

# Valoración de la efectividad de un protocolo de estimulación sensorial de la mano hemiparésica para la rehabilitación del control postural en pacientes con ictus crónico. Estudio piloto

## *Evaluation of the effectiveness of a hemiparesis hand sensory stimulation protocol for postural control rehabilitation in patients with chronic stroke. Pilot study*

<sup>1</sup>Ana Mallo-López<sup>1,2</sup>, <sup>1</sup>Ángela Aguilera-Rubio<sup>1,2</sup>, Nuria Izquierdo-Rodríguez<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Francisco Molina-Rueda<sup>3</sup>, <sup>1</sup>Alicia Cuesta-Gómez<sup>3</sup>

### RESUMEN

**Introducción.** Uno de los objetivos principales de la neurorrehabilitación en pacientes con ictus es el reentrenamiento del equilibrio. Se ha estudiado la influencia de la función motora del miembro superior en el control postural, pero se desconoce si la estimulación somatosensorial de la mano afecta puede influirlo.

**Objetivo.** Estudiar si un protocolo de estimulación somatosensorial de la mano afecta, en pacientes con ictus crónico, podría modificar la posición del centro de masa y su desplazamiento en bipedestación.

**Pacientes y métodos.** Cinco pacientes con ictus crónico y capacidad de bipedestación autónoma completaron este estudio piloto prospectivo y longitudinal, con valoración pretratamiento, post-primer tratamiento y post-intervención final. La intervención consistió en estimulación somatosensorial de la mano afecta en sesiones de 20 minutos de duración durante cinco días consecutivos. Se midieron Timed Up and Go Test (TUG), Performance Oriented Mobility Assessment (POMA), Limits of Stability (LOS) y Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB).

**Resultados.** Se observaron cambios estadísticamente significativos en TUG ( $p=0,043$ ), en mCTSIB con relación a los máximos desplazamientos del centro de presiones para la condición ojos abiertos ( $p=0,043$ ) y en LOS para el tiempo de reacción en la diagonal posterior afecta ( $p=0,043$ ), las máximas excursiones en las diagonales anterior menos afecta, afecta y posterior afecta ( $p=0,043$ ) y el control direccional en la anterior menos afecta y anterior afecta.

**Conclusiones.** La estimulación somatosensensorial propuesta puede ser positiva para el reentrenamiento del equilibrio a la luz de los resultados obtenidos. Son necesarias investigaciones a gran escala y largo plazo con muestras más grandes.

**Palabras clave.** Control postural, ictus, mano, marcha, rehabilitación, trastornos somatosensoriales.

<http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v30n4>

### Autores:

<sup>1</sup>Escuela Internacional de Doctorado. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid (España).

<sup>2</sup>Centro de Fisioterapia NeuroAvanza. Madrid (España).

<sup>3</sup>Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Alcorcón, Madrid.

### Correspondencia:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Alicia Cuesta Gómez  
Facultad de Ciencias de la Salud,  
Universidad Rey Juan Carlos  
Avenida de Atenas s/n - 28922  
Alcorcón, Madrid, Spain.  
[alicia.cuesta@urjc.es](mailto:alicia.cuesta@urjc.es)

Recibido: 21.09.20

Aceptado: 03.02.21

### Citación:

Mallo-López A, Aguilera-Rubio A, Izquierdo-Rodríguez N, Molina-Rueda F, Cuesta-Gómez A. Valoración de la efectividad de un protocolo de estimulación sensorial de la mano hemiparésica para la rehabilitación del control postural en pacientes con ictus crónico. Rev Col Med Fis Rehab. 2020;30(2):123-137 <https://doi.org/10.28957/rcmfr.v30n4>

### Conflictos de interés:

Ninguno declarado por los autores



## ABSTRACT

**Introduction.** One of the main goals of neurorehabilitation in stroke patients is balance retraining. The influence of upper limb motor function on postural control has been studied, but it is unknown whether somatosensory stimulation of the affected hand may influence it.

**Objective.** Checking whether a protocol of somatosensory stimulation of the hand affects, could modify, in patients with chronic stroke, the position of the centre of mass and its displacement while standing.

**Patients and methods.** Five patients with chronic stroke with autonomous standing capacity, completed a prospective and longitudinal pilot study, with pre-treatment, post-first treatment and final post-intervention assessment. The intervention consisted of somatosensory stimulation of the affected hand, lasting 20 minutes for 5 consecutive days. Timed Up and GO Test (TUG), Performance Oriented Mobility Assessment (POMA), Limits Of Stability (LOS) and Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) were measured.

**Results.** Statistically significant changes were observed in TUG ( $p=0.043$ ), in mCTSIB in the maximum center of pressure displacements for the open eyes condition ( $p=0.043$ ) and in LOS for the reaction time in the posterior affect diagonal ( $p=0.043$ ) maximum excursions in the anterior least affect, affect, and posterior affect diagonals ( $p=0.043$ ) and directional control in the anterior least affect and anterior affect diagonals.

**Conclusions.** The proposed somatosensory stimulation may be positive for balance retraining considering the results obtained. Large-scale, long-term research with larger samples is necessary at this level.

**Key words.** Gait, stroke, hand, postural balance, rehabilitation, somatosensory disorders.

<http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v30n4>



## INTRODUCCIÓN

El ictus se ha definido como una enfermedad cerebrovascular que se caracteriza por episodio agudo de disfunción neurológica de causa vascular, ya sea isquémica o hemorrágica, persistente al menos por 24 horas o hasta la muerte, que se debe a un daño focal del sistema nervioso central (SNC). Incluye infartos cerebrales isquémicos y hemorrágicos, hemorragias intracraneales y subaracnoideas<sup>1</sup>.

Dada la diversidad de la patología pueden verse afectadas distintas funciones y estructuras neuronales; por lo tanto, las manifestaciones clínicas son muy heterogéneas entre la población con ictus<sup>2</sup>. Se estima que el 76% de los pacientes sufrirán caídas tras el primer año de la lesión<sup>3</sup>. La falta de equilibrio es una de las alteraciones que produce mayor dependencia en los pacientes con ictus, dificultando las actividades básicas de la vida diaria (ABVD), aumentando el riesgo de caídas y limitando su participación social<sup>4</sup>.

El equilibrio o estabilidad postural se define como la capacidad de controlar el centro de masa en relación con la base de sustentación

(BS) en situaciones estáticas y dinámicas<sup>5</sup>. En sujetos que han sufrido un ictus, su centro de masa está desplazado, la carga en bipedestación no es uniforme en los dos miembros inferiores (MI), y su orientación y percepción de la vertical puede estar afectada<sup>6,7</sup>. Esto dificulta el traslado de peso entre los MI, que es necesario para las distintas actividades cotidianas en bipedestación, requiriendo mayor control visual para mantener el centro de masa dentro de la BS, con las pertinentes consecuencias en la calidad de vida de los pacientes<sup>8</sup>.

Profundizando en cómo el SNC desarrolla el control postural, numerosos estudios han destacado —además de los aspectos neuromusculares y biomecánicos—, la importancia de la integración de la información somatosensorial, vestibular y visual, siendo el sistema somatosensorial el que más aferencias aporta al control postural en bipedestación<sup>9</sup>. De hecho, los procesos cognitivos de esquema corporal estático y dinámico son fundamentales, especialmente en situaciones poco familiares. En este ámbito, diversos autores han estudiado la presencia de representaciones del cuerpo en diversas estructuras anatómicas de nuestro SNC<sup>10</sup>. La

integración multisensorial (principalmente somatosensorial, vestibular y visual) permite la formación y el continuo cambio del esquema corporal cortical, imprescindible para obtener una idea interna de nuestro propio cuerpo y de su relación con el medio externo<sup>11,12</sup>.

Diferentes investigaciones han demostrado la relevancia especial de la mano en el esquema corporal; se trata de un área ampliamente representada por su gran cantidad de movimiento selectivo voluntario y su alta concentración de receptores<sup>13</sup>. En pacientes con ictus, las aferencias provenientes del lado contralesional, y más concretamente de la mano afectada, se ven reducidas y alteradas, bien por la lesión primaria en la corteza, bien por la falta de uso, ya que el 80% de los pacientes presenta alteraciones en la funcionalidad y propiocepción de la mano. Por lo tanto, las representaciones corporales de la misma se verán afectadas<sup>14,15</sup>.

Siendo el abordaje del equilibrio un desafío para la neurorrehabilitación del paciente con ictus, y atendiendo a su complejidad, multitud de autores han profundizado en su recuperación; no tenemos constancia de investigaciones que se hayan ocupado de la influencia de la estimulación somatosensorial de la mano en el equilibrio del paciente con ictus crónico. Dado el excepcional rol de la mano a nivel somatosensorial y en el esquema corporal, así como la relevancia de éstos en los procesos de equilibrio y orientación postural, creemos pertinente implementar esta nueva perspectiva.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue estudiar si un protocolo de estimulación somatosensorial de la mano afectada, puede modificar, en pacientes con ictus crónico, la posición del centro de masa y su desplazamiento en bipedestación con sus consecuencias para el equilibrio y la marcha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio piloto prospectivo y longitudinal, con valoración pre tratamiento

(PRE), post-primera intervención (POST) y post-intervención final (FINAL). El procedimiento para la selección de los sujetos fue un muestreo no probabilístico consecutivo. Todas las valoraciones fueron realizadas por un fisioterapeuta.

Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Rey Juan Carlos de acuerdo con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la **Declaración de Helsinki** adoptada en la 18ª Asamblea de la Asociación Médica Mundial (AMM) (Helsinki, Finlandia, junio de 1964) y con la última versión revisada en la 64ª Asamblea General de la AMM realizada en Fortaleza (Brasil) en octubre 2013.

Se solicitó la participación voluntaria de adultos con ictus crónico del centro de fisioterapia NeuroAvanza. Los sujetos fueron reclutados si presentaban los siguientes criterios de inclusión: edades comprendidas entre los 30 y 75 años, ictus de más de un año de evolución, capacidad de bipedestación estable autónoma durante 60 segundos, capacidad de marcha, capacidad de comprensión de instrucciones. Así mismo, se consideraron algunos criterios de exclusión: deterioro cognitivo atencional (puntuación <20 en el Mini-Mental Test)<sup>16</sup> o que afecte a la capacidad de comprensión del lenguaje para el seguimiento de instrucciones, anestesia táctil completa en la mano contralesional, espasticidad y/o hipertonía en la mano afectada que impida el posicionamiento de la misma para la intervención (Asworth modificada en flexores de los dedos igual a 4)<sup>17</sup>, alteraciones visuales no corregibles con dispositivos oculares, y/o rechazo a participar en el estudio. Todos los pacientes fueron informados verbalmente y por escrito sobre las características del estudio. Tras estar de acuerdo, firmaron el consentimiento informado.

En el centro de fisioterapia NeuroAvanza se realizaron las mediciones y valoraciones PRE, POST y FINAL. Una vez realizada la primera valoración, todos los pacientes recibieron la intervención que se basaba en un protocolo de

estimulación somatosensorial. El protocolo se realizó en sesiones de veinte minutos durante cinco días consecutivos. Se trató de un protocolo de intervención sencillo desarrollado como un complemento a la terapia habitual de los pacientes. Durante el tiempo de la intervención los sujetos realizaron su tratamiento rehabilitador habitual (terapia según el Concepto Bobath).

Durante la intervención, el paciente adoptó una posición cómoda en la que la mano se encontraba en máxima relajación. La estimulación realizada fue, en un primer momento, cutánea y después propioceptiva. En ambas modalidades, el paciente no pudo mover su lado ipsilesional y mantuvo la atención en las sensaciones percibidas. En la estimulación cutánea se utilizaron materiales inocuos y segu-

ros como bolígrafos o cepillos, y el paciente se puso un antifaz para inhibir la visión permaneciendo concentrado en la estimulación aplicada, contestando a las cuestiones que el terapeuta le indicó (Figura 1). Se comenzaba por el dedo que el sujeto sintiera mejor y se estimulaba todo el segmento de distal a proximal, delimitando áreas pequeñas y sin cambiar de zona hasta que el paciente localizara la zona estimulada. En la parte propioceptiva el paciente no portó el antifaz y miró atentamente las distintas movilizaciones y estiramientos que se le realizaban.

Una vez realizada la primera intervención, se realizó la segunda medición con el fin de detectar cambios inmediatos tras la aplicación del protocolo. La tercera medición se realizó pasados cinco días consecutivos después de la intervención.



**Figura 1.** Materiales utilizados en el protocolo de estimulación. A) Pesa, B) antifaz, C) lápiz de maquillaje, bolígrafo, cepillo de maquillaje, cepillo de dientes y discos de algodón.

## Medidas de resultado

El *Test Timed Up and Go* (TUG) fue desarrollado en 1991 como una modificación de la versión del *Test Get up and Go* (creado en 1986) y está compuesto por cuatro ABVD: levantarse, caminar tres metros, girar y sentarse. Permite medir el tiempo que el sujeto tarda en levantarse de una silla, caminar hacia una distancia marcada en el suelo, girar y volver a la silla, para finalmente sentarse. Es una prueba fiable y válida para la cuantificación de la movilidad funcional, pues además de rápida, no requiere medios técnicos ni entrenamiento. En pacientes con ictus tiene una excelente fiabilidad ( $ICC > 0,95$ )<sup>18</sup>.

El *Test de equilibrio y paso de Tinetti* o *Performance Oriented Mobility Assessment* (POMA), fue creado en 1986 y está diseñado para medir el equilibrio (incluyendo el riesgo de caídas) y la función de la marcha. Se trata de una evaluación de dos partes que mide el desempeño en varias tareas que requieren equilibrio y proporciona una clasificación cuantitativa de desviaciones de la marcha. Su fiabilidad es excelente en personas con ictus ( $ICC = 0,84$ )<sup>19</sup>.

El programa Posturography (<http://posturography.nrhb.web.upv.es/>) es una herramienta gratuita en Internet que permite realizar evaluaciones posturográficas; utiliza la Wii Balance Board (WBB) como plataforma de fuerza y ha mostrado ser fiable en pacientes con ictus, siendo su validez concurrente con posturografía de moderada a alta. Su accesibilidad y escaso coste facilita su uso<sup>20,21</sup>. La WBB se conecta de forma inalámbrica a un PC, y este, mediante conexión a Internet, accede al programa gratuito permitiendo la realización de diversos test, que en nuestro estudio fueron: el Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) y el Limits of Stability (LOS).

El mCTSIB es una versión simplificada del *Sensory Organization Test* (SOT) y es una prueba que puede detectar la presencia de deficiencias sensoriales al analizar el movimiento del centro

de presiones (COP) en bipedestación bajo cuatro condiciones diferentes: (i) ojos abiertos y (ii) cerrados sobre una superficie plana; y (iii) ojos abiertos y (iv) cerrados sobre gomaespuma (*foam*). Las medidas de resultado de esta prueba son la velocidad y la máxima excursión del COP en los ejes medial-lateral (ML) y anteroposterior (AP). Por su parte, la prueba LOS cuantifica el desplazamiento máximo del COP en ocho direcciones mientras la superficie plantar de los pies permanece en contacto con la plataforma. Las medidas de resultado de esta prueba son el tiempo de reacción, la distancia máxima y el control direccional en cada dirección.

En esta investigación, se realizaron tres mediciones en cada una de las condiciones del mCTSIB. Para el test LOS se realizó una medición de prueba para que el participante pudiera comprender y practicar con el programa de evaluación, la cual fue descartada. Seguidamente, se procedió a la medición válida para su estudio.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS para Windows, versión 22.0 (IBM® SPSS® Statistics)<sup>22</sup>. Se comprobó si las variables seguían una distribución normal a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Se aceptó la hipótesis de que las variables no seguían una distribución normal, debido al resultado de la prueba, a la comprobación de los histogramas de cada variable y al tamaño de la muestra. Se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman para mediciones repetidas en muestras relacionadas. En el caso de que hubiese diferencias significativas, se realizó la prueba de Wilcoxon que permite comparar dos muestras relacionadas y determinar si existían diferencias. Se consideraron valores significativos aquellos cuya  $p$  fuese  $< 0,05$ .

## RESULTADOS

La muestra inicial fue de 10 pacientes, pero cinco de ellos no cumplieron los criterios de

inclusión establecidos: uno de ellos por presentar déficit de atención que interfería en la aplicación del protocolo, otro por espasticidad de grado 4 en la mano afecta y tres rechazaron participar en el estudio a causa del Covid-19. La muestra final fue constituida por cinco pacientes (2 hombres y 3 mujeres): tres de ellos padecían hemiparesia izquierda y dos con hemiparesia derecha. La edad media de la muestra fue de  $60,60 \pm 16,81$  años.

### Test Timed Up and Go -TUG-

Se observaron diferencias estadísticamente significativas, tanto para la valoración POST ( $p=0,043$ ), como para la FINAL ( $p=0,043$ ), comparadas con la medición PRE, lo cual muestra una disminución de los tiempos de realiza-

ción de la prueba tras la intervención (Tabla 1 y Figura 2).

### Performance Oriented Mobility Assessment -POMA-

Los resultados del POMA no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes mediciones. No obstante, se observaron mejorías clínicas en la puntuación del test en la medición FINAL comparada con el PRE, mostrando un ligero aumento (Tabla 1).

### Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance -mCTSIB-

Las puntuaciones del test de mCTSIB revelaron un aumento estadísticamente significati-

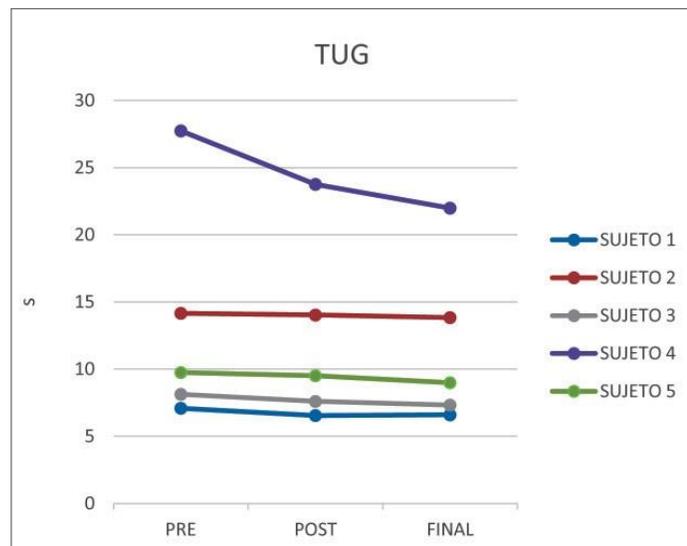


Figura 2. Resultados de la prueba TUG.

Tabla 1. Comparación de resultados entre los test Timed Up and Go -TUG- y Performance Oriented Mobility Assessment -POMA-.

Variable	Mediana (P25-P75)		Análisis intragrupo p-valor	Análisis por pares			
	Pre	Post		Final	Pre vs. Post p-valor	Pre vs. Final p-valor	Post vs Final p-valor
TUG	9,75 (7,61-20,95)	9,51 (7,07-18,90)	8,99 (6,97-17,92)	0,015*	0,043†	0,043†	0,080
POMA	23 (21-24,5)	23 (21-24,5)	24 (21-24,5)	0,368	1	0,317	0,317

Los datos se expresan como mediana y percentiles 25 y 75.

\* valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Friedman y † valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

vo en la valoración FINAL, en comparación con la PRE, para la condición ojos abiertos, en los desplazamientos del eje AP ( $p=0,043$ ) y ML ( $p=0,043$ ). Este último también presentó diferencias significativas entre la medición POST y la FINAL ( $p=0,043$ ) (Tabla 2).

Cabe destacar que se constataron mejorías clínicas tras el tratamiento en los desplazamientos ML de las condiciones ojos cerrados, foam ojos abiertos y foam ojos cerrados, siendo menor el desplazamiento, tanto en la medición POST como en la FINAL, comparadas con el PRE, con mayor diferencia en esta última. La disminución es mayor en la condición foam ojos abiertos (Tabla 2).

### Test Limits of Stability -LOS-

En cuanto al tiempo de reacción, este disminuyó significativamente tras la primera intervención (POST) con respecto a la medición

PRE, hacia la diagonal posterior afecta (PA) ( $p=0,043$ ). Además, en la medición FINAL, en comparación con el PRE, se objetivaron mejorías clínicas en los tiempos de reacción en la diagonal anterior menos afecta (AMA) (Tabla 3).

Por su parte, la medida de resultado máxima excursión también sufrió cambios estadísticamente significativos tras la primera intervención (POST) en relación con el PRE, aumentando en las diagonales AMA y PA ( $p=0,043$ ) y hacia el lado afecto (Afect) ( $p=0,043$ ). La diagonal PA también mostró cambios estadísticamente significativos en la medición FINAL, con respecto al PRE ( $p=0,043$ ). También se observaron mejorías clínicas con una tendencia al aumento de los máximos desplazamientos en todas las direcciones tras completar la intervención (FINAL) excepto en la diagonal posterior menos afecta (PMA) (Tabla 3 y Figuras 3 y 4).

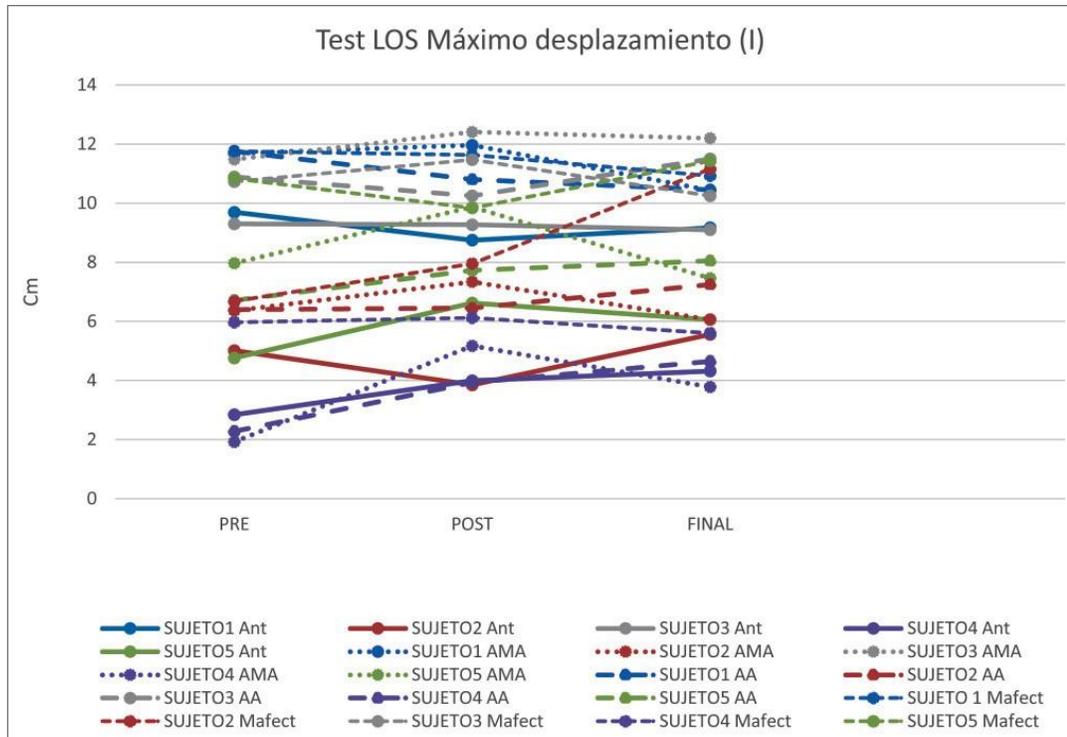
Tabla 2. Comparación de resultados del Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance -mCTSIB-

Variable		Mediana (P25-P75)			Análisis intragrupo p-valor	Análisis por pares		
		Pre	Post	Final		Pre vs, Post p-valor	Pre vs, Final p-valor	Post vs, Final p-valor
Ojos abiertos	AP	2,10 (1,79-2,40)	2,48 (2,28-2,62)	2,88 (2,36-3,16)	0,041*	0,08	0,043 †	0,225
	ML	1,52 (1,28-3,32)	2,45 (1,31-4,35)	3,18 (2,01-5,17)	0,022*	0,345	0,043 †	0,043 †
	Vel	0,63 (0,54-0,80)	0,62 (0,55-1,13)	0,63 (0,54-0,91)	0,411	0,131	0,285	0,588
Ojos cerrados	AP	2,75 (2,46-3,43)	3,17 (2,08-3,33)	2,90 (2,24-4,16)	0,549	0,498	1,00	0,345
	ML	1,85 (1,54-2,71)	1,42 (1,41-3,47)	1,62 (1,47-2,79)	0,449	0,50	0,686	0,686
	Vel	0,71 (0,60-0,91)	0,81 (0,6-0,84)	0,77 (0,61-0,86)	0,449	0,50	0,684	0,893
Foam ojos abiertos	AP	3,14 (3,01-5,15)	3,58 (3,5-5,21)	4,08 (3,56-6,29)	0,420	0,345	0,273	0,593
	ML	5,20 (3-6,30)	4,05 (2,79-4,49)	3,76 (2,68-4,53)	0,174	0,08	0,66	0,465
	Vel	1,26 (0,89-1,81)	1,11 (0,92-1,47)	1,25 (0,81-1,85)	0,395	0,144	0,109	0,465
Foam ojos cerrados	AP	9,54 (4,97-9,78)	8,59 (5,46-9,55)	6,84 (5,40-7,41)	0,247	0,686	0,138	0,225
	ML	6,05 (5,09-8,38)	6,76 (4,5-7,4)	5,27 (4,73-6,51)	0,549	0,50	0,416	0,50
	Vel	2,67 (1,69-3,32)	2,45 (1,78-2,83)	2,49 (1,7-2,84)	0,623	0,345	0,465	0,893

AP: Desplazamiento anteroposterior; ML: Desplazamiento mediolateral; Vel: velocidad media.

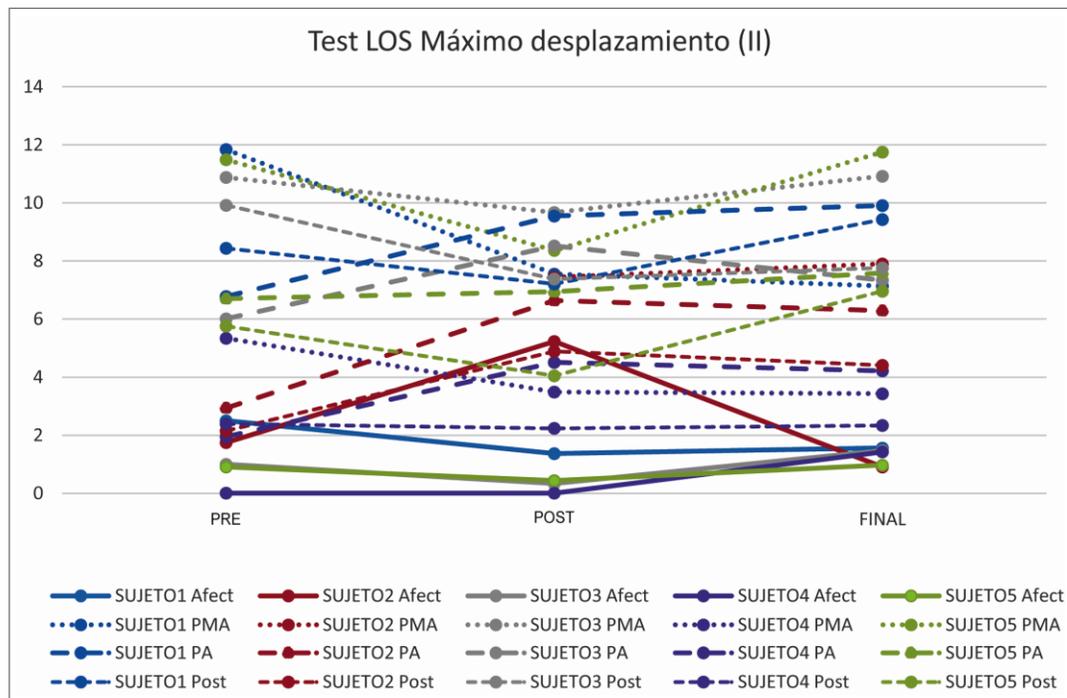
Los datos se expresan como mediana y percentiles 25 y 75.

\* valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Friedman y † valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.



Ant: hacia anterior; AMA: hacia anterior del lado menos afecto; AA: hacia anterior del lado afecto; MAfect: hacia lado menos afecto;

Figura 3. Resultados Test LOS - Máximo desplazamiento (I).



Afect: hacia el lado afecto; PMA: hacia posterior del lado menos afecto; PA: hacia posterior del lado afecto; Post: hacia posterior.

Figura 4. Resultados Test LOS - Máximo desplazamiento (II).

**Tabla 3.** Comparación de resultados del test Limits of Stability -LOS-

Variable		Mediana (P25-P75)			Análisis intragrupo p-valor	Análisis por pares		
		Pre	Post	Final		Pre vs Post p-valor	Pre vs Final p-valor	Post vs Final p-valor
Tiempo de reacción	Ant	1,28 (0,144,2)	0,04 (0,01-0,26)	1,41 (0,54-1,9)	0,128	0,068	0,686	0,080
	Post	1,44 (0,41-1,8)	1,06 (0,28-2,61)	1,16 (0,1-1,33)	0,819	0,416	0,500	0,686
	MAfect	1,28 (1,06-1,53)	1,26 (0,01-2,28)	1,35 (0,56-1,63)	0,819	0,686	0,686	0,893
	AMA	1,08 (0,48-2,96)	0,97 (0,01-1,14)	0,52 (0,03-0,99)	0,368	0,144	0,080	1,000
	PMA	0,72 (0,13-2,21)	1,22 (0,62-2,25)	1,32 (0,11-1,90)	0,779	0,144	1,000	0,893
	Afect	1,0 (0,46-2,13)	0,44 (0,18-3,30)	1,43 (0,94-1,52)	0,331	0,715	0,893	0,500
	AA	0,92 (0,39-4,21)	0,93 (0,49-1,15)	1,04 (0,45-1,40)	0,819	0,893	0,686	0,893
	PA	1,65 (1,27-4,68)	0,27 (0,1-0,82)	1,51 (0,98-3,22)	0,022*	0,043†	0,500	0,043†
Máxima excursión	Ant	5,01 (3,8-9,50)	6,62 (3,92-9,01)	6,06 (4,94-9,14)	0,819	0,893	0,225	0,500
	Post	5,76 (2,27-9,18)	4,89 (3,15-7,30)	6,96 (3,38-8,60)	0,247	0,500	0,500	0,225
	MAfect	10,73 (6,33-11,3)	9,84 (7,04-11,55)	10,93 (7,93-11,30)	0,819	0,500	0,893	0,686
	AMA	7,97 (4,14-11,59)	9,87 (6,26-12,19)	7,46 (4,92-11,32)	0,022*	0,043†	0,893	0,043†
	PMA	11,18(6,73-11,75)	7,55 (5,47-9,02)	7,90 (5,29-11,34)	0,368	0,068	0,465	0,225
	Afect	7,67 (5,62-10,56)	7,90 (6,25-13,06)	10,00 (7,60-11,62)	0,091	0,043†	0,080	0,686
	AA	6,71 (4,34-11,33)	7,73 (5,19-10,53)	8,05 (5,95-10,98)	0,247	0,500	0,225	0,138
	PA	6,01 (2,45-6,74)	6,94 (5,58-9,04)	7,34 (5,26-8,75)	0,022*	0,043†	0,043†	0,893
Control dirección	Ant	57,1(54,55-66,75)	61,90 (58,95-74,05)	60,5 (49,65-78,95)	0,449	0,500	0,686	0,345
	Post	53,10(50,65-61,50)	58,4 (44,90-71,90)	53,90 (48,75-69,80)	0,819	0,686	0,686	0,686
	MAfect	75,00(62,281,55)	75 (56,15-82,30)	68,40 (60,70-85)	1,000	0,893	0,686	0,893
	AMA	45,40(26,20-81,15)	63,30 (54-71,75)	86,60 (53,85-94,10)	0,165	0,345	0,043†	0,225
	PMA	76,5(55,28-94,05)	63,80 (31,25-94,55)	79,10 (64,20-84,25)	0,127	0,068	0,593	0,225
	Afect	89,90(46,05-94,70)	66,60 (48,55-89,10)	64,6 (48-93,05)	0,819	0,893	0,345	0,686
	AA	71,80(31,45-91,80)	65,60 (47,70-87,05)	80,00 (75,75-95,75)	0,074	0,686	0,08	0,043†
	PA	70,3 (5,5-81,30)	68,50 (53,15-88,80)	84,40 (37,05-89,45)	0,819	0,345	0,345	0,893

AA: hacia anterior del lado afecto; Afect: hacia el lado afecto; AMA: hacia anterior del lado menos afecto; Ant: hacia anterior; MAfect: hacia lado menos afecto; PA: hacia posterior del lado afecto; PMA: hacia posterior del lado menos afecto; Post: hacia posterior.

Los datos se expresan como mediana y percentiles 25 y 75.

\* valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Friedman y † valor  $p < 0,05$  usando la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Respecto del *control direccional* en la diagonal AMA aumentó significativamente en la medición FINAL, en comparación con el PRE ( $p=0,043$ ). En la diagonal anterior afecta (AA) obtuvimos cambios estadísticamente significativos entre la medición POST y FINAL ( $p=0,043$ ) (Tabla 3). En cuanto a las mejorías clínicas, el control direccional tiende a mejorar hacia anterior, mientras que en el resto de las diagonales tiende a disminuir en el eje mediolateral (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

En nuestro conocimiento, no existen investigaciones anteriores cuyo objetivo haya sido mejorar el equilibrio a través del entrenamien-

to sensorial de la mano, pero sí a través del entrenamiento sensorial del (MI) parético. Lynch *et al.*<sup>22</sup> analizaron mediante ensayo clínico, la influencia del entrenamiento sensorial del MI en la propiocepción, toque ligero, equilibrio y marcha en pacientes con ictus. El grupo experimental, además del tratamiento de fisioterapia —el mismo para todos los participantes del estudio—, recibió reentrenamiento sensorial del MI afecto basado en una adaptación de la clásica estimulación de la mano<sup>23</sup>. En cambio, el grupo control realizó técnicas de relajación en supino y mantenimiento de la bipedestación con ojos cerrados. El tratamiento duró dos semanas, con un total de 10 sesiones de 30 minutos cada una, y no se encontraron cambios entre el grupo experimental y el control. Aún así, en el grupo experimental

al igual que en el de control, hubo una disminución en el tiempo empleado al caminar 10 metros. En nuestro protocolo, con tiempos y frecuencias menores (cinco días, 20 minutos por día) y con una intervención más sencilla del MS, específicamente de la mano (cutánea, movilizaciones pasivas y *stretching* muscular), la prueba TUG mejoró significativamente en todos los participantes. Por lo tanto, la estimulación somato-sensorial aplicada en la mano puede influir en mayor medida la velocidad de la marcha que aquella aplicada en el pie, aunque serán necesarios estudios con mayor calidad metodológica para establecerlo inequívocamente. Nuestra propuesta requiere futuros ensayos clínicos para confirmar que los cambios producidos se deben a la misma, aunque las diferencias objetivadas en la medición POST (nada más terminar de aplicar el protocolo) indican que probablemente así sea.

La falta de programas unificados y medidas de resultado consensuadas conlleva heterogeneidad de intervenciones y dosis de estimulación sensorial, lo que supone un desafío para la medicina basada en la evidencia descubrir cuál es el protocolo y las dosis más adecuadas de terapia sensorial en pacientes con ictus. Hunter *et al.*<sup>24</sup> proponen un tiempo medio diario de entre 37 y 66 min de movilización y estimulación táctil. En nuestro estudio, con solo 20 minutos de duración se han obtenido cambios significativos, a pesar del tamaño de la muestra. Por otro lado, los términos movilización y estimulación táctil, que se ajustarían a lo propuesto en nuestro estudio, contienen multitud de intervenciones que trabajan diversas modalidades sensoriales<sup>25</sup>. A la luz de nuestra investigación, quizás sería necesario acotar y seleccionar aquellas modalidades a trabajar según el objetivo planteado. Así, podrían ser más efectivos los protocolos sensoriales creados específicamente para objetivos concretos y, por tanto, requerir menos tiempo de aplicación con mejores resultados.

De Diego *et al.*<sup>26</sup> propusieron un programa de rehabilitación sensorial y motora para la mejora del desempeño funcional y la sensibilidad

del MS en pacientes con ictus crónico que incluía trabajo domiciliario. En nuestro estudio, que no buscaba la mejora de la función motora del MS, mantuvimos -con algunas variaciones-, la estimulación táctil de la mano aplicada por otra persona y las movilizaciones articulares y de tejido blando pero adaptadas para ser aplicadas por cuidadores. Nuestra intervención táctil es aún más selectiva y específica, pues estimula, no sólo ciertas zonas de la mano como proponen los autores citados, sino toda ella mediante la integración de áreas más pequeñas, siguiendo un orden concreto y sin permitir cambiar el área a estimular hasta que el paciente no haya sentido y percibido correctamente la anterior.

No conocemos estudios anteriores que hayan tomado el TUG como medida de resultado para una intervención sensorial de la mano parésica. Sin embargo, Byl *et al.*<sup>27</sup> midieron cambios en la velocidad de la marcha, además de otros aspectos motores y sensoriales, al aplicar un programa intensivo sensoriomotor del MS en pacientes con ictus. Cronometraron el tiempo invertido por los pacientes al caminar 15 pies y no hubo cambios significativos tras la intervención ni en el seguimiento. En nuestro estudio se objetivaron mejoras estadísticamente significativas para el test TUG. Por lo tanto, la intervención mejoró, en la muestra estudiada, la capacidad de marcha y el riesgo de caídas.

En cuanto a las mediciones posturográficas implementadas tras la intervención, se registró mayor desplazamiento del COP en el eje AP, siendo significativo para la condición ojos abiertos. Este hecho, podría contradecir la hipótesis de un mejor control postural tras el tratamiento, ya que refleja un aumento de la oscilación postural que podría entenderse como mayor inestabilidad. Sin embargo, Carpenter *et al.*<sup>28</sup> demostraron que un mayor desplazamiento del COP no se debe a una mayor inestabilidad del centro de masa, sino que puede ser la expresión de la capacidad exploratoria del SNC para aumentar los inputs sensoriales.

El aumento para la condición ojos abiertos en el eje ML podría explicarse por una falta de

congruencia entre las diferentes modalidades sensoriales implicadas en el mantenimiento de la posición erecta. Al respecto, es bien conocido el protagonismo de las compensaciones visuales en los pacientes con ictus crónico para el mantenimiento de dicha posición<sup>29</sup>, mientras que en sujetos sanos el SNC es capaz de seleccionar la modalidad sensorial prioritaria según el contexto, siendo el sistema somatosensorial el que presenta umbrales de activación menores ante desequilibrios inesperados<sup>30</sup>. Los pacientes con ictus crónico, además de la lesión primaria cerebral, presentan compensaciones funcionales que producen reorganización del SNC e influyen en el sistema sensorial<sup>31</sup>. Quizás, el aumento de información somatosensorial proveniente de la mano podría haber modificado la representación cortical de dicho segmento, creando una nueva relación entre su esquema corporal y la relación con el medio. Esto pudo alterar la congruencia establecida por el SNC lesionado entre el sistema somatosensorial y el visual (condiciones ojos abiertos) y distorsionar el *feedforward* sensorial previo del sujeto, el cual es necesario para el mantenimiento de la bipedestación.

Estas posibilidades tienen un denominador común que justificaría el uso de la intervención planteada como fase previa al reentrenamiento del equilibrio, ya que restaría protagonismo a la predominancia del sistema visual típica de pacientes con ictus crónico, favoreciendo y aumentando la activación del sistema somatosensorial, que es el sistema más frecuentemente afectado por la lesión<sup>32</sup>.

Para el resto de condiciones el desplazamiento en el eje ML disminuyó sin llegar a ser significativo. Es positiva la disminución clínica de la oscilación en el eje ML para ambas condiciones con ojos cerrados y foam ojos abiertos, donde la incongruencia entre el sistema visual y el somatosensorial o no es posible o es muy limitada<sup>30</sup>. Marigold *et al.*<sup>33</sup> demostraron que, en comparación con pacientes sanos, los pacientes con ictus presentan mayor inestabilidad en el plano frontal. La disminución clínica de la oscilación en el eje ML, podría indicar mayor control de la postura debido a

la mejora de la percepción y la relación espacio-cuerpo en el plano frontal. Así, es coherente que la intervención, por la posición anatómica de la mano, pueda favorecer la disminución del desplazamiento del COP en el eje ML más que en el eje AP, ya que aumentaría la representación cortical de la mano afectada, mejorando los procesos de orientación, propiocepción y pertenencia<sup>34</sup>. Esta posible mejora en la percepción de la mano contralateral y, por tanto, del lado afectado, no contradeciría el aumento de la búsqueda de *inputs* sensoriales en el eje AP, sino que refrendaría el posible intento del SNC por mejorar también su percepción del plano sagital para construir la posición del cuerpo en el espacio.

Los resultados del test LOS mostraron que, tras la intervención, aumentaron todas las máximas excursiones excepto en la diagonal PMA, que es aquella hacia la que los pacientes estaban más orientados inicialmente. Las mejoras son significativas en las diagonales PA en las mediciones POST y FINAL, así como en la diagonal AMA y hacia el lado afectado en la medición POST, manteniéndose en esta última el aumento del desplazamiento en la medición FINAL sin ser significativo. Estos datos constatan la mejora en la capacidad de aumentar la máxima excursión del centro de masa sin riesgo de caída tras la intervención. El tratamiento aplicado no influyó en la BS; de este modo, el aumento de las máximas excursiones puede atribuirse a la mejora de la representación interna de los límites de estabilidad en el SNC gracias a las mejoras sensoriales, perceptuales y de orientación generadas por la intervención<sup>35</sup>. Lo anterior apoyaría la combinación de tratamientos: los que inciden en la base de apoyo en el ámbito sensorio-motor y biomecánico<sup>36</sup>, y aquellos que abordan el aspecto de la orientación y esquema corporal, para los que la mano es una entrada de *inputs* primordial<sup>37</sup>.

En cuanto al control direccional, cabe destacar que aumentó significativamente en la diagonal AMA al igual que en la diagonal AA. El desplazamiento de peso hacia delante es el más complicado de ejecutar y controlar para los pacientes

con ictus<sup>38</sup>; por ello, la significativa optimización en estas direcciones y la mejora clínica para la dirección anterior, apoya el uso de la intervención propuesta. Además, se observaron mejoras clínicas en el plano sagital y en las diagonales y, sin embargo, una disminución del control de la dirección en el plano frontal. Este último hecho puede parecer contradictorio frente a las mejoras en la oscilación del COP y al aumento de la máxima excursión del centro de masa en ese plano producidas tras el tratamiento. Como ya propusimos anteriormente, el aumento de los *inputs* sensoriales recibidos de la mano afecta supondría una perturbación en el *feedforward* y esquema corporal del SNC con lesión crónica, lo que explicaría la menor precisión del control direccional en ese eje, ya que el SNC tendría que integrar los nuevos *inputs* y “resintonizar” la relación *feedback-feedforward*<sup>39</sup>.

Bolognini *et al.*<sup>39</sup> señalaron la importancia de atender al componente sensorial en la rehabilitación del ictus. Nuestro estudio apoya las conclusiones de dicho artículo, destacando la decisiva influencia del rol sensorial de la mano en el equilibrio y la marcha, lo que puede suponer mejoras nada desdeñables.

Conociendo el complejo proceso necesario para el control postural y la literatura existente, no es posible determinar, de forma general, la capacidad de equilibrio en la población con ictus. Esta será diferente para cada individuo dependiendo de la lesión, el entorno, la tarea y las estrategias compensatorias que sea capaz de desarrollar<sup>35</sup>. Creemos que el tratamiento propuesto puede ser positivo para los sujetos con ictus como complemento a la terapia de reentrenamiento elegida, ya que aumentar la información necesaria para favorecer la orientación, el esquema postural y su relación con el entorno favorecerá la habilidad de adaptar las estrategias más efectivas en contextos menos conocidos o situaciones con disminución de estímulos visuales<sup>10</sup>.

### Limitaciones

La presente investigación muestra algunas limitaciones metodológicas, entre las que des-

tacan el pequeño tamaño muestral, la heterogeneidad de la muestra debido a la diversa sintomatología inherente al ictus, la falta de seguimiento y la ausencia de grupo control.

### CONCLUSIONES

El estudio presente ha permitido conocer la influencia de la aplicación de un protocolo de estimulación somatosensorial de la mano afecta en la posición y movimiento del centro de masa en bipedestación, en pacientes con ictus crónico. A pesar del pequeño tamaño de la muestra, los resultados obtenidos parecen determinar que el protocolo utilizado produce mejoras en el equilibrio y la marcha.

La estimulación sensorial de la mano puede ser positiva como complemento a la terapia de reentrenamiento del equilibrio, a la luz de los resultados de este estudio. Al respecto, son necesarias nuevas investigaciones a gran escala y a largo plazo con muestras más robustas. Posteriormente se precisaría la realización de ensayos clínicos aleatorizados.

### RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Confidencialidad de los datos. El autor declara que en este artículo no aparecen datos de los pacientes.

### FINANCIACIÓN

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro

### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, AML y ACG; metodología, AML, ACG y AAR; investigación, AML, AAR y NIR; redacción y preparación del borrador original, AML, ACG y FMR—; redacción, revisión y edición, AML, AAR y ACG. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## REFERENCIAS

1. Sacco RL, Kasner SE, Broderick JP, Caplan LR, Connors JJ, Culebras A, et al. An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2013;44(7):2064–2089. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/str.0b013e318296aeca>
2. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016;47(6):e98–e169. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/str.0000000000000098>
3. Denissen S, Staring W, Kunkel D, Pickering RM, Lennon S, Geurts ACH, et al. Interventions for preventing falls in people after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;2019(10). Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008728.pub3>
4. Schmid AA, Van Puymbroeck M, Altenburger PA, Dierks TA, Miller KK, Damush TM, et al. Balance and balance self-efficacy are associated with activity and participation after stroke: A cross-sectional study in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(6):1101–1107. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.01.020>
5. Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor Control. Translating Research into Clinical Practice*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012 [citado 2020 octubre 10].
6. Roerdink M, Geurts ACH, De Haart M, Beek PJ. On the relative contribution of the paretic leg to the control of posture after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(3):267–274. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F1545968308323928>
7. Barra J, Marquer A, Joassin R, Reymond C, Metge L, Chauvineau V, et al. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain*. 2010;133(12):3552–3563. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/brain/awq311>
8. Chengetanai S, Tadyanemhandu C, Chibhabha F, Kaseke F. The relationship between weight bearing asymmetry after stroke and functional standing balance. *Int J Sci Res*. 2016;6(11):52–59. Disponible en: <http://www.ijsrp.org/research-paper-1116.php?rp=P595952>
9. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. 2002;88(3):1097–1118. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
10. Takakusaki K. Functional neuroanatomy for posture and gait control. *J Mov Disord*. 2017;10(1):1–17. Disponible en: <https://doi.org/10.14802/jmd.16062>
11. Brecht M. The body model theory of somatosensory cortex. *Neuron*. 2017;94(5):985–992. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.05.018>
12. Holmes NP, Spence C. The body schema and multisensory representation(s) of peripersonal space. *Cogn Process*. 2004;5(2):94–105. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10339-004-0013-3>
13. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ (eds.). *Principles of Neural Science*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Medical; 2013 [citado 2020 octubre 12]. Disponible en: <https://neurology.mhmedical.com/book.aspx?bookID=1049>
14. Normann B, Fikke HK, Øberg GK. Somatosensory impairments and upper limb function following stroke: Extending the framework guiding neurological physiotherapy. *Eur J Physiother*. 2015;17(2):81–88. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/21679169.2015.1031175>

15. Parker VM, Wade DT, Hewer RL. Loss of arm function after stroke: Measurement, frequency, and recovery. *Int Rehabil Med.* 1986;8(2):69-73. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/03790798609166178>
16. Cumming TB, Churilov L, Linden T, Bernhardt J. Montreal Cognitive Assessment and Mini-Mental State examination are both valid cognitive tools in stroke. *Acta Neurol Scand.* 2013;128(2):122-129. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ane.12084>
17. Gregson JM, Leathley M, Moore AP, Sharma AK, Smith TL, Watkins CL. Reliability of the tone assessment scale and the modified Ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1013-1016. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(99\)90053-9](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90053-9)
18. Hafsteinsdóttir TB, Rensink M, Schuurmans M. Clinimetric properties of the timed up and go test for patients with stroke: A systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2014;21(3):197-210. Disponible en: <https://doi.org/10.1310/tsr2103-197>
19. Canbek J, Fulk G, Nof L, Echternach J. Test-retest reliability and construct validity of the tinetti performance-oriented mobility assessment in people with stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2013;37(1):14-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/npt.0b013e318283ffcc>
20. Llorens R, Latorre J, Noé E, Keshner EA. Posturography using the Wii Balance Board™. A feasibility study with healthy adults and adults post-stroke. *Gait Posture.* 2016;43:228-232. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.10.002>
21. Clark RA, Mentiplay BF, Pua YH, Bower KJ. Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review. *Gait Posture.* 2018;61:40-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.022>
22. Lynch EA, Hillier SL, Stiller K, Campanella RR, Fisher PH. Sensory retraining of the lower limb after acute stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(9):1101-1107. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.010>
23. Yekutieli M, Guttman E. A controlled trial of the retraining of the sensory function of the hand in stroke patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1993;56(3):241-244. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/jnnp.56.3.241>
24. Hunter SM, Hammett L, Ball S, Smith N, Anderson C, Clark A, et al. Dose-response study of mobilisation and tactile stimulation therapy for the upper extremity early after stroke: A phase I trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011;25(4):314-322. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1545968310390223>
25. Hunter SM, Crome P, Sim J, Donaldson C, Pomeroy VM. Development of treatment schedules for research: a structured review to identify methodologies used and a worked example of “mobilisation and tactile stimulation” for stroke patients. *Physiotherapy.* 2006;92(4):195-207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2006.01.001>
26. De Diego C, Puig S, Navarro X. A sensorimotor stimulation program for rehabilitation of chronic stroke patients. *Restor Neurol Neurosci.* 2013;31(4):361-371. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/rnn-120250>
27. Byl N, Roderick J, Mohamed O, Hanny M, Kotler J, Smith A, et al. Effectiveness of Sensory and Motor Rehabilitation of the Upper Limb Following the Principles of Neuroplasticity: Patients Stable Poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2003;17(3):176-191. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0888439003257137>

28. Carpenter MG, Murnaghan CD, Inglis JT. Shifting the balance: Evidence of an exploratory role for postural sway. *Neuroscience*. 2010;171(1):196–204. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.08.030>
29. Bonan I V., Colle FM, Guichard JP, Vicaut E, Eisenfisz M, Tran Ba Huy P, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(2):268–273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.017>
30. Peterka RJ. Sensory integration for human balance control. 1st ed. Vol. 159, *Handb Clin Neurol*. 2018;159:27–42. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63916-5.00002-1>
31. Jones TA. Motor compensation and its effects on neural reorganization after stroke. *Nat Rev Neurosci*. 2017;18(5):267–280. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.26>
32. Kessner SS, Bingel U, Thomalla G. Somatosensory deficits after stroke: A scoping review. *Top Stroke Rehabil*. 2016;23(2):136–146. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10749357.2015.1116822>
33. Marigold DS, Eng JJ. The relationship of asymmetric weight-bearing with postural sway and visual reliance in stroke. *Gait Posture*. 2006;23(2):249–255. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.03.001>
34. Maravita A, Spence C, Driver J. Multisensory integration and the body schema: Close to hand and within reach. *Curr Biol*. 2003;13(13):531–539. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0960-9822\(03\)00449-4](https://doi.org/10.1016/s0960-9822(03)00449-4)
35. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(Suppl. 2):ii7–ii11. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
36. Hugues A, Di Marco J, Ribault S, Ardaillon H, Janiaud P, Xue Y, et al. Limited evidence of physical therapy on balance after stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(8):1–27. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221700>
37. Findlater SE, Dukelow SP. Upper extremity proprioception after stroke: bridging the gap between neuroscience and rehabilitation. *J Mot Behav*. 2017;49(1):27–34. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1219303>
38. Goldie PA, Matyas TA, Evans OM, Galea M, Bach TM. Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech*. 1996;11(6):333–342. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(96\)00014-9](https://doi.org/10.1016/0268-0033(96)00014-9)
39. Bolognini N, Russo C, Edwards DJ. The sensory side of post-stroke motor rehabilitation. *Restor Neurol Neurosci*. 2016;34(4):571–586. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/rnn-150606>