poter posizionare il piede direttamente davanti, provare a fare un passo abbastanza avanti in modo che il tallone del piede sia davanti alle dita dell'altro piede.

(4) in grado di posizionare i piedi in tandem in modo indipendente e di mantenerli per 30 secondi;

(3) in grado di posizionare il piede davanti all'altro in modo indipendente e di mantenerlo per 30 secondi.

(2) in grado di tenere un piccolo passo autonomamente e di mantenerlo per 30 secondi;

(1) necessita di aiuto per fare un passo ma può mantenerlo per 15 secondi;

(0) perde l'equilibrio mentre fa il passo o in stazione eretta.

14. In piedi su una gamba sola

Il paziente sta in piedi.

L'esaminatore ha il cronometro in mano.

Istruzioni: stare in piedi su una gamba sola il più a lungo possibile senza tenersi con le mani;

(4) in grado di sollevare la gamba in modo indipendente e di mantenerla per più di 10 secondi;

(3) in grado di sollevare la gamba in modo indipendente e di mantenerla 5 – 10 secondi;

(2) in grado di sollevare la gamba in modo indipendente e di mantenerla per più di 3 secondi;

(1) cerca di sollevare la gamba, non riesce a mantenerla per 3 secondi, ma rimane in piedi autonomamente;

(0) non in grado di provare / necessita di assistenza per evitare la caduta.

PUNTEGGIO TOTALE / 56

> 45 deambulazione sicura, no ausili / minor probabilità di cadere

> 35 deambulazione sicura, con ausili

**BERG
BALACE
SCALE**

Nome del paziente: _____

Nome del valutatore: _____

Data: _____

Balance Item

Punteggio (0-4)

-
1. Dalla posizione seduta alla stazione eretta _____
 2. Stazione eretta senza supporti _____
 3. Posizione seduta con la schiena non sostenuta _____
 4. Dalla stazione eretta alla posizione seduta _____
 5. Trasferimenti _____
 6. Stazione eretta senza supporti con gli occhi chiusi _____
 7. Stazione eretta senza supporti con piedi uniti _____
 8. Allungarsi in avanti con il braccio disteso _____
 9. Raccogliere un oggetto da terra _____
 10. Voltarsi per guardare dietro alle spalle a destra e a sinistra _____
 11. Ruotare di 360° _____
 12. Appoggiare il piede alternato su un gradino o uno sgabello _____
 13. un piede di fronte all'altro (tandem) _____
 14. In piedi su una gamba sola _____

Totale (0 – 56): _____

Interpretazione:

-
- 0 – 20** obbligato su sedia a rotelle
21 – 40 deambulante con assistenza
41 – 56 indipendente