



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE MEDICINA  
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**Transferencia del Aprendizaje Motor después de un Tratamiento con  
Procedimientos de Reeducción Funcional en Pacientes con antecedentes de  
Accidente Cerebrovascular  
Pasantía**

**Karen Gizeth Castro Medina  
Francia Yuranny Patiño Oviedo  
Mayra Alexandra Pérez Páez**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento del Movimiento Corporal Humano  
Bogotá, Colombia

2014

**Transferencia del Aprendizaje Motor después de un Tratamiento con  
Procedimientos de Reeducción Funcional en pacientes con antecedentes de  
Accidente Cerebrovascular  
Pasantía**

**Karen Gizeth Castro Medina  
Francia Yuranny Patiño Oviedo  
Mayra Alexandra Pérez Páez**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Fisioterapeuta**

Directora:  
Fabiola Moscoso Alvarado

Línea de Investigación:  
Kinesioterapia

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento del Movimiento Corporal Humano  
Bogotá, Colombia  
2014

---

# Agradecimientos

---

*Siempre a Dios*

*Por guiar mí camino y trazar Su voluntad en él.*

*Por darme el principal motivo para luchar: mi familia*

*Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

*A Nuestras familias*

*Por su apoyo y amor incondicional.*

*Por ser un excelente ejemplo de vida a seguir y por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado*

*A todos los que nos recibieron en la ciudad de Sao Paulo e hicieron de esta experiencia un proceso más enriquecedor e inolvidable*

*A nuestra directora por confiar en nosotras y orientar nuestro proyecto*

*A las docentes Karim Alvis y Andrea Muñoz por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo y darme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente.*

*A todas y todos los que hicieron posible esta experiencia de vida reflejada en el presente trabajo*

*A mis compañeras por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.*

# Resumen/Abstract

---

El presente informe describe el plan de trabajo junto con los resultados obtenidos en la pasantía que se realizó como opción de trabajo de grado. Como elemento principal se presenta el componente investigativo que tuvo como objetivo general determinar la transferencia del aprendizaje motor en pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular que recibieron tratamiento con procedimientos de reeducación funcional basados en el desempeño de la evaluación de un test de balance funcional y los cambios observados en el desplazamiento del centro de presión (COP) medido en la plataforma de fuerza.

Fue un estudio descriptivo de reporte de casos en el cual se eligieron tres pacientes a quienes se les aplicó el flujograma de atención de reeducación funcional desarrollado en el Laboratorio de reeducación de la Postura y el Movimiento del Hospital las Clínicas de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), la atención de los pacientes se centró en el manejo de quejas funcionales relacionadas con la marcha.

La evaluación de la transferencia se llevó a cabo antes de iniciar y dos días después de finalizar el tratamiento. Mediante análisis estadístico de las medianas (prueba de rangos Wilcoxon, programa SPSS versión 20) de los resultados pre y pos de la evaluación de balance funcional (MiniBestest) el caso 1 y el caso 2 no demostraron mejoras significativas ( $p=0,063$ ,  $p=0,125$  respectivamente). Por otro lado, los cambios en el desplazamiento del COP en sentido antero-posterior no fueron significativos ( $p>0.05$ ) para ninguno de los casos, por el contrario los cambios en el desplazamiento en el sentido medio-lateral fueron significativos ( $p<0.05$ ) únicamente para el caso 2. Asimismo se observó disminución en el área de desplazamiento del COP para el caso 2; para el caso 1 el área aumentó, sin embargo el punto de apoyo cambió desde el hemicuerpo izquierdo al derecho consecuente a un menor control neuromuscular del COP y un aumento del área de desplazamiento.

Aunque los resultados estadísticos no fueron significativos, los hallazgos clínicos y los resultados de la evaluación final evidenciaron que estos pacientes fueron capaces de

transferir el aprendizaje adquirido en el tratamiento a una habilidad motora no entrenada (balance)

Aunque estos resultados no son concluyentes ni generalizables, concuerdan con los hallazgos encontrados en la literatura referentes a la capacidad de aprendizaje y transferencia en los pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular.

**Palabras clave: Accidente Cerebrovascular, Aprendizaje Motor, Test de transferencia, balance postural. (DeCS)**

## **Abstract**

This report describes the work plan together with the results of the internship was done as undergraduate thesis option. As a principal matter of the research we present the results as a general component that was designed to determine the transfer of motor learning in patients with a history of stroke who were treated with functional rehabilitation procedures based on the results of performance evaluation of a test of balance are presented and functional changes observed in the displacement of the center of pressure (COP) measured on the force platform.

It was a descriptive study of case in which three patients who were applied the flowchart care functional rehabilitation developed in the Laboratory of reeducation of Posture and Movement of the Hospital das Clinicas, University of Sao Paulo were chosen (Brazil), the patient care focused on handling complaints related to functional gait. The transfer evaluation was conducted before starting two days after the end of treatment.

Through statistical analysis of means (Wilcoxon rank test, SPSS version 20 program) results of pre and post assessment of functional balance (MiniBestest) case 1 and case 2 showed significant improvement ( $p = 0.063$ ,  $p = 0.125$  respectively). However, changes in the displacement of COP in the antero-posterior direction were not significant ( $p > 0.05$ ) in any of the cases, however changes in the offset in the medio-lateral direction were significant ( $p < 0.05$ ) only for case 2.

However for case 1 increased area, the fulcrum shift from the left hemisphere to the consequent right to lower COP neuromuscular control and increased area, also decrease was observed in the area of COP displacement for case 2 displacement.

The statistical results were not significant, the clinical findings and response to treatment of patients showed that these patients were able to transfer the learning acquired in the treatment of a motor skill untrained (balance).

Although these results are not conclusive or generalized, they are consistent with the findings in the literature concerning the ability of learning and transfer in patients with a history of stroke.

**Keys words: Motor learning, Transfer Test, Balance**

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Lista de Figuras.....  | IX |
| Lista de Tablas.....   | X  |
| Introducción.....  | 11 |
| CAPITULO I .....   | 13 |
| 1. Marco Referencial.....  | 13 |
| 1.1. Planteamiento de la Pasantía .....  | 13 |
| 1.2. Reseña Institucional .....  | 14 |
| 1.3. Antecedentes.....   | 16 |
| 1.4. Justificación .....   | 23 |
| 1.5. Beneficios .....  | 24 |
| 1.6. Objetivos.....  | 26 |
| CAPITULO II .....  | 28 |
| 2. Marco Teórico.....  | 28 |
| 2.1. Accidente Cerebrovascular y organización cerebral para el aprendizaje motor antes y después de una lesión. .... | 28 |
| 2.2. Principios neurofisiológicos de organización del sistema motor .....  | 33 |
| 2.3. Aprendizaje motor en pacientes con accidente cerebrovascular .....  | 35 |
| 2.4. Fases y Medición del aprendizaje motor: Test de Retención y Transferencia                                       | 37 |
| 2.5. Fundamento teórico de la reeducación funcional .....  | 39 |
| 2.6. Evaluación Funcional del Balance .....  | 46 |
| 2.6.1. MiniBest Test: Evaluación del balance dinámico .....  | 48 |
| 2.6.2. Plataforma de Fuerza: medición estática del Balance .....   | 55 |
| CAPITULO III .....   | 59 |
| 3. Marco Metodológico.....   | 59 |
| 3.1. Descripción De La Pasantía.....   | 59 |
| 3.1.1. Fases de la Pasantía.....   | 59 |
| 3.1.2. Actividades investigativas .....  | 61 |
| 3.2. Metodología.....  | 64 |
| 4. Resultados.....   | 67 |
| 4.1. Resultados Cognoscitivos.....   | 69 |
| 4.2. Resultados Administrativos.....   | 74 |
| 4.3. Resultados Investigativos .....   | 75 |

|  |    |
|--|----|
| 4.4. Discusión .....                   | 86 |
| 5. Conclusiones y Recomendaciones..... | 89 |
| 5.1. Conclusiones.....                 | 89 |
| 5.2. Recomendaciones.....              | 90 |
| Anexos .....                           | 92 |
| Cronograma .....                       | 92 |
| Presupuesto .....                      | 94 |
| Bibliografía .....                     | 96 |

## Lista de Figuras

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Figura 2-1:</b> Flujograma de valoración y evaluación clínica de la Reeducción Funcional.....                     | 41   |
| <b>Figura 2-2:</b> Estructura plataforma de fuerza.....  | 56   |
| <b>Figura 2-3:</b> Imagen Estatocinesigrama - plataforma de fuerza .....   | 57   |
| <b>Figura 2-4:</b> Imagen Estabilograma – plataforma de fuerza.....  | 57   |
| <b>Figura 4-1:</b> Representación gráfica porcentaje de horas de las actividades realizadas durante la pasantía..... | 69   |
| <b>Figura 4-2:</b> Estatocinesiograma pre y pos tratamiento Caso 1 evaluación con ojos abiertos.....                 | 81   |
| <b>Figura 4-3:</b> Estatocinesiograma pre y pos tratamiento Caso 1 evaluación con ojos cerrados.....                 | 82   |
| <b>Figura 4-4:</b> Estatocinesiograma pre y pos tratamiento Caso 2 evaluación con ojos abiertos.....                 | 84   |
| <b>Figura 4-5:</b> Estatocinesiograma pre y pos tratamiento Caso 2 evaluación con ojos cerrados.....                 | 84   |

## Lista de Tablas

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>Tabla 4-1:</b> División actividades llevadas a cabo en la pasantía.....  | 68          |
| <b>Tabla 4-2:</b> Estrategias y logros alcanzados con el cumplimiento de los objetivos cognoscitivos.....                                       | 69          |
| <b>Tabla 4-3:</b> Revisiones temáticas realizadas durante la participación en el servicio ambulatorio de deporte.....                           | 72          |
| <b>Tabla 4-4:</b> Temáticas revisadas en las aulas de aprendizaje sensoriomotor.....  | 73          |
| <b>Tabla 4-5:</b> Descripción general de los principales ejercicios con sus respectivas demandas motoras utilizados durante el tratamiento..... | 78          |
| <b>Tabla 4-6:</b> Descripción clínica de los casos.....   | 80          |
| <b>Tabla 4-7:</b> Resultados pre y pos tratamiento de la evaluación de balance funcional MiniBestest caso 1.....                                | 82          |
| <b>Tabla 4-8:</b> Resultados pre y pos tratamiento de la evaluación de balance funcional MiniBestest caso 2.....                                | 85          |

## Introducción

La Resolución 193 del Acta N° 25 del 5 de Agosto de 1999 y el Acuerdo 033 de 2007 Artículo 10, reglamentan el desarrollo de trabajo de grado “como un opción por medio de la cual el estudiante fortalece, aplica, emplea y desarrolla su capacidad investigativa, su creatividad y disciplina de trabajo en el tratamiento de un problema específico, mediante la aplicación de conocimientos y métodos adquiridos en el desarrollo del plan de estudios de su programa curricular. Tiene como objetivo fomentar la autonomía en la realización de trabajos científicos, científico-técnicos y de creación de propios de su disciplina o profesión”. Reglamenta la pasantía como opción de trabajo de grado y práctica de extensión que se realiza por un periodo académico en instituciones públicas o privadas en el territorio nacional o extranjero en áreas pertinentes a la formación profesional y en actividades que reporten beneficio para la formación del estudiante y que a la vez redunden en la relación de la Universidad con la sociedad.

La pasantía como opción de trabajo de grado es una herramienta que le brinda al estudiante la posibilidad de optimizar su formación académica con miras a potenciar su experiencia profesional (Resolución 1142 de 2008, Universidad Nacional de Colombia), mediante la aproximación a entornos de conocimiento específico de interés particular de los estudiantes y forman parte primordial del quehacer profesional.

El presente informe de pasantía muestra los resultados de la aproximación a aplicaciones novedosas del concepto de Reeducción Funcional en pacientes con patologías de diferentes etiologías, así mismo, los resultados de la aplicación y profundización de conocimientos, destrezas, habilidades y valores adquiridos en la formación académica por las estudiantes en el Laboratorio de Investigación Fisioterapéutica de las alteraciones de la Postura y el Movimiento de la Universidad de Sao Paulo (Brasil).

Según los principios de los procedimientos desarrollados en el Laboratorio de Reeducción de la Postura y el Movimiento y reconociendo que muchos de los métodos de rehabilitación en Fisioterapia se basan en el aprendizaje motor y este promueve principalmente la reorganización cerebral llevando a la recuperación del individuo

(Narayan, 2011); dentro de la pasantía se realizó una investigación con el objetivo de evaluar la transferencia en el aprendizaje motor después de un tratamiento con procedimientos de reeducación funcional en pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular.

La posibilidad de evaluar los efectos de dichos procedimientos en el aprendizaje motor, permite consolidar procesos tendientes al reconocimiento y la consolidación del quehacer profesional en la recuperación de individuos con diversas disfunciones del movimiento derivadas de múltiples patologías (Krakauer, 2006).

Esta pasantía buscó además de consolidar los procesos académicos, investigativos y de gestión de las pasantes, describir la importancia de los principios del aprendizaje motor en la rehabilitación y en el desarrollo de mecanismos de reorganización cerebral promotores de la recuperación funcional en pacientes con patologías que afectan el movimiento corporal de diferentes etiologías especialmente de origen neurológico.

# CAPITULO I

En este capítulo se presenta el planteamiento de la pasantía, la justificación, objetivos y los antecedentes, seguido de los beneficios para la Universidad de Sao Paulo, la Universidad Nacional de Colombia y las estudiantes, así mismo se presenta la contextualización del sitio donde se llevó a cabo la pasantía.

## 1. Marco Referencial

### 1.1. **Planteamiento** **de la Pasantía**

La pasantía como modalidad de trabajo de grado, se ha convertido en una estrategia importante para permitir al estudiante de pregrado potenciar sus conocimientos teórico-prácticos mediante la profundización en áreas de su interés, buscando promover la formación de profesionales de salud autónomos, con capacidad de argumentación y análisis crítico frente a los retos a los cuales se enfrenta en su quehacer profesional. Además, la pasantía como opción de trabajo de grado constituye un acercamiento importante del estudiante al campo profesional, en el cual enfatiza y mejora procesos que se van desarrollando con la experiencia, refiriéndose específicamente a habilidades prácticas, investigativas y administrativas aplicadas en el campo laboral.

Para la Fisioterapia, la innovación y el desarrollo de nuevos procedimientos terapéuticos tendientes a la consolidación del accionar profesional se convierte en una necesidad imperante, por tanto, se destaca la importancia de conocer y profundizar en conceptos desarrollados mediante la investigación directa en ámbitos clínicos y académicos.

Por lo anterior, teniendo en cuenta el interés de las estudiantes y la existencia del Convenio entre la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Sao Paulo se propuso realizar una pasantía en el Laboratorio de Reeducción Funcional de la Postura y el Movimiento que busca, entre otras cosas, reconocer los procesos de Reeducción

Funcional del movimiento aplicados en el Laboratorio, acercándonos a los principios teórico-prácticos de las técnicas y procedimientos que allí llevan a cabo para la valoración y tratamiento de pacientes que presentan cualquier condición patológica que afecta el movimiento corporal humano.

Resaltando que es una institución con recurso humano especializado, amplia experiencia y reconocimiento en Reeducción Funcional de la postura y movimiento, ha desarrollado ideas innovadoras respecto al tema y por tanto representa un punto de referencia para el fortalecimiento de las capacidades del saber- hacer y el gestionar Fisioterapéutico.

Con esta pasantía se desarrollaron actividades de tipo académico, asistencial, investigativo y administrativo, orientadas al fortalecimiento profesional y a la potencialización de conocimientos teórico-prácticos que beneficiaran a las partes implicadas en este intercambio.

El enfoque investigativo está orientado a desarrollar una propuesta de investigación para evaluar la transferencia del aprendizaje motor después de un tratamiento con procedimientos de reeducación funcional en individuos con enfermedades de origen neurológico específicamente con antecedentes de accidente cerebrovascular.

## **1.2. Reseña Institucional**

### **Laboratorio de Investigación Fisioterapéutica de las alteraciones de la Postura y el Movimiento**

El Laboratorio de Investigación Fisioterapéutica de las alteraciones de la postura y del movimiento se encuentra ubicado en el Instituto Central del Hospital Las Clínicas de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), es un laboratorio de investigación clínica vinculado a la Facultad de Medicina y es de referencia del departamento de Fisioterapia, Fonoaudiología y Terapia Ocupacional (FOFITO).

Las investigaciones del grupo iniciaron hacia el año 1990 con el desarrollo de ideas innovadoras de la profesora Odette de Fatima Salas Duringon y la docente Clarice

Tanaka .En el año 2005 el grupo de investigación se registró en el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) de Brasil con el nombre grupo de Investigación de Reeducción Funcional de la Postura y el Equilibrio con el objetivo de integrar la reeducación mecánica toracoabdominal en la postura y el movimiento a partir del conocimiento de la anatomía humana y kinesiología clínica.

El grupo de investigación tiene como objetivo principal el estudio de las alteraciones funcionales de la postura y el movimiento y el desarrollo de un flujograma de evaluación y de reeducación funcional que aplican en pacientes con disfunciones músculoesqueléticas y en otro tipo de disfunciones. La base de trabajo del grupo de investigación para el tratamiento es la estabilización central como fundamento para la adquisición del alineamiento postural, de la estabilidad y la sinergia muscular, siendo relevante el trabajo con el paciente con una finalidad funcional.

El grupo de investigación ha realizado publicaciones nacionales e internacionales referentes a temas de:

- Control postural en pacientes con alteraciones del movimiento de diferentes etiologías.
- Reeducción Funcional de la Postura y del movimiento y la influencia de las alteraciones músculo esqueléticas en el movimiento corporal humano.
- Sistemas sensoriales y control del balance.
- Análisis posturográfico del equilibrio en individuos de diferentes edades.
- Efecto de la tarea cognitiva en el control postural. Entre otros.

El Laboratorio desarrolla la investigación con la participación de diversos colaboradores externos e internos quienes realizan actividades de evaluación funcional y abordaje terapéutico y engloba proyectos de investigación de maestría e iniciación científica de pregrado, llevadas a cabo en las dependencias del Hospital Las Clínicas, contando además con el apoyo y colaboración de:

- Laboratorio del estudio del Movimiento de la Universidad del Hospital Saint-Justine, en Montreal, (contacto Prof. Paul Allard).

- Laboratorio de Ingeniería Biomédica de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, (contacto Prof. André Fábio Kohn).
- LIM-23 - Laboratorio de Psicofarmacología y Psicofisiología Clínica (contacto Prof. Renato Teodoro Ramos).
- Universidad Municipal de São Caetano do Sul (contacto Profa. Cristina Santos Cardoso de Sá)
- Laboratorio de Biomecánica de la Marcha y de la Postura Humana, (contacto Prof. Isabel de Camargo Neves Sacco)

La base fundamental del grupo de trabajo del Laboratorio de investigación es el trabajo bajo una misma filosofía con fundamento base y primordial en la reeducación funcional para la evaluación y el tratamiento de los pacientes con alteraciones del movimiento derivadas de diferentes condiciones y/o patologías.

### **1.3. Antecedentes**

#### **Trabajos Previos Realizados por el Programa de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Colombia referentes al tema de investigación**

En la Universidad Nacional de Colombia desde el Departamento del Movimiento Corporal Humano se han promovido trabajos de grado que incluyen investigación en temas referentes a aprendizaje motor y Reeducación de la Postura y el Movimiento, realizados desde diferentes enfoques abordando desde la promoción y prevención hasta su aplicación en el ámbito comunitario, clínico e investigativo. Se presenta específicamente los siguientes trabajos:

Propuesta de un instrumento de análisis de control postural en adultos. Tesis de pregrado desarrollada por Cortez E. concluida en el año 1997. A partir de la revisión temática, se seleccionó mediante un análisis comparativo, las ventajas y desventajas de los métodos de análisis de control postural, sugiriendo ítems y herramientas para incluirlas en una propuesta de un instrumento integral con el objetivo de evaluar el aporte neurofisiológico y el aporte biomecánico en el control postural bajo diferentes parámetros,

de una forma alterna o simultánea. Presenta como resultado, la comparación de los diferentes métodos de evaluación de control postural, encontrando la evaluación de Fugl-Meyer elaborada por Di Fabio en el año 1975, como una de las herramientas con mayores ventajas al ser el único test que evalúa el control postural en pacientes con disfunción neurológica. Es un test confiable y de fácil aplicación. Sin embargo, como desventajas describe el test como una escala de medición muy general al no considerar la información biomecánica y no dar resultados cuantitativos. Finalmente, la autora concluye que en la revisión bibliográfica no encontró parámetros de respuesta normal para el control postural después de una evaluación en poblaciones específicas en quienes se altera la información sensorial o la base de sustentación, por tal motivo, es pertinente realizar estudios posteriores estableciendo el control postural como un determinante esencial en la realización de actividades cotidianas, no sólo porque permite el mantenimiento del cuerpo en una posición equilibrada, sino también, provee constantemente ajustes necesarios para mantener una base postural estable en las actividades voluntarias.

En el año 1999, Buitrago L. y Díaz J realizaron una tesis de pregrado titulada: principales hallazgos de las bases teóricas del aprendizaje motor. Es un estudio documental, encaminado a agrupar y describir las bases teóricas del aprendizaje motor, específicamente en los temas de conocimiento de resultados, memoria y transferencia del aprendizaje. Como hallazgo teórico referente a la transferencia del aprendizaje, se presenta una evaluación desarrollada por Richard Schmidt en 1988 la cual evidencia la importancia de la variabilidad en la práctica durante la adquisición para el aprendizaje motor y su transferencia. Shea & Morgan en 1979, describieron que la variabilidad en la práctica, fomenta el uso de diferentes estrategias de movimiento útiles para dar parámetros al programa motor siendo esto más apropiado para el desempeño en un test de transferencia nuevo. Las autoras concluyen que la principal fuente de información la constituyeron los artículos publicados desde el área de la psicología y la fisiología por el investigador Richard Schmidt, esto se refleja en el trabajo con una clara tendencia de sus conceptualizaciones científicas basadas en el autor. Con respecto a la transferencia del aprendizaje la definen como la influencia de la práctica previa en una tarea subsecuente y nueva, la transferencia del aprendizaje puede ser positiva si la tarea se ve facilitada, negativa si es interferida, inhibida o neutra si no la afecta. A diferencia de los hallazgos

en el conocimiento de resultados y la memoria los estudios de transferencia aunque escasos, nos son contradictorios y por el contrario logran complementarse.

En el año 2002, se presenta una propuesta de un instrumento de evaluación de la función motora para individuos adultos con hemiplejia secundaria a un accidente cerebrovascular de tipo isquémico realizada por Barrera S. Es una tesis de tipo investigación descriptivo-formulativo. Presenta un instrumento en el cual se incluyen los ítems más relevantes en la valoración en el área funcional realizada por los Fisioterapeutas a un paciente hemipléjico, favoreciendo el proceso de planteamiento de metas a alcanzar en el tratamiento y el registro de datos concretos durante el desarrollo de la interacción con el individuo. La tesis concluye en la relevancia de revisar con anterioridad parámetros como los signos vitales, el tono, propiocepción, equilibrio y balance, facilitando al Fisioterapeuta el criterio para identificar fácilmente los ítems a valorar en el sujeto, entre los cuales se destacan las actividades básicas y específicas de la vida diaria.

En el año 2004 se realizó una tesis de grado sobre la Actividad física y su relación con las modificaciones en la red neuronal, desarrollada por Bachiller Z. fue una revisión y correlación teórica de tipo descriptivo exploratorio. Puntualiza desde una perspectiva teórica, la relación existente entre la aplicación de la actividad física y las modificaciones de la red neuronal cerebral, pretende dar una visión general respecto al tema de interés que además ha sido poco explorado y reconocido en la Fisioterapia a nivel nacional. Después de la revisión concluyeron que durante la realización de la actividad física, los factores que intervienen en ella como: los estresores externos y mecánicos, producen en el organismo, reacciones somáticas estimulando en las redes neuronales la producción de elementos bioquímicos como neurotransmisores y hormonas que en el momento de liberarse activan receptores de membrana específicos y a nivel de las redes neuronales genera nuevas conexiones en paralelo y especificación de funciones de las redes ya existentes, mejorando el procesamiento de la información del ambiente interno y externo implícitos en la actividad física y a nivel encefálico se refleja en la optimización del movimiento. Además de eso, la entrada de estímulos proporciona carga mecánica y de acuerdo con la magnitud, frecuencia, duración, velocidad necesarias, especializa las redes por medio de un sistema de feedback –retroalimentación o ensayo - error, generando en la conducción nerviosa la aceleración de potenciales de acción

permitiendo en las redes neuronales el mejoramiento en su capacidad de respuesta en el organismo. Por medio de estos procesos se puede observar y medir dicha capacidad a través de los aspectos anticipatorios y predictivos del control motor.

En el año 2004, se realizó un trabajo de investigación sobre la facilitación del mecanismo de control postural normal en el paciente con hemiplejía, partiendo del enfoque Bobath enriquecido con el de Rood y Kabat realizado por Betancur R. y Moreno D. Esta tesis de pregrado reúne las características de una investigación descriptiva - formulativa partiendo de la descripción y análisis desde el punto de vista neurofisiológico de la secuencia de movimiento planteada por los Bobath, enriquecida con los principios cinéticos de los enfoques de Rood y Kabat. El trabajo de investigación se limitó a identificar y describir los elementos que contiene una propuesta de manejo fisioterapéutico para facilitar el mecanismo de control postural normal a través de la adopción de la secuencia de movimiento en el paciente con hemiplejía. Este tipo de investigación podrá aplicarse a la población adulta (hombres y mujeres) e infantil con hemiplejía de etiología orgánica, con signos clínicos neurológicos y funciones vitales estables. Como resultado presenta un protocolo de actividades de facilitación de la secuencia de movimiento descrita por los Bobath, complementándola con los enfoques cinéticos propuestos por Rood y Kabat, para el manejo del paciente con hemiplejía. Finalmente concluyeron que el mecanismo de control postural normal en el paciente con hemiplejía se activa a través de una apropiada estimulación propioceptiva, táctil, visual y auditiva estabilizando el tono muscular y regulando la función muscular recíproca, principios que utilizan los enfoques de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva de Bobath, Rood y Kabat. Estos mecanismos se encargan de promover la respuesta del control postural normal, base del movimiento, es decir, en el individuo con hemiplejía, facilitan la coordinación normal de los elementos determinantes de la actividad voluntaria como el tono postural, la inervación recíproca y los patrones de movimiento

Referente a la búsqueda bibliográfica de estudios específicos en las bases de datos que apoyen el estudio a realizar se encontró la siguiente información destacada, se utilizaron términos Mesh como Motor learning, Stroke, Retention/Transfer Test, Physical Therapy y Balance Postural.

En el año de 1996, Robert Hanlon, publica un ensayo clínico controlado y aleatorizado, titulado Aprendizaje Motor después de un ACV unilateral (*Motor Learning Following unilateral Stroke*), el objetivo principal del estudio fue determinar los efectos de diferentes programas de práctica durante la rehabilitación (práctica aleatorizada Vs práctica bloqueada) sobre la tasa de adquisición y retención del aprendizaje motor de una secuencia de movimiento específica en pacientes con hemiparesia. La muestra estuvo conformada por veinticuatro pacientes con hemiparesia secundaria a un accidente cerebrovascular unilateral, asignados aleatorizadamente a un grupo diferente de práctica y a un grupo control. El grupo de práctica aleatorizada completo 10 ensayos de la tarea durante cada sesión de entrenamiento a la vez que realizaban adicionalmente tres tareas diferentes, el grupo de práctica bloqueada completo cinco ensayos en un bloque de entrenamiento por sesión con 60 segundos de intervalo entre los ensayos, el grupo control no realizó ningún ensayo práctico. La evaluación de la retención se realizó dos y siete días después de finalizar la práctica.

Los resultados generales soportan la hipótesis principal del estudio afirmando que la adquisición del aprendizaje motor en pacientes con hemiparesia secundaria a un ACV varía en función del tipo de práctica, demostrando los efectos positivos significativos de la práctica aleatorizada en la tasa de adquisición y retención de los pacientes participantes en este grupo. Asociando estos hallazgos con estudios previos, el autor relaciona esta respuesta con postulados realizados por Richard Schmidt, en los cuales describe la relación de la práctica aleatorizada con la búsqueda de soluciones para resolver una tarea motora, según este autor, la práctica aleatorizada facilita la construcción de esquemas motores más flexibles promoviendo la consolidación y la generalización del aprendizaje.

Carolee Winstein y cols publican en el año de 1999, el artículo Aprendizaje Motor después de un daño cerebral unilateral (*Motor Learning after unilateral brain damage*) es un ensayo clínico aleatorizado, el propósito del estudio fue determinar si el ACV relacionado a un daño cerebral unilateral afecta los procesos asociados con el desempeño y/o aprendizaje de un programa de entrenamiento de una actividad rápida con feedback aumentado con conocimiento de resultados. Cuarenta participantes se incluyeron en el estudio, veinte de ellos con antecedentes de accidente cerebrovascular unilateral y veinte individuos neurológicamente sanos. La tarea a aprender fue una tarea sencilla consistente en un movimiento de flexo-extensión de codo en el plano horizontal

con retroalimentación brindada por un monitor localizado en frente del paciente que le indicaba la trayectoria y velocidad del movimiento. La evaluación experimental consistió en 99 ensayos en dos sesiones prácticas durante el primer día de entrenamiento para determinar la adquisición; para evaluar la retención el segundo día se realizaron 18 ensayos con y sin condición de retroalimentación. Los resultados demostraron que en ambos grupos, el grupo de control y el grupo de estudio, hubo un mejoramiento significativo en la precisión y consistencia de la práctica durante la adquisición así como en la retención, adicionalmente no se encontraron diferencias en el desempeño de la tarea durante la adquisición y la retención en ambos grupos, sin embargo, el grupo de pacientes con ACV demostró un mayor número de errores durante la ejecución de la tarea en comparación con el grupo control; estos hallazgos generales sugieren que en el ACV en donde hay daño de las áreas sensoriomotras primarias hay una afectación de los procesos de control y ejecución de habilidades motoras pero no en la capacidad de aprendizaje de estas habilidades.

Krakauer, John, 2006. Aprendizaje Motor: su relevancia en la recuperación del ACV y la neurorehabilitación (*Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation*). Es un estudio de revisión que tiene como propósito principal describir las generalidades del aprendizaje motor en pacientes con hemiparesia y la recuperación motora después de una lesión cerebral como una forma de aprendizaje motor, intentando responder a preguntas como: ¿los pacientes con hemiparesia tienen déficit en el aprendizaje motor?, ¿es la recuperación después de la lesión una forma de aprendizaje motor?, ¿están los enfoques de rehabilitación basados en los principios de aprendizaje motor?. La metodología de la revisión no está descrita en el artículo, sin embargo, el autor intenta mediante una completa exploración responder las preguntas orientadoras para el desarrollo del mismo. Inicia con una breve relación entre la rehabilitación y el aprendizaje motor, describiendo este último como un concepto dinámico que promueve la modificación de esquemas cerebrales mediante las diferentes técnicas de rehabilitación, enfatizando en la idea principal de la variabilidad de la práctica y su importancia para el proceso de aprendizaje motor. Referente al aprendizaje motor en pacientes con hemiparesia, el autor muestra el resultado de dos estudios de aprendizaje motor en pacientes con antecedentes de ACV los cuales no brindan soporte teórico concluyente referente al tema, debido a los pocos resultados en este tipo de estudios el autor concluye la falta de determinación de los déficits en el aprendizaje motor en

pacientes con hemiparesia, intentando justificar esta conclusión con la idea de la dificultad de demostrar anormalidades en el aprendizaje en pacientes en quienes el desempeño está considerablemente disminuido de base, entre otros factores. Por otro lado el autor concluye que la rehabilitación motora tras un accidente cerebrovascular incluye procesos de recuperación y compensación, ambos procesos dependientes de la capacidad de aprendizaje del paciente, respondiendo de esta forma a la pregunta de la recuperación como forma de aprendizaje. Finalmente el autor describe las últimas técnicas en rehabilitación que tuvieron su origen en el conocimiento de los principios del aprendizaje motor, entre estas incluye la terapia de movimiento inducido por restricción (Constraint-induced movement therapy, CIMT), estimulación neuromuscular por electromiografía y finalmente la rehabilitación basada en realidad virtual.

Felipe Augusto dos Santos Mendes y cols, 2012. Aprendizaje motor, retención y transferencia después de un entrenamiento basado en realidad virtual en enfermedad de Parkinson - efecto de la demanda cognitiva y motora de los juegos: un estudio clínico longitudinal, controlado (*Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study*), Es un estudio clínico controlado con el objetivo de evaluar el aprendizaje, la retención y la transferencia del desempeño después de un entrenamiento con Nintendo Wii-Fi en pacientes con Parkinson. La muestra incluyó 16 pacientes con enfermedad de Parkinson y 11 adultos saludables. Antes de iniciar el tratamiento todos los pacientes realizaron el test de alcance funcional, un test que determina los límites de estabilidad en posición bípeda, el test fue repetido una semana y sesenta días después de finalizar el entrenamiento para determinar la transferencia. El tratamiento consistió en 14 sesiones individuales de treinta minutos donde se realizaban ejercicios de movilidad global seguidos por una secuencia determinada de entrenamiento con juegos de Wii-Fi que requerían demandas cognitivas y motoras diferentes. La curva de aprendizaje y la retención se determinó basándose en las calificaciones obtenidas por los pacientes en las primeras siete y ocho sesiones, respectivamente. En general los resultados del estudio demuestran que los pacientes con Parkinson exhiben déficit, mejoría o ningún efecto en el aprendizaje y retención dependiendo del tipo de juego. Sin embargo, los pacientes con Parkinson fueron hábiles para transferir las habilidades motoras entrenadas en los juegos en una tarea no entrenada. Estos resultados muestran básicamente la importancia de la identificación del tipo de tarea y práctica para facilitar el

aprendizaje en estos pacientes además de confirmar la capacidad de aprendizaje de los mismos.

Estos trabajos han permitido profundizar teóricamente en temas referentes a la investigación a desarrollar, sin embargo, se destaca la importancia de realizar acercamientos prácticos como pasantías o prácticas de extensión que fortalezcan el conocimiento relacionado con la Reeducción Funcional y sus efectos en el aprendizaje motor en pacientes con alteraciones del Movimiento corporal humano, en instituciones que lideren las investigaciones en el tema especialmente su aplicación en individuos con patologías de origen neurológico como el Accidente Cerebrovascular.

## **1.4. Justificación**

La pasantía como opción de trabajo de grado enriquece el marco de posibilidades de interacción de los estudiantes ya que contribuye a reconocer procesos académicos e investigativos potenciando la formación profesional, generando en el estudiante mayor autonomía y fortalecimiento de su criterio profesional.

La recuperación óptima funcional es el objetivo primordial en la rehabilitación, especialmente en neurología; a pesar de la existencia de varios métodos de rehabilitación basados en diversos enfoques neurofisiológicos, debido a los cambios frecuentes y al mayor desarrollo de estas teorías se hace necesario redefinir estos enfoques, y ampliar posibilidades de tratamientos de rehabilitación que tengan en cuenta los nuevos conocimientos y conceptos de la neurociencia y la neuropsicología para la neurorehabilitación (Narayan, 2011). El desarrollo de nuevas investigaciones referentes a los temas de reeducación funcional, constituye para la Fisioterapia una herramienta para consolidar la acción profesional y explorar nuevas posibilidades basadas en el conocimiento y la innovación para la rehabilitación de individuos con diferentes patologías que afectan el movimiento corporal humano.

De esta forma, se destaca la importancia de conocer nuevos procesos terapéuticos y su influencia en la recuperación funcional al evaluar los efectos de estos sobre el aprendizaje motor puesto que es este conjunto de procesos cognitivos y motores, lo que

permitirá al individuo generar comportamientos que den respuesta a sus necesidades funcionales (Winstein, 1998)

Durante varios años de investigación, el Laboratorio de las alteraciones de la Postura y el Movimiento ha trabajado para desarrollar un flujograma de evaluación y valoración en reeducación funcional que utiliza en todos los pacientes que consultan en su servicio y tiene como fundamento práctico la estabilización central como base para la adquisición del alineamiento postural, la estabilidad corporal y la activación de las sinergias musculares apropiadas, haciendo especial énfasis en que cada uno de estos procedimientos tengan siempre finalidad funcional. El grupo de investigación del Laboratorio se encarga además, de dar a conocer nuevas ideas a través de cursos, conferencias y publicación de trabajos científicos en revistas y congresos con repercusión Nacional e Internacional.

Esta oportunidad representa la posibilidad de dar a conocer nuevos conceptos desarrollados en otro país referentes a la reeducación funcional y asimismo indagar acerca de los efectos de los mismos en la transferencia del aprendizaje motor en pacientes con patologías de origen neurológico, ya que estas representan una de las principales causas de discapacidad y de muerte y afecta a todos los grupos de edad en el mundo (Lisinski, 2012).

## **1.5. Beneficios**

### **1.5.1. *Para la institución***

- Contribuir en los procesos de investigación y extensión del laboratorio de Investigación Fisioterapéutica de las Alteraciones de la Postura y el Movimiento.
- Promover espacios de discusión, producción científica e investigativa en la formación de profesionales de la salud.
- Intercambiar saberes académico e investigativos entre las dos instituciones, dándole un valor agregado al poder del conocimiento, propendiendo por el crecimiento de la Fisioterapia a nivel Nacional e Internacional.

### **1.5.2. Para la Universidad**

- Promover espacios para el aprendizaje teórico - práctico y el fortalecimiento de las capacidades del saber- hacer y el saber-pensar Fisioterapéutico en Colombia.
- Contribuir con el reconocimiento de la Universidad Nacional de Colombia ante la sociedad colombiana y brasileña al propiciar la participación en campos de investigación y la formación de profesionales competentes y socialmente responsables que participen activa y críticamente sobre el desarrollo y la identidad nacional.
- Fortalecer el desempeño profesional como Fisioterapeutas de la Universidad Nacional de Colombia actuando como agentes de cambio y transformación de la realidad multicultural colombiana desde la perspectiva de la comprensión del Movimiento Corporal Humano impulsando el Desarrollo Humano.

### **1.5.3. Para los estudiantes**

- Fortalecer las capacidades investigativas mediante la participación en grupos de investigación con procesos estandarizados al igual que con ideas innovadoras desarrolladas con base en el conocimiento.
- Desarrollar experiencia profesional en los procedimientos de Reeducción Funcional de la postura y el movimiento, haciendo énfasis en las patologías de origen neurológico.
- Optimizar su capacidad de trabajo en equipo destacando la importancia de la interdisciplinariedad para el desarrollo del conocimiento científico.
- Generar una aproximación a su quehacer Fisioterapéutico con el fin de que adquiera competencias en el área neurológica que fundamenten su desempeño profesional en la toma de decisiones tanto en su ejercicio profesional como personal.
- Propiciar responsabilidades y obligaciones que desarrollen en el estudiante principios fundamentales en las relaciones humanas como la solidaridad, la libertad, la tolerancia, la igualdad, el respeto, la honestidad, la sensibilidad y la responsabilidad.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Fortalecer las acciones universitarias de academia, investigación y gestión de las estudiantes a través de la profundización de conocimientos teórico-prácticos relacionados con el método de Reeducción Funcional desarrollado en el Laboratorio de Investigación Fisioterapéutico de las alteraciones de la postura y el movimiento de la Universidad de Sao Paulo (Brasil).

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

#### **1.6.2.1. Cognoscitivos**

- Profundizar en los conocimientos teórico-prácticos relacionados con los procedimientos de evaluación y reeducación funcional mediante el acercamiento de técnicas y procesos terapéuticos desarrollados en el Laboratorio.
- Lograr un acercamiento a los procesos de investigación basados en la experiencia clínica y la interacción directa con pacientes con disfunciones del movimiento de diferentes etiologías, especialmente de origen neurológico.
- Participar en actividades académicas complementarias que fortalezcan el conocimiento de las estudiantes respecto a la atención integral del paciente con diferentes patologías que puedan alterar el movimiento corporal humano.

#### **1.6.2.2. Administrativos**

- Fortalecer las relaciones académicas e investigativas entre los departamentos de Fisioterapia de las Universidades implicadas en el desarrollo de la pasantía.

- Conocer y promover la gestión de proyectos de investigación clínica desarrollados en el laboratorio.
- Conocer y ejecutar los procesos de gestión administrativa necesarios durante la participación de las estudiantes en el Laboratorio.

### **1.6.2.3. Investigativos**

- Desarrollar una investigación enfocada a describir los efectos de los procedimientos de reeducación funcional en la transferencia del aprendizaje motor haciendo énfasis en pacientes con patologías de origen neurológico, partiendo de las bases teóricas de los procesos neurofisiológicos de rehabilitación y herramientas metodológicas para la evaluación del aprendizaje motor.
- Evaluar la transferencia del aprendizaje motor mediante la aplicación de un test funcional del balance y la evaluación de la plataforma de fuerza antes y después de terminar el tratamiento con procedimientos de reeducación funcional.
- Describir los efectos de los procedimientos de reeducación funcional sobre la transferencia del aprendizaje motor en tres casos con antecedentes de accidente cerebrovascular mediante la construcción de un documento final que cumpla con los lineamientos establecidos para este tipo de descripción.

## **CAPITULO II**

En este capítulo se presenta el sustento teórico del proyecto de investigación basado en la revisión bibliográfica de artículos recientes referentes al tema.

### **2.Marco Teórico**

#### **2.1. Accidente Cerebrovascular y organización cerebral para el aprendizaje motor antes y después de una lesión.**

La organización mundial de la salud designa el accidente cerebrovascular (ACV) como el conjunto de “signos clínicos de desarrollo rápido de una perturbación focal de la función cerebral de origen presumiblemente vascular y de más de 24 horas de duración”. Quedan incluidos en esta definición la mayoría de los casos de infarto cerebral, hemorragia cerebral, hemorragia subaracnoidea, pero son deliberadamente excluidos aquellos casos en los que la recuperación se produce dentro de las 24 horas después de la aparición del episodio (Downie, 2001), las consecuencias generalmente se reflejan en la reducción del balance, el control postural y las dificultades para la movilidad funcional (Hosseini, 2012).

Existen diferentes tipos de ACV según la naturaleza de la lesión. El ictus isquémico se debe a una falta de aporte de sangre a una determinada zona del parénquima encefálico, mientras que el ACV hemorrágico se debe a la rotura de un vaso encefálico con extravasación de sangre fuera del lecho vascular, existiendo otros tipos de accidente cerebrovascular asociados a hemorragia subaracnoidea, enfermedades sistémicas, entre otros (Arboix,1998). El daño vascular o isquémico de las motoneuronas superiores se

asocia con limitaciones funcionales en los aspectos motores, sensoriales, cognitivos e integradores del control del movimiento.

La mayoría de los ACV (61-81%) son isquémicos y son el resultado de infartos que incluyen la arteria cerebral anterior y media, una gran porción de estos ACV, están en la distribución de la arteria cerebral media (ACM) que irriga principalmente la región lateral-posterior de la corteza frontal y parietal (corteza sensoriomotora primaria), las ramas profundas que irrigan estructuras subcorticales como los ganglios basales y la capsula interna. (Winstein, 1998)

Datos de la OMS indican que el ACV es la segunda causa de muerte y la primera causa de discapacidad en el mundo. (Ustrell, 2007). A pesar de los avances en el conocimiento de la fisiopatología del accidente cerebrovascular (ACV) y de sus factores de riesgo, estadísticas provenientes de países desarrollados muestran que la incidencia se mantiene constante. Este hecho puede ser explicado en parte por un aumento de la expectativa de vida de la población general y al incremento de la incidencia de esta enfermedad en mujeres. Del total de eventos vasculares cerebrales dos tercios ocurren en países en vías de desarrollo. Sin embargo, en América Latina existen pocos estudios epidemiológicos con base poblacional y la mayor parte de la información disponible proviene de registros hospitalarios (Rojas, 2006). El accidente cerebrovascular es una importante causa de discapacidad: el 25% de los supervivientes de un accidente cerebrovascular padecen alguna discapacidad menor permanente, el 40%, discapacidad moderada a grave, y el 10% requiere atención a largo plazo (Heart & Stroke 2003).

Por otro lado, el aprendizaje motor puede ser concebido como el establecimiento de un modelo interno que representa la relación entre la información sensorial y motora (Wolpert, 2001). Para identificar el papel de las diferentes áreas cerebrales en este proceso, la evidencia científica cuenta con múltiples tipos de estudios de imagen clínica y funcional que demuestran la participación activa de la corteza motora primaria, el córtex premotor, el área motora suplementaria y el cortex sensoriomotor, así como las áreas somatosensoriales secundarias, los ganglios basales y el cerebelo durante este proceso (Houweling, 2008) (Halsband, 2006).

La adquisición de habilidades está asociada con cambios a nivel regional y local en los circuitos neuronales y requiere la interacción de múltiples áreas cerebrales que contribuyen de forma diferente en la consolidación del aprendizaje (Houweling, 2008).

Concerniente a los estudios de neuroanatomía funcional, la adquisición de habilidades motoras está acompañada de cambios cerebrales a nivel local y regional. De este modo, estudios como los realizados por Halsband en el año de 2006 y Houweling en el año de 2008 describen la activación de diferentes áreas cerebrales durante el proceso de aprendizaje motor:

Es así como se reporta la participación de las áreas cerebrales prefrontales en los estadios iniciales del aprendizaje, participa en la selección del movimiento así como en los procesos de atención requeridos en el aprendizaje.

El área motora suplementaria participa en la consolidación de secuencias de movimientos que implican la ejecución de movimientos alternantes de las extremidades.

El área premotora, presenta mayor activación en estadios iniciales del aprendizaje, se ha observado mayor activación del hemisferio derecho, participando especialmente en el procesamiento espacial del movimiento, es así como, la corteza premotora tiene un papel preponderante en la representación motora asociada con las señales sensoriales y los comandos motores. El área motora primaria tiene relación con la velocidad de la ejecución de movimiento, es decir, es la estación final para la conversión en acción del diseño de la ejecución del movimiento (Halsband, 2006) (Houweling, 2008).

Se destaca además, la importancia del hipocampo y el cuerpo estriado para la consolidación de la memoria motora, la construcción de mapas motores y el comportamiento automatizado (Albouy, 2011).

La activación de áreas cerebrales específicas depende del tipo de desempeño motor. Durante las tareas motoras no recurrentes predomina la activación cortical unilateral, asimismo, en los movimientos unimanuales secuenciales repetitivos se encuentra mayor activación de áreas cerebrales bilaterales incluyendo las áreas motoras, premotoras y prefrontales (Houweling, 2008).

Como se describió anteriormente, la capacidad de adquirir habilidades motoras requiere procesos cognitivos y motores que pueden verse afectados en un accidente cerebrovascular, sin embargo el grado por el cuál dichos déficit influyen en la capacidad de aprendizaje motor en estos pacientes, no está bien entendido (Krakauer, 2006). Por lo mismo, entender la capacidad para el aprendizaje motor en sobrevivientes de ACV tiene una implicación práctica importante para la rehabilitación así como la readquisición de habilidades motoras es una parte importante para la recuperación funcional. (Winstein, 1998)

El mayor énfasis en la rehabilitación del ACV incluye el entrenamiento de los pacientes con hemiparesia y su rendimiento en tareas funcionales usando la mayoría de funciones motoras que se afectaron en la lesión, como resultado se encuentra la capacidad del paciente para llevar a cabo tareas funcionales de forma diferente (compensación) o igual (recuperación) a las que realizaba antes del ACV (Hanlon, 1996)

Existe evidencia considerable de que la representación cortical de las partes del cuerpo está continuamente modulada por la respuesta a la actividad, el comportamiento y la adquisición de habilidades, asimismo, se demuestra que después de una lesión del sistema nervioso la recuperación motora puede deberse a la activación de áreas cerebrales vecinas que toman la función del área cerebral dañada o utilizan vías motoras alternativas (Chen, 2002), además de otros mecanismos de reorganización cerebral.

Estudios más recientes han demostrado que los cambios funcionales y estructurales derivados del aprendizaje de nuevas habilidades toman lugar en la corteza cerebral después de una lesión como un ACV o un trauma. Así, después de una lesión cortical, la estructura y la función de las áreas no afectadas del cerebro, son remodeladas durante la recuperación y reformadas por las experiencias sensoriomotoras de los individuos en las semanas o meses después de la lesión (Nudo R. , 2003).

Después del ACV, la recuperación motora ocurre preponderantemente entre las semanas iniciales a los primeros tres meses y continúa lentamente a través del primer año. La recuperación en los primeros días se debe a la resolución del edema o la reperusión de la penumbra isquémica.

Nudo (2011) propone tres principales mecanismos de recuperación espontánea después de la lesión: El primero hace referencia a la teoría de la diasquisis neuronal; luego de la lesión, áreas cerebrales cercanas a la misma sufren una disminución en el metabolismo debido al declive en la irrigación sanguínea y al edema, sin embargo este proceso se revierte en días o semanas siguientes.

En segundo lugar el autor describe, que los cambios o mejoras en el desempeño funcional después de un ACV pueden deberse a compensaciones cinéticas y cinemáticas que ha desarrollado el individuo para conseguir un objetivo funcional, esto no necesariamente reflejaría un proceso de recuperación apropiado pero si implicaría procesos que se llevan a cabo durante el aprendizaje motor (Krakauer, 2006).

Finalmente, después de una lesión el cerebro experimenta procesos de reorganización fisiológica y neuroanatomica, mecanismos como la potenciación a largo plazo, variaciones en la producción de neurotransmisores, ramificación dendrítica y arborización axonal, entre otros, forman parte del mecanismos que utiliza el cerebro para la recuperación.

Según Chen (2002) la recuperación después de las primeras semanas está vinculada además con mecanismos de plasticidad cerebral, en la cual algunas áreas del cerebro toman la función de las áreas lesionadas. Los mecanismos de recuperación propuestos incluyen la redundancia de los circuitos cerebrales con vías paralelas que realizan funciones similares a las que se perdieron en la lesión, el crecimiento de fibras nerviosas desde neuronas sobrevivientes a la lesión con formación de nuevas sinapsis, entre otros.

El mecanismo de recuperación depende de la extensión de la lesión (Chen, 2002). En pacientes con infartos de arteria cerebral media, el tamaño del infarto se relaciona con la severidad de la debilidad motora; la localización de la lesión también es un factor determinante, una pobre recuperación motora está asociada con daños severos en el tracto piramidal o lesiones del lóbulo parietal.

Complementando lo anterior, los mecanismos que están implicados en la reorganización cerebral después de ACV ocurren también a diferentes niveles: neuronal, redes

neuronales y el comportamiento. Estos incluyen mecanismos de recuperación como el sprouting neuronal (brotación) así como cambios en la expresión génica celular, activación de áreas cerebrales distantes a la lesión anatómica y funcionalmente semejantes y activación de la corteza motora ipsilateral, entre otros. Sin embargo, estos niveles no son independientes uno del otro, por ejemplo, las nuevas conexiones entre las sinapsis inducida por movimientos repetitivos con el brazo hemiparético podría llevar a un incremento en la activación de las redes neuronales funcionales y cambios evidentes en el comportamiento motor (Nudo R. , 2011).

De este modo, la reorganización motora después de un ACV puede estar asociada con la activación de áreas corticales adyacentes al área afectada o al uso de vías motoras alternativas. Los cambios inmediatos en la representación motora después de una lesión cerebral están dirigidos por el desenmascaramiento de sinapsis inactivas en el sitio de la lesión; los cambios a largo plazo incluyen otros mecanismos adicionales como la regeneración axonal, la generación de nuevas conexiones sinápticas, la activación de vías ipsilaterales, entre otros (Chen, 2002).

Finalmente, gracias a los avances en neuroimagen pueden confirmarse los procesos de reorganización fisiológica y neuroanatómica después de una lesión, mecanismos como la potenciación a largo plazo, las variaciones en los niveles de neurotransmisores, la germinación axonal, la sinaptogénesis, entre otros, contribuyen a los procesos de recuperación, y actúan rápidamente y varias semanas tras la lesión. (Nudo R. , 2011)

Reconocer estos mecanismos para entender los procesos de recuperación cerebral es fundamental para justificar en gran medida la importancia de iniciar tratamientos de rehabilitación que se basen en estos principios y que además los favorezcan como un proceso de retroalimentación que tiene como objetivo primordial la recuperación del individuo.

## **2.2. Principios neurofisiológicos de organización del sistema motor**

Para entender los cambios en el sistema motor que ocurren después de un ACV deben describirse los cuatro principios de organización del mismo, estos fueron reunidos y descritos por Rijntjes en el año 2002.

El primer principio es la somatotopía, en la corteza motora primaria las partes del cuerpo se representan de manera ordenada, las partes corporales que reciben mayor información sensorial tienen una mayor representación, sin embargo es importante resaltar que el cerebro humano codifica especialmente para movimientos y no para segmentos corporales específicos.

El segundo principio es la organización jerárquica de la corteza, separada en tres partes funcionales, las áreas primarias tienen conexiones más directas con los órganos sensoriales y las extremidades, en las áreas secundarias las señales para las áreas primarias son analizadas o preparadas para su definición como una modalidad sensorial o motora específica, en las áreas terciarias las modalidades sensoriales y motoras se integran, por ejemplo, en el córtex parietal posterior se combina la información visual y propioceptiva. Este principio le brinda a cada área cerebral una característica especial que le permite codificar cualidades específicas necesarias para el movimiento, esto además demuestra que áreas circundantes a la representación primaria del movimiento contienen los parámetros del mismo movimiento pero son funcionalmente independientes.

El tercer principio describe que cada una de las áreas motoras tiene sus propias conexiones a la médula espinal, las fibras piramidales tienen su origen en diversas áreas motoras y sensoriales aunque la mayor contribución es de la corteza motora primaria, se encuentran conexiones con la corteza motora suplementaria, la corteza premotora, la rodilla de la cápsula interna, entre otras.

El cuarto principio, hace referencia a que el sistema motor trabaja como una guía de procesamiento paralelo bilateral, lo que significa la activación bilateral de la corteza sensorial y motora, son áreas que cooperan durante la ejecución de una tarea, especialmente relacionada con movimientos finos de los dedos, esto representaría una especialización funcional de las neuronas, sin embargo, estas áreas requieren la participación de áreas cerebrales específicas para un mayor rendimiento (Rijntjes, 2002)

La aplicación de estos principios en el tratamiento rehabilitador permite considerar posibilidades como la estimulación temprana del movimiento como aferencia para generar cambios en la somatotopía cerebral, asimismo permite justificar las posibilidades de respuesta de movimiento esperando que áreas cerebrales diferentes a las primarias unilaterales o bilaterales que tienen acceso a la médula espinal generen respuestas motoras apropiadas a un estímulo sensorial específico.

### **2.3. Aprendizaje motor en pacientes con accidente cerebrovascular**

Según Schmidt (1998), el aprendizaje motor es un grupo de procesos cognitivos asociados con la práctica, el entrenamiento y/o la experiencia que resultan en un cambio relativamente permanente en el comportamiento. La esencia del aprendizaje se encuentra en la permanencia relativa, muchas veces descrito como un mejoramiento en el desempeño de una habilidad motora (Kantak, 2012).

La rehabilitación motora puede ser caracterizada como un proceso de “reaprendizaje” de cómo moverse para responder satisfactoriamente a las demandas de la vida diaria (Krakauer, 2006) y está basada en la premisa de que el entrenamiento mejora el desempeño en términos de adquisición de nuevas habilidades y adaptación o refinamiento de habilidades previamente adquiridas (Rostami H. , 2009).

A pesar de este conocimiento, existen considerablemente pocos estudios que describan el aprendizaje motor después un accidente cerebrovascular, y pocos describiendo la relevancia del mismo en los procesos de rehabilitación y recuperación. (Krakauer, 2006).

Como se mencionó anteriormente, uno de los pocos estudios que describen este proceso en pacientes con ACV fue publicado en el año de 1996, Robert Hanlon, determinó el efecto de diferentes programas de aprendizaje motor (práctica aleatorizada y práctica bloqueada) en pacientes con ACV, midiendo la tasa de adquisición y retención de una secuencia de movimiento funcional usando la extremidad hemiparética. Los resultados generales demuestran diferencias significativas entre el grupo de practica aleatorizada vs

el grupo de practica bloqueada, soportando la idea de que la práctica aleatorizada es más efectiva que la práctica bloqueada con respecto al tiempo de retención cuando los pacientes con hemiparesia requieren aprender una habilidad motora funcional. Estos hallazgos, sugieren que los efectos de la terapia en pacientes con hemiparesia secundaria a un accidente cerebrovascular varían en función del tipo de entrenamiento o practica durante la rehabilitación y confirman indirectamente la capacidad de aprendizaje de estos pacientes.

Winstein y cols en el año de 1999, evaluaron el brazo ipsilesional a la lesión en pacientes con antecedentes de ACV de arteria cerebral media utilizando una tarea de flexo-extensión de codo sobre una superficie horizontal con feedback aumentado por el conocimiento de resultados. La descripción de los resultados del estudio demuestra que el grupo control y el grupo de estudio (pacientes con ACV) manifestaron mejoramientos significativos en la precisión y consistencia durante la práctica, con persistencia relativa de estos cambios durante la retención. Sin embargo, independientemente de la condición de feedback, el grupo de estudio llevo a cabo el movimiento con más errores comparando con el grupo control. Según los autores, estos resultados sugieren que el daño unilateral causado por una lesión en las áreas primarias sensoriomotoras afectan los procesos de control y ejecución de habilidades motoras, pero no el aprendizaje de dichas habilidades.

La implicación practica de estos hallazgos, se basa en reconocer que la adquisición de las habilidades motoras, depende de la recuperación fisiológica derivada de los procesos de reorganización cerebral producidos por los cambios plásticos en el sistema neural y también del comportamiento adaptativo (capacidad de aprender o reaprender). El mejoramiento en las habilidades motoras funcionales que disminuyen el nivel de discapacidad en los pacientes con ACV, puede ocurrir a pesar de la estabilización de la recuperación fisiológica, sugiriendo que la capacidad para el comportamiento adaptativo persiste a pesar de la permanencia relativa del déficit fisiológico producido por una lesión cerebral. (Winstein, 1998) (Rothwell, 2009)

## 2.4. Fases y Medición del aprendizaje motor: Test de Retención y Transferencia

Según Doyon (2005), el proceso de aprendizaje de habilidades motoras sigue varias fases distintas:

La primera o fase de aprendizaje rápido, es un estadio inicial en el cual ocurren mejoras considerables en el desempeño incluso en las primeras sesiones de entrenamiento.

En la segunda fase o fase lenta o tardía, la ganancia de movimiento se mantiene después de varias sesiones de entrenamiento.

A continuación en la tercera fase, o estadio de consolidación, se observa un incremento espontáneo en el desempeño que puede experimentarse después de un periodo latente de más de 6 horas después de la primera sesión sin práctica adicional, en esta fase se puede observar la interferencia de otra tarea si esta es administrada antes de un periodo crítico de 4 a 6 horas después de la adquisición de la primera tarea.

Después, en la cuarta fase o estadio automático, se desarrolla un comportamiento habilidoso que requiere mínimos recursos cognitivos y resiste a las interferencias y a los efectos del tiempo.

Finalmente en el quinto estadio o estadio de retención, la habilidad motora puede ser fácilmente ejecutada después de largos periodos sin practicar la tarea (Doyon, 2005).

Primordialmente, el proceso de aprendizaje motor envuelve 3 fases: adquisición, retención y transferencia. Durante la práctica según un enfoque pedagógico, se puede pensar que los resultados temporales no reflejan el aprendizaje, por otro lado, la retención y la transferencia, indican el aprendizaje (Michal, 2008).

El aprendizaje motor en la neurorrehabilitación se expresa en su influencia sobre la retención y transferencia de habilidades motoras (Hanlon, 1996) reflejando de esta forma la permanencia relativa del aprendizaje.

Las pruebas de retención y transferencia implican la medición del desempeño de una habilidad de una variable independiente en un intervalo de tiempo después de la fase de adquisición del aprendizaje (Kantak, 2012). Las pruebas de retención y transferencia difieren básicamente en el tipo de tarea que se enseña y la información que el investigador obtiene de esta. El test de retención se refiere a la medición del desempeño de una habilidad en las mismas condiciones en las que se adquirió, el propósito es determinar la permanencia relativa del nivel del desempeño llevado a cabo en la fase de adquisición. Evalúa el grado por el cual el aprendiz retiene la habilidad aprendida durante un intervalo de retención.

El aprendizaje motor es medido en una fase de posadquisición con diseños de evaluación de la transferencia, estos test determinan principalmente la duración de los cambios en el desempeño en la fase de adquisición y determinan si existió o no aprendizaje, determinan además la dirección de la transferencia, referida principalmente a si el entrenamiento en la fase de adquisición mejoró (transferencia), impidió (interferencia) o no tuvo efecto en el desempeño en un contexto posadquisición. (Christina, 1997)

Los test de transferencia incluyen la evaluación del aprendiz en un contexto o situación diferente de la que aprendió solamente con la relación de metas y propósitos del test de transferencia, es decir, se evalúa la cantidad relativa aprendida sólo con respecto a alguna tarea o condiciones de transferencia en particular además, evalúa la generalización del aprendizaje y proveen información acerca del grado por el cual el entrenamiento en la fase de adquisición produce un nivel de aprendizaje motor que prepara al aprendiz para aplicar su conocimiento en diferentes contextos.

Dependiendo de la duración del intervalo de retención los test pueden categorizarse en inmediatos o tardíos. Los intervalos de retención varía entre unos 10 segundos a unas pocas horas para test inmediatos, los test tardíos se llevan a cabo usualmente después de 24 horas o más (Kantak, 2012).

Dado que la definición de aprendizaje típicamente ha adoptado la expresión "relativamente permanente" es natural que las pruebas de aprendizaje se lleven a cabo

algún tiempo después del final de la sesión de la práctica actual. Por lo tanto, el aprendizaje es evaluado a través de pruebas de retención debido a que la construcción del aprendizaje requiere la retención de lo aprendido. Lo que aún no está claro es la duración adecuada del intervalo de retención sobre los cuales evaluar la práctica y los efectos del aprendizaje. En otras palabras, la noción de aprendizaje se ha evaluado durante intervalos de retención diferente. (Christina, 1997).

Teniendo en cuenta esta conclusión y tomando como referencia los estudios de revisión utilizados como antecedentes para esta investigación (Hanlon, 1996) (Winstein, 1998) (Kantak, 2012), las autoras determinaron pertinente la evaluación del test de transferencia en un tiempo comprendido entre 24 y 48 horas después de finalizado el tratamiento de los pacientes.

## **2.5. Fundamento teórico de la reeducación funcional**

Los métodos empleados en rehabilitación habitualmente están orientados por suposiciones sobre la causa y naturaleza del movimiento, de forma que la teoría constituye la base de la práctica médica. Las teorías de control motor reflejan las concepciones existentes sobre la forma en que el movimiento es controlado por el cerebro y proporcionan al terapeuta una posible guía de procedimientos para tratar a pacientes con alteraciones motoras. (Cano de la Cuerda, 2011) (Shumway-Cook & Woollacott, 2007)

Con este fin, la Reeducción Funcional del movimiento surge como un concepto orientado a la actividad basado en esta teoría del control motor (Teoría orientada a la actividad). Según Peter Greene (1982) el sistema nervioso central debe resolver problemas fundamentales con el fin de realizar acciones motoras, no para efectuar movimientos por el solo hecho de moverse. El método orientado a la actividad se basa en el reconocimiento de que el objetivo del control motor es el dominio del movimiento para realizar una acción particular, suponiendo que el control motor se organiza alrededor de comportamientos funcionales dirigidos a objetivos identificables como caminar o hablar (Shumway-Cook A, 2000).

Además, se basa en el entendimiento de que el control motor como concepto estático está asociado con la estabilidad del cuerpo en el espacio y como concepto dinámico está relacionado con el desplazamiento del cuerpo en el espacio y envuelve componentes de postura, equilibrio y movimiento tomando en cuenta aspectos cognitivos, perceptivos y motores; tales aspectos actúan además, como sistemas aferentes, generando procesos de retroalimentación, proporcionando información sobre el cuerpo en movimiento y el ambiente donde se desarrolla la acción. (Shumway-Cook & Woollacott, 1995).

Los postulados fundamentales con los que trabaja el concepto dirigido a la actividad se basan en tres principios:

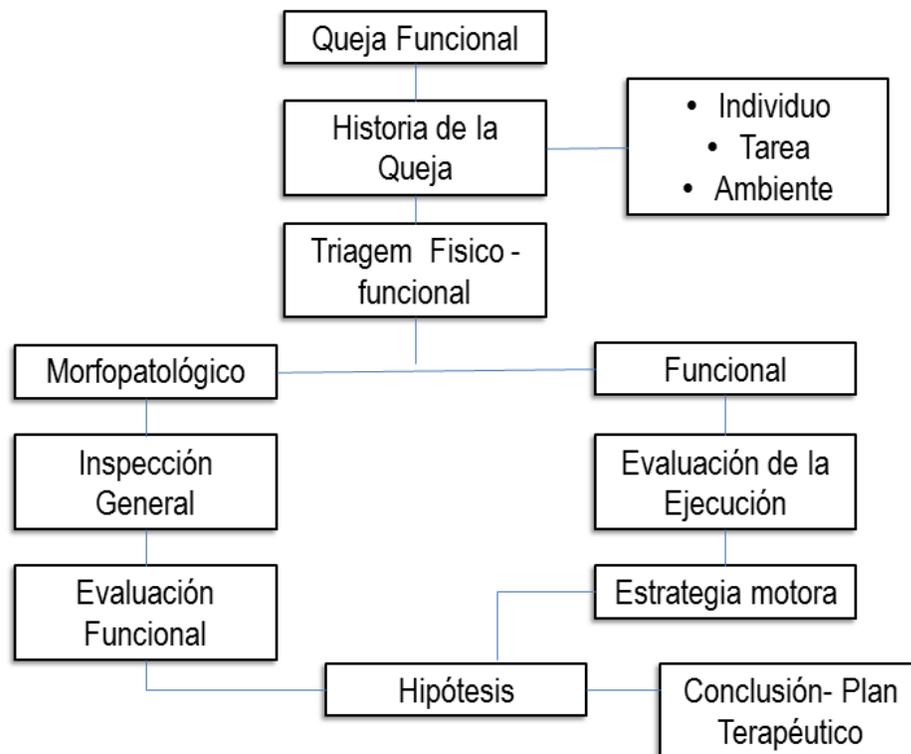
Primero, el movimiento normal surge de la interacción entre muchos sistemas, cada uno contribuye con acciones diferentes organizándose alrededor de un objetivo conductual según las necesidades inherentes de la actividad realizada, proponiendo que cuando se reentrena el control motor es necesario trabajar en actividades funcionales reconocibles.

Segundo, supone que la organización del movimiento está determinada por varios aspectos del entorno, surgiendo de la interacción del individuo con el ambiente para llevar a cabo una actividad funcional, de este modo se relaciona con el aprendizaje motor cuando este se describe como el resultado de la interacción del individuo, la tarea y el medio ambiente.

Por último, propone que la sensación del movimiento contribuye con el control motor predictivo y adaptativo. La predicción del movimiento antecede al control en la medida en que convierte los comandos motores en consecuencias sensoriales esperadas mientras que el control decide las consecuencias en los comandos motores. Como resultado, las personas pueden aprender a predecir las consecuencias de sus acciones antes que el control de las mismas. (Randall Flanagan, 2003)

Del mismo modo, la perspectiva orientada a la actividad sugiere que los pacientes aprenden mediante la resolución activa de problemas de una actividad funcional, en vez de mediante la práctica repetida, facilitando la adaptación a diferentes contextos y dándole a conocer al paciente una variedad de formas para lograr el objetivo de una actividad.

Basados en estos principios, el laboratorio de Investigación de Reeducción de la Postura y el Movimiento, desarrollo el siguiente flujograma de raciocinio para orientar la evaluación y la práctica terapéutica:



**Figura 2-1:** Flujograma de valoración y evaluación Clínica de la Reeducción Funcional

Los conceptos fundamentales del flujograma se describen a continuación:

**Queja Funcional:** hace relación al motivo de consulta del paciente, su aparición generalmente está relacionada con una actividad funcional o con una patología específica que afecta el desempeño en las actividades cotidianas del paciente.

**Historia de la Queja:** es la recolección de todos los datos que el paciente relaciona con la aparición de la queja funcional, en ella se tienen en cuenta actividades concretas en las cuales se describe la tarea, las características del individuo y del ambiente en el que se lleva a cabo la actividad.

Estrategia motora: es la forma en que una persona organiza la información sensorial y perceptiva necesaria para efectuar una tarea y como esta cambia bajo diferentes condiciones.

El concepto de reeducación funcional incluye un marco de trabajo integral en que se tiene en cuenta cada uno de los factores que determina la aparición y consecuente evolución de una queja funcional, iniciando desde la recolección de los antecedentes y el histórico de la queja, que lleva a comprender el origen de la misma como resultado de un déficit morfológico o como resultado de una actividad funcional que no ha sido ejecutada correctamente. La historia de la queja incluye todos los factores que determinan el movimiento y su posible afectación, es decir, la interacción del individuo, el ambiente y la tarea.

Después de recolectar la historia el análisis continua con la evaluación de los factores morfológicos y/o funcionales que justifican la queja o el motivo de consulta, en este momento la evaluación específica y/o funcional se convierte en la mejor herramienta para identificar la **estrategia** causante de la queja. La identificación de la estrategia no se limita a la evaluación de patrones motores utilizados en la acción, sino que incluye la forma en que la persona se organiza para efectuar una tarea teniendo en cuenta la información sensorial y perceptiva necesaria para llevarla a cabo (Shumway-Cook & Woollacott, 1995). La estrategia motora determina el desempeño del paciente y depende de factores como la relación entre las exigencias de la tarea, las motivaciones personales, las capacidades individuales, la forma en que se realiza la tarea y finalmente la capacidad del paciente para escoger la estrategia más eficiente para una actividad determinada (Welford, 1976).

Al Identificar la estrategia es necesario generar hipótesis, estas hacen referencia a las posibles explicaciones sobre porque el paciente se mueve de cierta forma para lograr la independencia funcional; permite explicar las causas potenciales de los trastornos motores funcionales y su potencial tratamiento. El planteamiento de las hipótesis, orienta la toma de decisiones clínicas mediante la evaluación específica y la confirmación de los agentes causales de la limitación funcional así como su posible tratamiento. Las hipótesis como posibles explicaciones verificables transforman al terapeuta en un solucionador de problemas validando o invalidando una teoría sobre la alteración motora y la organización del movimiento en un paciente para lograr independencia funcional. (Shumway-Cook A,

2000). Entender la causa y naturaleza del movimiento está unido a entender y combinar la información de diferentes fuentes esenciales que logran el movimiento como un todo y no como diferentes fragmentos que lo conforman. (Shumway-Cook & Woollacott, 1995).

En resumen el método de evaluación con reeducación funcional de la postura y el movimiento surge como una filosofía de trabajo que tiene como objetivo principal determinar el grado funcional del paciente mediante la identificación de estrategias motoras que justifican una queja funcional y que son confirmadas con la comprobación o anulación de hipótesis que a la vez orientan el tratamiento.

Con relación a lo anterior, la definición del tratamiento se basa en tres características fundamentales que determinan la organización de la estrategia motora según el concepto de reeducación funcional: la estabilidad central como orientador del alineamiento postural y la activación de sinergias motoras correctas.

El concepto de estabilidad central empezó a tomar fuerza desde finales de la década de los 90's con el desarrollo de diversos estudios que demostraron cambios en la activación muscular central en pacientes con dolor lumbar crónico (Lederman, 2010). La investigación acerca del control del tronco ha tenido una importante contribución para el entendimiento de la reorganización neuromuscular y de los cambios en las estrategias motoras derivadas de la lesión y el dolor (Hodges P. , 1996).

Estudios de estabilidad central demuestran que la contracción del piso pélvico y los músculos abdominales está correlacionada con incrementos en la presión intrabdominal necesaria para diversas tareas posturales. Cuando la estabilidad del tronco cambia por fuerzas de reacción debidas a movimientos voluntarios de las extremidades u otros factores internos o externos, la contracción del musculo transverso antecede la actividad muscular agonista, sugiriendo que esta respuesta puede estar preprogramada por el sistema nervioso central (Hodges P. R., 1997) y dirigida principalmente por la actividad del sistema vestibuloespinal.

El papel primario del sistema vestibuloespinal es la referencia vertical para el control del tronco en el espacio, siendo mayor su contribución cuando la superficie de soporte es inestable (Horak F. , 1996). El sistema vestibuloespinal, realiza esta función por medio de la activación de la musculatura axial, es decir, los músculos profundos cortos propios de la columna vertebral así como los músculos del suelo pélvico y las fibras tónicas

abdominales. Estos son los principales responsables de las adaptaciones posturales, es decir, los ajustes anticipatorios y las reacciones de equilibrio.

Las reacciones posturales de equilibrio ocurren en respuesta a las alteraciones en la señalización de la información causada por el movimiento, estas reacciones por definición no pueden corregir las condiciones iniciales del desequilibrio, por el contrario, los ajustes posturales anticipatorios resultan de la acción de vías adaptativas, estas ocurren antes del inicio de los desequilibrios causados por el movimiento intentando recuperar el control del mismo; los ajustes anticipatorios cumplen principalmente la función de minimizar los desequilibrios posturales en términos de balance y orientación postural es decir, preparación postural para el movimiento por medio de adaptaciones del centro de gravedad antes de los movimientos de las extremidades y asistencia en el movimiento en términos de fuerza y velocidad, entre otros (Massion, 1998).

Además, la posición vertical en el ser humano es notoriamente inestable debido a varios componentes: el componente mecánico (centro de la masa y una pequeña zona de soporte), el componente anatómico (el diseño de múltiples articulaciones) y los factores fisiológicos (retroalimentación sensorial y la producción de fuerza muscular). Cuando una persona de pie realiza una acción que conduce a una perturbación postural o espera una perturbación postural externa, los cambios en los niveles de activación de los músculos posturales se observan antes de la hora de la perturbación; estos cambios han sido tratados como ajustes posturales anticipatorios que tienen como propósito generar una fuerza y momentos de fuerza dirigidos en contra de la perturbación, estos ajustes a su vez se modifican de acuerdo a la demanda de la acción con otro tipo de preparación postural.

En estudios recientes, los ajustes de sinergias anticipadas se han documentado como patrones de activación muscular, analizados para identificar los grupos musculares y niveles de activación muscular en cada grupo. (Latash, 2011)

Los cambios en los ajustes de sinergia anticipada en los niveles de activación muscular individual y en las variables mecánicas de preparación postural a la acción/perturbación suponen que el sistema de control es jerárquico con niveles altos que incluyen las variables de control basadas en la tarea, y niveles bajos que representa los músculos y la información proveniente de la retroalimentación de los receptores periféricos (Latash, 2010).

Las interacciones mecánicas y sensoriales con el medio ambiente y el cuerpo, se dirigen a la producción de la mínima activación del músculo debido a las limitaciones impuestas por la anatomía del cuerpo y el medio ambiente. Cuando un conjunto de variables de control se mantiene sin cambios en un campo de fuerza externa constante, el sistema "cuerpo-medioambiente " alcanza un equilibrio (un estado postural), mientras que los cambios en cualquiera de las variables de control o fuerzas externas producen el movimiento dirigido a un nuevo equilibrio.

Dentro de este esquema, los ajustes posturales pueden implicar cambios produciendo un balanceo del cuerpo hacia un nuevo estado de equilibrio y el resultado es un cambio neto del centro de presión, esto último puede dar lugar a cambios paralelos en los niveles de activación de músculos agonistas y antagonistas (Slijper y Latash 2000, Li y Aruin 2007) y también producir cambios en la postura.

Es importante tener en cuenta que en este contexto, la palabra estabilización, no implica estabilidad mecánica (respuesta a una pequeña perturbación) de hecho, el significado de "estabilidad" está íntimamente ligada a la estabilidad dinámica del sistema corporal (Martin, 2009).

El análisis y tratamiento dentro de este enfoque también se realiza con la identificación de los grupos musculares y de los niveles de activación muscular importantes para el control del movimiento y de la postura (sinergias estabilizantes) (Latash 2012).

El sistema nervioso central utiliza las sinergias musculares como una forma de simplificar el control del movimiento, afirmando que el cerebro no entiende solo de músculos sino de movimientos; una sinergia es un grupo de músculos que actúan juntos para efectuar una actividad funcional, las sinergias no son invariables, es decir, se ensamblan para realizar una actividad, por lo cual son flexibles y adaptables a las necesidades cambiantes. (Chiel & Ting, 2010)

Las sinergias musculares son los elementos básicos de la producción del movimiento pueden proveer flexibilidad para la adaptación motora, pero también, restringen los patrones de movimiento. Las sinergias musculares, le permiten al cuerpo reconfigurarse rápidamente de una manera diferente dependiente del contexto (Chiel & Ting, 2010) construyendo un amplio rango de comportamientos motores (Ting, 2007).

Para una tarea motora, varias sinergias musculares son activadas en combinaciones variables para producir un comportamiento motor. La actividad de cada sinergia muscular esta activada direccionalmente para responder a un movimiento específico del centro de masa durante el movimiento voluntario y/o en los ajustes posturales reactivos, sugiriendo un vínculo entre la actividad de la sinergia muscular y los centros superiores de control motor.

Las sinergias motoras y la estabilidad central determinan la organización de las estrategias motoras que serán eficaces para el control de la postura. (Shumway-Cook & Woollacott, 1995).

Del mismo modo, el alineamiento corporal en la postura permite servir de interface entre el cuerpo y el mundo externo para la percepción y la acción, por ejemplo, la posición de la cabeza se usa como marco de referencia para percibir el movimiento de la misma y el cuerpo con respecto al mundo externo y asimismo ajustar su propia posición y orientación. Además, la orientación de los segmentos corporales, la cabeza y el tronco sirven como marco de referencia para calcular la posición de los objetos en el espacio y planear la trayectoria adecuada para los alcances, los agarres y en general la mayoría de actividades funcionales. (Massion, 1998).

En resumen, el sistema nervioso central organiza la respuesta postural para el control del movimiento principalmente por medio de mecanismos anticipatorios de control de la presión intrabdominal, en estos se incluyen la respiración, el control postural del eje axial (equilibrio flexor-extensor) y el control proximal de las extremidades, este último, influenciado por patrones de activación muscular del tronco. Los efectores de estos mecanismos son las sinergias musculares o sinergias estabilizadoras en la que participan fundamentalmente el musculo transverso, el diafragma, los músculos del piso pélvico y el multifidus, estas sinergias proveen patrones de control postural complejos y adaptables que facilitan el movimiento y la alineación postural minimizando el gasto de energía corporal (Key, 2013).

## **2.6. Evaluación Funcional del Balance**

La estabilidad postural y el balance son definidos como la habilidad para mantener y retornar el cuerpo al punto de equilibrio cuando es expuesto a una perturbación. Puesto

que el cuerpo humano no es estáticamente estable, se requiere un sistema de control necesario para estabilizarlo. Este sistema de control es llamado sistema de balance o sistema de control postural y es necesario para establecer la medición del desempeño del mismo en cualquier condición. (Karlsson, 2000).

Para el mantenimiento del balance las personas necesitan una correcta coordinación entre la información aferente proveniente de los sistemas propioceptivo, visual y vestibular y los programas motores para los ajustes de la postura durante las actividades funcionales, el balance es necesario para el desempeño correcto de un movimiento con propósito, el mantenimiento del equilibrio y para mantener una postura apropiada durante cualquier movimiento (Rugelj, 2010).

Este sistema postural va a asegurar principalmente dos capacidades (Sanz, 2003) :

**Estabilidad:** se refiere a la capacidad para mantener la proyección del centro de gravedad dentro de los límites de estabilidad. Los límites de estabilidad (LE) representan el perímetro de las distintas posiciones del centro de gravedad en el que el sujeto no requiere modificar su base de soporte. El desplazamiento anteroposterior máximo teórico de los sujetos normales es de  $12,5^\circ$  ( $8,25^\circ$  anterior y  $4,25^\circ$  posterior) y el mediolateral es de  $16^\circ$ .

**Orientación:** es la capacidad de mantener una relación adecuada de los segmentos corporales entre sí y el entorno para realizar una tarea.

De todas los posibles déficit sensoriomotores asociados con el ACV, las limitaciones en el control postural tienen probablemente un gran impacto en la independencia de las actividades de la vida diaria y la marcha, además, a pesar de muchas características biológicas y funcionales, el control postural es el mejor predictor para una vida independiente y demuestra una alta correlación con personas que perciben su discapacidad después de un programa de rehabilitación. El mejoramiento óptimo y rápido del control postural en pacientes con ACV, es esencial para su independencia, su participación social y su salud en general (Geurts & Haart, 2005).

Por lo anterior, para determinar la transferencia del aprendizaje de los pacientes en este estudio, el efecto del tratamiento con procedimientos de Reeducación Funcional fue evaluado sobre su influencia en el balance, para esto, se utilizó la herramienta de evaluación funcional el MiniBest test y el análisis del desplazamiento del centro de

presión en posición estática con ojos abiertos y ojos cerrados medido en la plataforma de fuerza.

### **2.6.1. MiniBest Test: Evaluación del balance dinámico**

El Balance Evaluation System Test (BESTest), es una herramienta de evaluación clínica del balance desarrollada por la Dr. Fay B Horak, profesora de Neurología e Ingeniería Biomecánica de la Oregon Health and Science University y Directora del Balance Disorder's Laboratory de la Universidad de Oregón, donde se desarrollan nuevos instrumentos de evaluación y rehabilitación del balance para pacientes neurológicos.

La creación de esta herramienta tiene como punto de partida la hipótesis de que los problemas de balance son la razón más común de caídas y de disminución de la calidad de vida en los pacientes y que el control del balance se basa en sistemas complejos subyacentes que pueden verse afectados por la enfermedad y las lesiones, de ahí la importancia de evaluar los sistemas específicos afectados en cada paciente con el fin de desarrollar tratamientos efectivos (Horak F. , 2009).

El déficit del balance es uno de los problemas más comunes tratados por los Fisioterapeutas y aunque muchas herramientas clínicas estén diseñadas para poner a prueba un solo sistema de balance basados en modelos anteriores de control motor (jerárquico y reflejo) el control del balance es un proceso complejo que involucra diferentes sistemas, por lo cual esta herramienta de evaluación se basa en el concepto de Bernstein (Teoría de Sistemas) y permite así especificar que cada sistema está dirigido por mecanismos neurofisiológicos que controlan un aspecto particular del control postural y a su vez muchos de estos sistemas son independientes unos de los otros respecto a los circuitos neuronales implicados, tal que diferentes patologías pueden involucrar daños en diferentes sistemas. (Horak, Wrisley, & Frank, 2009).

Generalmente las herramientas de evaluación clínica del balance no se centran en la identificación de los subsistemas involucrados en el control postural y responsables del pobre balance funcional (Horak, Wrisley, & Frank, 2009), es así como esta herramienta

surge como una opción de superar la falta de instrumentos que evalúen de una manera específica los subsistemas involucrados en el balance e identifique cuál de estos puede ser el responsable por el pobre balance funcional en un paciente y guiar la intervención (Campos, 2012).

El marco conceptual para el desarrollo de la BESTest como herramienta que separa el control del balance en subsistemas subyacentes se basa en la literatura científica y en estudios del laboratorio de trastornos posturales en personas de edad avanzada y en personas con trastornos neurológicos; la evaluación de los subcomponentes que subyacen al balance inicialmente fue sugerida como una evaluación cualitativa por Horak y Shumway-Cook en sus cursos de educación médica continua entre los años 1990 y 1999, después Horak y Frank desarrollaron la BESTest con la colaboración de miles de profesionales en terapia física que contribuyeron al desarrollo continuo de esta herramienta proporcionando información acerca de la claridad, la sensibilidad, y la practicidad de los ítems a través de 38 talleres de educación continua entregados por Horak entre los años 1999 y 2005. (Horak, Wrisley, & Frank, 2009)

En la actualidad las pruebas de evaluación clínica del balance se dirigen a predecir el riesgo de caída o dan resultados en términos de si existe o no un problema en el balance, en lugar de identificar el tipo de problema existente; a pesar de que estas pruebas han demostrado ser válidas en la predicción de caídas, con una sensibilidad y especificidad entre 80% a 90%, sus resultados no orientan directamente el tratamiento.

Con el objetivo de facilitar la identificación de los sistemas de control del balance y así permitir enfoques específicos de rehabilitación diseñados para diferentes déficits del balance (Horak, Wrisley, & Frank, 2009) la BESTest se proyecta como una nueva herramienta de evaluación clínica desarrollada para ayudar a los profesionales de Fisioterapia a identificar los subsistemas de control postural responsables del poco balance funcional y dirigir el tratamiento específicamente a estos, con un abordaje correcto y eficiente de los déficits presentados en pacientes con un mismo diagnóstico clínico pero que presentan alteraciones diferenciadas en el balance y/o en pacientes que presentan diferente diagnóstico clínico y el mismo tipo de alteración clínica del balance (Campos, 2012), sin embargo, si un paciente presenta dificultad en una sección en particular del BESTest, la terapia no se debe limitar a las tareas difíciles para el paciente,

sino que debe responder al déficit en el subsistema del control postural responsable del balance. (Horak, Wrisley, & Frank, 2009)

Como se ha señalado anteriormente el balance se basa en sistemas complejos subyacentes, es así que para el mantenimiento de la postura el sistema de control postural realiza tres funciones: estabilización, sustentación y equilibrio, las cuales se logran gracias a la información sensorial (Wieczorek, 2003); el sistema visual proporciona información sobre la posición y movimiento de un objeto en el espacio (exterocepción), la posición y movimiento de los miembros relativo al ambiente y al resto del cuerpo (propiocepción visual) por medio de los ojos, siendo de gran importancia en el mantenimiento de la postura y el movimiento; el sistema somato sensorial proporciona información sobre la posición del cuerpo en el espacio relativo a la superficie de soporte, siendo más efectivo en perturbaciones rápidas; el sistema vestibular proporciona información sobre la posición del movimiento de la cabeza con respecto a la fuerza de gravedad y fuerzas inerciales, siendo efectivo en la detección de aceleraciones rápidas.

Para un correcto balance, el sistema de control postural necesita informaciones sobre las posiciones del cuerpo y la magnitud de las fuerzas que están actuando sobre él; proporcionada mediante tres tipos de sensores que actúan de forma compleja, integrada y a su vez diferenciada para cada perturbación sobre el cuerpo humano (Duarte, 2000) por tanto, las respuestas del control postural tienden a ser específicas a la tarea y a la perturbación (Wieczorek, 2003). Es así que el control de la postura es el resultado de la integración de información sensorial (visual, vestibular y propioceptiva) y las propiedades activas y pasivas del sistema musculo esquelético y el sistema nervioso (Shumway-Cook & Woollacott, 1995).

Durante el mantenimiento de la postura en respuesta a perturbaciones posturales o durante desplazamientos voluntarios del centro de gravedad, las estrategias de movimiento y patrones de actividad muscular pueden ser organizados en diferentes maneras que permiten minimizar las perturbaciones posturales y mantener así el equilibrio y orientación postural (Duarte, 2000), esta estabilidad corporal va a depender no solo de la información sensorial proporcionada sino también de las características biomecánicas del cuerpo en movimiento, las demandas de la tarea, la base de apoyo y de las características del ambiente (Wieczorek, 2003).

En relación a lo anterior, el sistema de evaluación BESTest es la primera herramienta de evaluación del balance que incluye un método clínico para evaluar la verticalidad y las respuestas posturales a las perturbaciones externas (Horak, Wrisley, & Frank, 2009).

Actualmente la BESTest es la única herramienta que proporciona la evaluación de los subsistemas implicados en la adquisición y mantenimiento del balance: Biomecánica, Límites de Estabilidad y Verticalidad, Ajustes Posturales Anticipatorios, Respuestas Posturales, Orientación Sensorial y Estabilidad en la Marcha, además es fácil de administrar y cuenta con una excelente confiabilidad y muy buena validez siendo de esta manera la herramienta de evaluación clínica de balance más completa disponible actualmente (Horak, Wrisley, & Frank, 2009). En estudios recientes desarrollados por Padgett y cols se señaló que la BESTest demostró ser fiable en una cohorte de individuos con y sin diagnósticos neurológicos y su validez fue confirmada, además exhibió alta confiabilidad Test–Retest (Padgett y Cols 2013)

El BESTest puede ser evaluado de 4 a 6 ítems de calificación para cada uno de los dominios de la evaluación del balance, y tarda cerca de 35 minutos en aplicarse comparado con los 15 minutos que tardan otras herramientas de evaluación del balance como la escala de Berg, limitando su uso rutinario en el ámbito clínico (Franchignoni, 2010), para dar solución a esta limitación este instrumento de evaluación cuenta con una versión corta de aplicación, el MiniBESTest.

El MiniBESTest es una versión más corta y de rápida aplicación desarrollada por Franchignoni (2010) para hacer frente a las posibles limitaciones de redundancia de la BESTest y larga duración de la prueba; esta versión se identificó como un subconjunto de los elementos originales de la BESTest y surgió como resultado de la validación del instrumento clínico en diferentes investigaciones para evaluar la relevancia de cada ítem en la medición de cada uno de sus constructos, dando así como resultado una herramienta más corta y de fácil aplicación que se centra en la evaluación del balance dinámico.

En concreto, los elementos que definen el mini BESTest representan una construcción singular denominada “balance dinámico”, identificado por el análisis psicométricos tipo Rasch, pero excluyendo los sistemas asociados a las restricciones mecánicas y límites de estabilidad (Padgett y Cols 2013), esta herramienta tiene un total de 14 ítems que evalúan separadamente el lado derecho e izquierdo del cuerpo, los ítems son calificados

en una escala ordinal de 0 a 2 siendo 28 el puntaje máximo y 0 el mínimo (Campos, 2012). A continuación se presentan las características de cada una de las categorías incluidas en esta herramienta de evaluación y su relación con el control postural:

- Ajustes posturales y anticipatorios

Incluye tareas que requieren un movimiento activo del centro de masa del cuerpo en previsión de una transición postural de una posición del cuerpo a otra en un movimiento voluntario. Depende de la interacción de áreas motoras suplementarias con los ganglios basales y el tallo cerebral. Sus alteraciones resultan en inestabilidad durante la iniciación del paso o durante movimientos rápidos de los miembros superiores en posición bípeda. (Burleigh-Jacobs, Horak, & Obeso, 1997)

- Respuestas posturales reactivas

Incluye las respuestas compensatorias a una perturbación externa inducida por las manos del examinador utilizando el singular “empuje–liberación” para inducir una respuesta postural automática con los pies del paciente en el lugar donde se encuentra ubicado. Este sistema incluye ítem para la representación interna de como el cuerpo se puede mover sobre la base de soporte durante la pérdida del balance, así como la percepción interna de la posición vertical. (Burleigh-Jacobs, Horak, & Obeso, 1997).

- Orientación sensorial

Identifica un aumento de balanceo del cuerpo asociado con la alteración de la información visual o de la información somato sensorial de superficie de soporte para el control del equilibrio en bipedestación.

- Estabilidad en la marcha

Incluye la evaluación del equilibrio durante la marcha, cambios de velocidad y obstáculos durante el recorrido, tiempo de ejecución durante el test “Get Up &Go”.

A través de análisis comparativos y psicométricos la versión condensada de la BESTest, el miniBESTest fue desarrollado para mejorar la utilidad clínica, otorgando un periodo de tiempo sustancialmente más corto para su aplicación, de esta manera reduce el tiempo necesario para evaluar el balance conservando su utilidad en la identificación de posibles caídas en pacientes con diferentes condiciones clínicas neurológicas siendo así una

herramienta con alta confiabilidad Test - Retest (Duncan, 2013) fiable y válido para evaluar el balance en personas con accidente cerebro vascular crónico con leve a moderado deterioro neurológico (Charlotte y Cols 2013) con un mínimo equipo necesario para su realización: un bloque de espuma, una rampa y un cronometro.

En conclusión, la contribución más importante del sistema de evaluación BESTest y miniBESTest es proporcionar un marco conceptual en torno al cual evaluar y tratar a los pacientes con diferentes tipos de problemas de balance y su éxito depende de lo útil que sea para ayudar al profesional en la organización de la evaluación sistemática de los trastornos del balance para desarrollar tratamientos específicos basados en las restricciones de cada individuo, teniendo en cuenta que el ejercicio terapéutico no es mejor diseñado con base a la patología, debido a que la capacidad funcional de cada paciente es multifactorial y no solo depende de la patología sino de diferentes factores como la compensación, la experiencia, la motivación, patologías previas, la edad, entre otras. (Horak, Wrisley, & Frank, 2009), y aunque son necesarios más estudios que confirmen completamente la validez y la fiabilidad tanto de la BESTest y el miniBESTest, estas herramientas siguen siendo la mejor opción respecto a otras utilizadas para evaluar el balance en pacientes con diferentes patologías logrando la identificación de problemas específicos del control postural y así dirigir el tratamiento (Charlotte S y cols 2013).

Por otro lado, medidas sensibles, confiables y clínicamente significativas del balance y la marcha son críticas para la evaluación clínica, así como para estudios de rehabilitación e intervención de pacientes con trastornos neurológicos y condiciones que llevan a mayor riesgo de caída. En el proceso de rehabilitación y tratamiento, las mejoras y progreso son difíciles de medir clínicamente, por esta razón la tecnología podría ser útil para cumplir este objetivo cuantificando el balance y la marcha con mayor sensibilidad y objetividad mediante exámenes clínicos; generalmente la rehabilitación de la enfermedad neurológica se basa en la observación subjetiva, lo cual conlleva a limitaciones en el control del progreso de la enfermedad, en determinar la eficacia de la intervención y en la detección y oportuna atención de personas con déficits de movilidad leves (Mancini<sup>1</sup> & Horak, 2012)

Actualmente y bajo los avances de la tecnología se han propuesto alternativas en laboratorios de evaluación del balance, que adelantan estudios de posturografía dinámica

para obtener medidas de la marcha y el equilibrio que proporcionen mayor sensibilidad en la medición de déficits de movilidad sutiles en el ámbito clínico.

A pesar de las ventajas potenciales de estos sistemas instrumentales, en la práctica clínica no se ha proporcionado orientación necesaria sobre la sencillez y la exactitud de estos instrumentos para guiar la terapia, esta es una de las razones por las cuales las investigaciones y las aplicaciones clínicas continúan.

Un ejemplo de esto es el desarrollo de la versión instrumentada de la BESTest (IBEST), de Fay Horak, que utiliza software de análisis instrumentado de diferentes pruebas como:

- Timed-up and go (ITUG): Esta prueba ha sido ampliamente utilizada como una medida clínica del balance y la movilidad en adultos mayores y pacientes con enfermedades neurológicas. La instrumentación de esta prueba se basa en la detección de alteraciones del balance y la marcha que no son clínicamente evidentes. Esta prueba instrumentada caracteriza objetivamente parámetros cinemáticos del cuerpo superior, inferior y el tronco durante las transiciones posturales (giros y sentarse y levantarse) y la marcha. (Zampieri y cols 2011)
- Instrumented test of postural Sway (ISWAY): Prueba que mide objetivamente amplitud, velocidad, frecuencia y oscilación postural en direcciones lateral y anterior- posterior mientras los pacientes se mantienen de pie con los brazos a los lados; es una prueba instrumentada de balanceo postural que utiliza acelerómetros sobre el cuerpo para obtener una medida objetiva del control postural. (Mancini y cols 2012)
- Instrumented Stand and Walk (ISAW): Prueba diseñada para combinar las medidas de balanceo postural y ajustes posturales anticipatorios con otras medidas cinemáticas (velocidad, rango de movimiento, etc), durante la iniciación de paso, la marcha y los giros sobre un eje. Los pacientes son instruidos para mantenerse de pie por 30 segundos, caminar a velocidad confortable por siete metros, girar 180° y caminar nuevamente hacia el punto de partida (Mancini y cols 2011)
- Instrumented Long Walk Plugin (IWALK): Esta prueba no tiene un protocolo estandarizado, los pacientes pueden caminar distancias entre 7

metros hasta 7 kilómetros. Evalúa parámetros que permiten medir variabilidad, coordinación y asimetría durante la marcha. (Mancini y cols 2011)

### **2.6.2. Plataforma de Fuerza: medición estática del Balance**

Estudios previos en pacientes con ACV han identificado reducción de la carga de peso en la pierna parética, incremento del balanceo postural en la posición bípeda estática así como retrasos y alteraciones en las reacciones de equilibrio y en los ajustes posturales anticipatorios, especialmente en la pierna afectada, esta combinación de déficit posturales causa poco rendimiento motor durante las actividades de la vida diaria (Haart & Geurts, 2004).

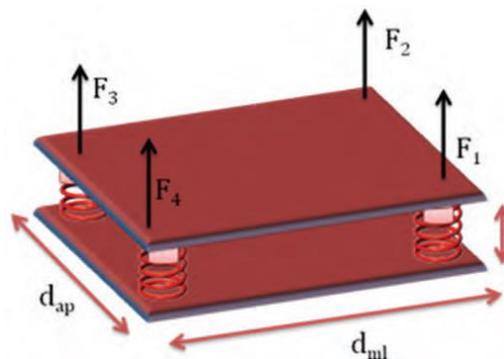
Además, una limitación del sistema de balance postural puede reducir la estabilidad, resultando en un incremento en el balanceo corporal y/o en la alteración de las estrategias de movimiento. Durante la posición bípeda normal el balanceo medio-lateral está controlado principalmente por el uso de estrategias de carga y descarga y en posición antero-lateral principalmente por medio de la estrategia de tobillo, en este caso el cuerpo se comporta como un péndulo invertido pivoteando a través de la articulación del tobillo; si el cuerpo es expuesto a una perturbación mayor, la estrategia de cadera o paso pueden utilizarse para evitar la caída (Winter, 1993).

Con relación a las estrategias de recuperación del balance, el modelo más común para caracterizar el control postural durante el bípedo estático es el péndulo invertido. En este modelo el control postural es definido por la relación entre el centro de presión (COP) y el centro de masa (COM) (Lafond & Duarte, 2004). Muchos investigadores han evaluado la estabilidad postural por medio del análisis de la variación en el tiempo de las coordenadas del centro de presión medido con la plataforma de fuerza. (Karlsson, 2000).

Siguiendo este enfoque, la estabilometría permite valorar la estrategia postural que utiliza el ser humano para el mantenimiento de la postura bípeda mediante el registro de las desviaciones del COP.

Según la American Academy of Neurology (AAN, 1993), la estabilometría tiene como objetivo apreciar la calidad del sistema de regulación postural cuantificando los componentes sensoriales que contribuyen al mantenimiento del equilibrio y la integración sensoriomotora de los sujetos en posición ortostática.

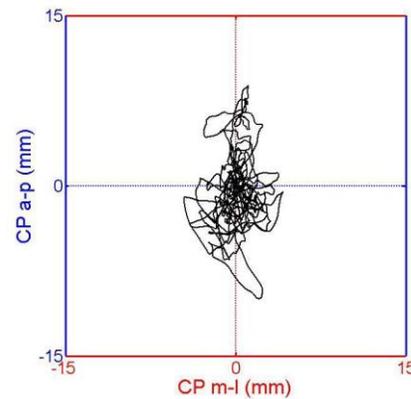
El análisis estabilométrico, está determinado por la plataforma de fuerza que provee las coordenadas del COP en el plano sagital y coronal según las oscilaciones del cuerpo. Consiste en una placa con sensores de fuerza (generalmente cuatro) dispuestos para medir las tres componentes de la fuerza  $F_x$ ,  $F_y$  y  $F_z$  y las tres componentes el momento de la fuerza  $M_x$ ,  $M_y$  y  $M_z$  ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  representan la dirección de la fuerza o momento en sentido antero-posterior, medial - lateral y vertical respectivamente) que actúa sobre la plataforma (Figura 2-2). El centro de presión (COP) o baricentro corporal, es la representación bi-dimensional del punto en el cual se proyecta el vector de reacción del suelo, representa el promedio de todas las presiones sobre la superficie del área en contacto en el plano sagital (desviaciones en sentido antero-posterior) y en el plano coronal (desviaciones en sentido latero-lateral) (Horak F. , 1996). Se reconoce que entre más alineado el cuerpo, menos gasto de energía requiere para mantenerse en equilibrio es decir, entre menores las oscilaciones del COP mejor es la ejecución del control postural.



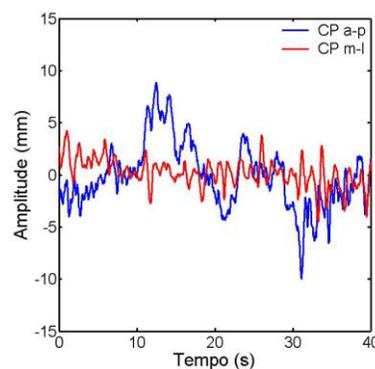
**Figura 2-2:** Plataforma de fuerza. Las fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  soportadas por el plato superior son calculadas por medio de cuatro células de carga. La inestabilidad depende de los cuatro resortes con una altura  $X$ . Aquí,  $d_{ml}$  es la distancia mediolateral y  $d_{ap}$  es la distancia antero-posterior de la plataforma. Tomado de Petrocci K. "Measurement of Postural Control Through Stabilometry- a Literature Review". 2011.

### Estatocinesigrama y estabilograma

El estatocinesigrama es el mapa del desplazamiento del COP en sentido anteroposterior ( AP Cp ) versus el desplazamiento del COP en sentido mediolateral ( CP m – l, Figura 2-3), mientras el estabilograma es la serie temporal del COP en cada sentido anteroposterior y mediolateral (Figura 2-4). Estos datos tomados sobre un periodo de tiempo se muestran en varias formas de gráficos que han sido estandarizadas por la Sociedad Internacional de Posturografía.



**Figura 2-3:** Estatocinesigrama. Ejemplo de un estatocinesigrama de un individuo en posición bípeda estática por 40 segundos. Tomado de Sandra M. *“Métodos de Análise do Controle Postural”*. Laboratorio de Biofísica, Escuela de Educación Física y Deporte, Universidad de São Paulo.



**Figura 2-4:** Estabilograma. Ejemplo de un estabilograma de un individuo en posición bípeda estática por 40 segundos. Tomado de Sandra M. *“Métodos de Análise do*

*Controle Postural*". Laboratorio de Biofísica, Escuela de Educacio Física y Deporte, Universidad de São Paulo.

La información captada es transmitida a un sistema informático que registra las coordenadas del centro de presión, el cual representa una buena estimación de la posición del centro de gravedad si el cuerpo se mueve lentamente. Pueden analizarse distintos parámetros de las coordenadas del centro de presión relacionados con su posición media, su trayectoria en el eje anteroposterior o mediolateral, o la variación de su posición en función del tiempo. Los más utilizados habitualmente son la posición media del centro de presión en cada eje y las medidas de dispersión de las coordenadas del centro de presión plantar (Pérennou, 2005). El balanceo u oscilación postural es considerado en la actualidad un importante indicador de la función de equilibrio, es decir, el indicador es la variación de la distancia recorrida o el desplazamiento por el centro de presión. Esta distancia es proporcional a la energía consumida por el sujeto para mantener el equilibrio (puesto que energía es el producto de la fuerza por la distancia recorrida).

Diversos estudios sugieren que las tareas posturales con mayores valores de oscilación del centro de presión están relacionados con mayor inestabilidad postural, es decir, a menor área de desviación del COP mejor estabilidad postural (Liebenson y col. 2002); en este caso, el paciente ha conseguido utilizar efectivamente las estrategias de balanceo, para iniciar los cambios de movimiento con mayor rapidez y mejor equilibrio, además, ha conseguido un mejor alineamiento del cuerpo y de la carga postural disminuyendo la acción de la fuerza de la gravedad sobre el cuerpo, mejorando asimismo el tono muscular y el tono postural.

## **CAPITULO III**

Este capítulo presenta la descripción de la pasantía, sus fases, la formulación y delimitación del problema de investigación, la metodología, recursos, presupuesto y cronograma establecidos para el correcto desarrollo de la misma.

### **3.Marco Metodológico**

El laboratorio de Investigación Fisioterapéutico de las alteraciones de la Postura y el Movimiento se encuentra ubicado en el Hospital Las Clínicas de la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Cuenta con equipamientos para la investigación como equipos Electromiográficos, de evaluación posturográfica con análisis cinético y cinemático y equipos de biofeedback para tratamiento específico.

#### **3.1. Descripción De La Pasantía**

La pasantía en el Laboratorio de Investigación Fisioterapéutica de las alteraciones de la postura y el movimiento de la Universidad de Sao Paulo, incluyo actividades académicas, asistenciales e investigativas y se llevó a cabo durante el segundo semestre en los meses de agosto a octubre del año 2013.

##### **3.1.1. Fases de la Pasantía**

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos y las actividades en la pasantía esta se desarrolló en 4 fases:

##### **Fase Documental**

Esta fase incluyó la revisión bibliográfica de documentos y búsqueda de antecedentes que respaldaron y dieron sustento teórico a la propuesta de investigación, la búsqueda se llevó cabo en bases de datos electrónicas de la Universidad Nacional de Colombia que incluyeron Science Direct, Access Medicine, Springer Journal, entre otras. Los descriptores utilizados incluyeron: Motor Learning, Stroke, Balance Postural, Retention/transfer Test, Motor rehabilitation, Stroke Recovery, etc. Esta revisión permitió plantear una mejor estrategia de trabajo para el desarrollo de la pasantía, además de constituir el referente teórico base sobre el cual se generó el tema y la metodología para la investigación.

### **Fase Propositiva**

En la Fase propositiva se llevaron a cabo actividades académicas, investigativas y de gestión que permitieron conseguir el apoyo de la Universidad Nacional y la Universidad de Sao Paulo y posterior aprobación de la pasantía y la propuesta de investigación.

Incluyó el planteamiento de un cronograma de actividades administrativas, académicas y asistenciales que se llevaron a cabo en la ejecución del proyecto.

Durante esta fase se presentó la propuesta de trabajo a las dos instituciones involucradas en el intercambio, se realizaron las modificaciones correspondientes y se gestionaron actividades para su posterior desarrollo.

### **Fase de Ejecución**

Como su nombre lo indica la fase de ejecución comprendió el cumplimiento de las actividades planteadas en la fase propositiva, estas incluyeron la participación de las estudiantes en el grupo de investigación para la comprensión de los procedimientos de Reeducción Funcional desarrollados en el Laboratorio, asimismo incluyó la interacción Fisioterapéutica con los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión determinados para llevar a cabo la investigación además de la atención a pacientes que asistieron para tratamiento por lesiones o quejas funcionales derivadas de una actividad deportiva. Durante esta fase se consolidó el documento final de la pasantía, describiendo en el mismo los resultados obtenidos en el estudio y los conocimientos adquiridos por las estudiantes durante su participación en el grupo de Investigación.

### **3.1.2. Actividades investigativas**

El componente investigativo de la pasantía se describe a continuación

#### **Contextualización del problema**

Basados en la revisión teórica realizada, el componente investigativo de la presente pasantía se centró en la posibilidad de evaluar la transferencia del aprendizaje motor (generalización) en pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular. Varios de los estudios presentados anteriormente, sustentan la idea de que los procesos de rehabilitación que incluyen la compensación y la recuperación motora tienen como fundamento principal el aprendizaje para la mejoría del desempeño motor (adquisición de nuevas habilidades) o la adaptación o refinamiento de habilidades previamente adquiridas. Para fortalecer las posibilidades de aprendizaje de las estudiantes, el estudio se realizó en el Laboratorio de investigación de Reeducción de la Postura y el movimiento del Hospital Las clínicas de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), en este lugar, se abrieron las posibilidades de un acercamiento a una filosofía de trabajo que incluye un método específico de valoración y tratamiento de los pacientes que tiene como eje fundamental la funcionalidad como orientador de la recuperación de los pacientes.

#### **Formulación del Problema**

##### **3.1.2.1. Pregunta De Investigación**

¿Cuál es la transferencia del aprendizaje motor después de un tratamiento con procedimientos de reeducación funcional en pacientes con antecedentes de Accidente Cerebrovascular?

##### **3.1.2.2. Delimitación Del Problema**

La existencia de estudios que evalúan el aprendizaje motor en pacientes con antecedentes de Accidente Cerebrovascular es limitada, una justificación para esta ausencia de investigación puede basarse en el hecho de que el aprendizaje motor tiene muchas formas de expresión que pueden afectarse diferentemente dependiendo de la localización de la lesión, otro factor importante que debe considerarse se basa en la dificultad de demostrar la normalidad en el aprendizaje motor en pacientes en quienes el desempeño motor ya está considerablemente afectado de base como en los pacientes con ACV (Krakauer, 2006), sin embargo, la revisión bibliográfica realizada para este proyecto sugiere que el daño ocasionado por una lesión que afecte las áreas sensoriomotoras como el producido en un ACV de arteria cerebral media afecta los procesos de control y ejecución de habilidades motoras pero no el aprendizaje de estas habilidades (Winstein, 1998) (Hanlon, 1996). Teniendo en cuenta este hallazgo, se plantea la evaluación de una capacidad motora que permita inferir la transferencia del aprendizaje motor mediante la observación y medición de un desempeño motor específicamente, el balance.

Una manera de enfocar este problema es el reconocimiento de que el mejoramiento funcional y la rehabilitación después de una lesión son fundamentalmente un proceso de aprendizaje; durante la terapia, los pacientes son guiados a través de la práctica para tratar de readquirir la habilidad de producir comportamientos perdidos después de la lesión, para ello, el cerebro se basa en los procesos neurofisiológicos fundamentales que uso para adquirir estas habilidades inicialmente y otros procesos de reorganización cerebral que aparecen tras la lesión, en general, las reglas básicas que gobiernan la adaptación de estos circuitos neuronales para codificar nuevos comportamientos no cambian después de la lesión. (Kleim, 2011) (Rijntjes, 2002)

La definición del aprendizaje motor también abarca un problema a considerar, cuando se habla de un cambio relativamente permanente en el desempeño (Schmidt, 1998) las mediciones del aprendizaje motor deben reflejar dichos cambios en el desempeño como resultado de la práctica (adquisición y retención) o la habilidad para inferir el aprendizaje motor en contextos diferentes (transferencia) (Christina, 1997)

El aprendizaje es más un cambio en el comportamiento y puede únicamente ser inferido cuando el mejoramiento de una habilidad se mantiene a través del tiempo (retención) o

se transfiere a diferentes contextos del movimiento (transferencia). La retención refleja como el mejoramiento cinemático se mantiene después de finalizar la práctica. El movimiento responsable de las variables de retención puede estar codificado en una representación motora almacenada en una red distribuida en corteza motora, incluyendo el área motora primaria, el área premotora y la corteza parietal (Rostami H. , 2009). La retención y la transferencia del aprendizaje en pacientes con antecedentes de Accidente Cerebrovascular se demuestra durante la ejecución del movimiento y la activación de áreas cerebrales no lesionadas, el desenmascaramiento de áreas neuronales específicas a través del entrenamiento y la existencia de conexiones cortico-corticales y su capacidad para generar comportamientos adaptativos (Krakauer, 2006) (Rijntjes, 2002) (Chen, 2002) que se reflejan específicamente en el mejoramiento del desempeño motor.

### 3.1.2.3. Definición de términos

- **Aprendizaje Motor:** Según Schmidt (1998), el aprendizaje motor incluye un grupo de procesos cognitivos asociados con la práctica, el entrenamiento y/o la experiencia que resulta en un cambio relativamente permanente en el comportamiento.
- **Test de Transferencia del aprendizaje motor:** Determina la generalización del aprendizaje, evalúa el grado por el cual el entrenamiento en la fase de adquisición produce un nivel motor que prepara a los pacientes para su desempeño en un contexto diferente al de la fase de adquisición.
- **MiniBest Test:** Herramienta de evaluación clínica del balance que tiene como objetivo ayudar al terapeuta a identificar los sistemas de control postural responsables de un pobre balance funcional.
- **Plataforma de fuerza:** método para la evaluación de la estabilidad postural mediante el análisis de las variaciones de las coordenadas del centro de presión (COP) durante la posición bípeda estática o dinámica.
- **Reeducación Funcional de la postura y el Movimiento:** La reeducación funcional de la Postura y el Movimiento es una filosofía de trabajo que tiene como

objetivo principal determinar el grado funcional del paciente mediante la identificación de estrategias motoras que justifican una queja funcional y que son confirmadas con la comprobación de hipótesis que a la vez orientan el tratamiento basado en la estabilidad central, el alineamiento corporal y la sinergia muscular.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Tipo de diseño y estudio**

La investigación corresponde a un diseño de estudio descriptivo, de reporte de casos, es un estudio práctico, factible y económico, sin embargo, su diseño no permite llegar a conclusiones generalizables. Será un estudio de seguimiento ya que se aplicaran test específicos para evaluar las variables del estudio, luego de que los pacientes reciban tratamiento con los procedimientos de Reeducción Funcional.

### **3.2.2. Población**

#### Criterios de inclusión:

- Pacientes con antecedentes de ACV de cualquier tipo de por lo menos 4 semanas de evolución.
- Pacientes que inicien tratamiento con procedimientos de reeducación funcional en el Laboratorio de Investigación de Reeducción de la Postura y el movimiento.
- Edad comprendida entre 50 y 65 años.
- Mínima asistencia en las actividades de la vida diaria (Calificación FIM mínima de 4)
- Calificación Mini Mental mínima de 20 puntos.
- Pacientes que quieran participar en el estudio.

#### Criterios de exclusión

- Afasia Global y sensitiva
- Déficit cognitivo importante que impida la comprensión de órdenes verbales básicas.

### **3.2.3. Consideraciones éticas**

Debido al diseño del estudio al categorizarse como un estudio piloto, no fue necesario el aval del comité de ética de la institución sin embargo, se confirmó que los procedimientos a los que se iban a someter los pacientes no eran diferentes a los procesos de rutina y no representaban ningún riesgo potencial para los pacientes.

Además se contó con el consentimiento y participación libre de los pacientes después de haberles descrito la metodología y los objetivos del estudio.

### **3.2.4. Evaluación**

Para determinar la transferencia del aprendizaje motor, se realizaron dos evaluaciones en dos de los casos, antes del tratamiento fisioterapéutico y al final dos días después de las 10 sesiones que duró el mismo. El caso número tres no completó el tratamiento y por tanto no realizó la segunda evaluación. En los tres casos se realizó la evaluación de balance funcional MiniBestest y la evaluación de la plataforma de fuerza en posición estática con ojos abiertos y ojos cerrados.

### **3.2.5. Tratamiento**

Dos de los tres casos recibieron 10 sesiones fisioterapéuticas individuales, realizadas dos veces por semana durante una hora para cada paciente. Previo al inicio del tratamiento se realizó un entrenamiento y orientación a las estudiantes acerca del método de evaluación y tratamiento de reeducación funcional desarrollado en el Laboratorio de Investigación.

La evaluación inicial para el tratamiento correspondió a la recolección de la historia de la queja funcional o motivo de consulta incluyó evaluación fílmica, evaluación funcional y/o

morfopatológica para determinar la estrategia motora, generar y descartar hipótesis que orientaran el tratamiento.

Los tres casos presentaban quejas funcionales relacionadas con la marcha. El tratamiento se basó en la relación de la estabilidad central con el alineamiento postural y la sinergia muscular en actividades funcionales. Dos de los tres pacientes recibieron tratamiento adicional para el manejo del hombro doloroso.

### **3.2.6. Análisis estadístico de los resultados individuales**

El análisis estadístico realizado para la evaluación de plataforma de fuerza y el MiniBestest para cada caso se llevó a cabo usando el test de Wilcoxon y prueba de hipótesis comparando los resultados del mismo paciente antes y después del tratamiento. El test de Wilcoxon es una prueba de comparación de muestras relacionadas que se utiliza para comparar dos mediciones de rangos (medianas) y determinar que la diferencia no se deba al azar, es decir, que la diferencia sea estadísticamente significativa.

La prueba de Wilcoxon estadísticamente realiza el análisis de datos con el paquete SPSS; el análisis de los datos obtenidos en la plataforma de fuerza se realizó con el programa R console versión 3.02 y el análisis de datos obtenidos con el MiniBestest con el programa estadístico SPSS versión 20.

Para ambos análisis se determinó como punto de partida para la significancia estadística un valor de  $p < 0.05$  con un nivel de confianza del 95%.

## 4. Resultados

Los resultados presentados a continuación responden al planteamiento y desarrollo de los objetivos cognoscitivos, administrativos e investigativos de la pasantía.

Se resalta que esta pasantía es la primera en realizarse en la Universidad de Sao Paulo (Brasil) permitiendo abrir las posibilidades de que este proceso se convierta en una posibilidad factible para los estudiantes en general e incentive además el interés de los mismos por conocer procesos académicos e investigativos llevados a cabo en diferentes instituciones a nivel mundial. Permite además, consolidar los procesos de colaboración interinstitucional entre las Universidades implicadas en el intercambio, en este caso la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Sao Paulo (Brasil).

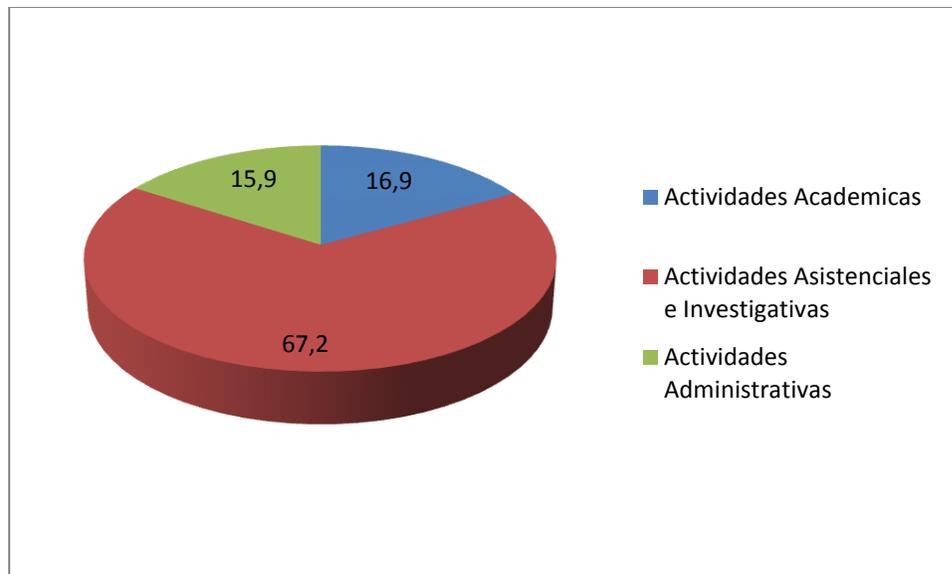
Para llevar a cabo este proceso las estudiantes adquirieron mayores capacidades comunicativas y de argumentación, fomentando la independencia de las mismas y la responsabilidad, al liderar un proceso que implica el reconocimiento de la Universidad Nacional y el país en general ante una institución que tiene gran trayectoria, credibilidad y reconocimiento a nivel mundial, además de fortalecer la autonomía profesional y el pensamiento crítico de las estudiantes para toma de decisiones en el ámbito personal, formativo y profesional.

El presente trabajo de grado incluyó una intensidad horaria de 495 horas, de las cuales 387 horas fueron dedicadas a la pasantía y 108 a la consolidación y elaboración del informe final.

En la tabla 4-1 se presenta de forma detallada las actividades con intensidad horaria para cumplir con los objetivos propuestos en la pasantía.

| ACTIVIDADES ACADEMICAS   |                    |                  |
|--|--------------------|------------------|
| Actividad  | Intensidad horaria | Porcentaje total |
| Consolidación propuesta de intervención  | 12                 |                  |
| Seminarios, cursos, talleres y clases.<br>Reeducación Postural y de Movimiento.<br>Organización del movimiento: alineamiento corporal,<br>estabilidad y sinergia.  | 7                  |                  |
| Actividades complementarias en fisioterapia<br>(fisioterapia en neurología infantil, Osteoporosis,<br>ginecología y salud de la Mujer, Oncología.)                 | 49                 |                  |
| Aulas teóricas en el Laboratorio de Aprendizaje<br>sensorio-motor.   | 16                 |                  |
| <b>TOTAL</b>   | <b>84</b>          | <b>16.9%</b>     |
| ACTIVIDADES ASISTENCIALES E INVESTIGATIVAS   |                    |                  |
| Acompañamiento y participación en el servicio<br>ambulatorio de Reeducación Funcional (Ortopedia,<br>Neurología, Incontinencia Urinaria, entre otros<br>programas) | 68                 |                  |
| Atención y acompañamiento ambulatorio de deporte   | 38                 |                  |
| Intervención a pacientes con programa de reeducación<br>funcional  | 39                 |                  |
| Evaluación pre y pos intervención y Correlación<br>métodos evaluativos.  | 80                 |                  |
| Consolidación documento final, informe de resultados y<br>Socialización.   | 108                |                  |
| <b>TOTAL</b>   | <b>333</b>         | <b>67.2%</b>     |
| ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS  |                    |                  |
| Gestión documental para intercambio  | 36                 |                  |
| Registro evaluaciones, evoluciones y acompañamiento<br>a remisiones médicas  | 27                 |                  |
| Acompañamiento en los procesos de gestión del<br>Laboratorio   | 15                 |                  |
| <b>TOTAL</b>   | <b>78</b>          | <b>15.9%</b>     |
| <b>TOTAL HORAS PASANTIA</b>  | <b>495</b>         | <b>100%</b>      |

**Tabla 4-1** División Actividades llevadas a cabo en la pasantía



**Figura 4-1:** Representación gráfica del porcentaje en horas de las actividades realizadas durante la pasantía.

### 4.1. Resultados Cognoscitivos

Para dar cumplimiento a los objetivos cognoscitivos propuestos, las estudiantes realizaron diferentes actividades que tuvieron componentes teórico-prácticos y se llevaron a cabo en el servicio de Fisioterapia del Hospital Las Clínicas de la Universidad de Sao Paulo.

La tabla 4-2 describe las principales estrategias y logros cumplidos para cada objetivo planteado. Luego se presenta una breve descripción de los resultados más significativos de este componente.

| Objetivos  | Estrategias   | Logros   |
|--|---|--|
| Profundizar en los conocimientos teórico-prácticos relacionados con los procedimientos de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de la metodología de trabajo por medio de aulas teóricas y casos clínicos.</li> <li>• Participación en los</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Claridad en la aplicación y el manejo de los diferentes conceptos utilizados en el enfoque de Reeduación</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>y tratamiento de reeducación Funcional mediante el acercamiento a técnicas y procesos terapéuticos desarrollados en el Laboratorio de Reeducación.</p>  | <p>diferentes servicios de Fisioterapia que utilizan el enfoque de reeducación funcional (reumatología, neurología, salud de la mujer, incontinencia, geriatría, deporte, triage)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atención de pacientes en el servicio ambulatorio de deporte.</li> </ul> | <p>Funcional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión del análisis terapéutico que se lleva a cabo en la evaluación y tratamiento de los pacientes que asisten al servicio de Fisioterapia.</li> <li>• Se realizó atención a tres pacientes que presentaban quejas funcionales derivadas de actividades deportivas.</li> </ul>  |
| <p>Participar en actividades académicas complementarias que fortalezcan el conocimiento de las estudiantes respecto a la atención integral de pacientes con diferentes patologías que puedan afectar el movimiento corporal humano</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistencia en las ligas y cursos introductorios de la Facultad de Medicina de la Universidad de Sao Paulo.</li> <li>• Asistencia a 3 aulas teóricas en el Laboratorio de iniciación científica de aprendizaje sensoriomotor.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en 8 ligas o cursos introductorios que abordaron diversas temáticas entre las que se incluyen: osteoporosis, oncología, salud de la mujer, neonatología y Fisioterapia en neurología infantil.</li> <li>• Fortalecimiento del perfil profesional de las estudiantes al conocer diversas metodologías de trabajo para el abordaje y manejo de diferentes patologías que pueden afectar el movimiento corporal humano.</li> <li>• Reconocimiento de los procesos de investigación en Fisioterapia que integran el trabajo de diversas disciplinas y fortalecieron la visión de las estudiantes respecto a la</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>Lograr un acercamiento a los procesos de investigación basados en la experiencia clínica y la interacción directa con pacientes con disfunciones del Movimiento corporal humano de diferente etiología especialmente de origen neurológico.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación y direccionamiento en las estrategias de tratamiento utilizadas en los pacientes que participaron en la investigación de la presente pasantía.</li> </ul> | <p>importancia de este trabajo en el desarrollo profesional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de los conceptos y la metodología de investigación en la evaluación y tratamiento de los pacientes que participaron de la investigación.</li> </ul> |
|--|--|--|

**Tabla 4-2** Estrategias y logros alcanzados con el cumplimiento de los objetivos cognoscitivos

La aplicación práctica de los procedimientos de Reeducción Funcional de la postura y el movimiento se lleva a cabo en los servicios ambulatorios (servicios de consulta externa) de Fisioterapia y el servicio de hospitalización del Instituto Central del Hospital Las Clínicas de la Universidad de Sao Paulo, las estudiantes acompañaron la presentación de casos clínicos y la atención de pacientes en los diferentes servicios ambulatorios.

La organización de estos servicios está estructurada de tal forma que el paciente reciba los servicios de atención de una manera más específica y especializada; cuando el paciente asiste por primera vez para recibir atención, se realiza una valoración inicial llamada triage, en este, se recogen todos los antecedentes y la historia de la queja o motivo de consulta para determinar el mejor encaminamiento para la atención de los pacientes. Los servicios ambulatorios están divididos en atención en neurología, reumatología, deporte, geriatría, cardiopulmonar, incontinencia, salud de la mujer y sexualidad.

Dentro de estos ambulatorios se destaca el trabajo del Fisioterapeuta en la atención para la salud a la mujer, sexualidad e incontinencia, reconociendo dentro de la atención el papel fundamental de los músculos del piso pélvico en estas funciones y además generando posibilidades de atención en Fisioterapia en campos de acción en los que el Fisioterapeuta tiene gran posibilidad de desarrollo de habilidades practicas e investigativas; se destaca además, la importancia de impulsar estas ideas en nuestro país, en el que temas como estos han sido poco explorados y/o han tenido poca trascendencia en el quehacer Fisioterapéutico.

Las estudiantes, lograron además realizar la atención Fisioterapéutica a tres pacientes que ingresaron para recibir tratamiento al servicio ambulatorio de deporte, con diagnósticos de Osteoartrosis de rodilla, fractura bilateral de tibia y condromalacia, las sesiones se realizaron dos veces por semana con una duración de una hora durante cinco semanas. A continuación se presenta las temáticas revisadas durante la participación en este ambulatorio con su respectiva intensidad horaria.

| Tema   | Metodología  | Horas    |
|--|--|----------|
| Calzado y patrones de golpe de talón en corredores     | Revisión y discusión de artículo científico  | 1        |
| Periodización del Ejercicio Físico                     | Seminario con especialista en educación Física y Reumatología  | 1        |
| Estiramiento para la prevención y desempeño del atleta | Revisión y discusión de artículo científico  | 1        |
| Biomecánica de la carrera                              | Revisión y discusión de artículo científico<br>Seminario practico por Fisioterapeuta especialista en deporte                           | 3        |
| Biomecánica de la natación                             | Revisión y discusión de artículo científico<br>Seminario practico por Fisioterapeuta especialista en deporte                           | 2        |
| Tendinopatías  | Revisión y discusión de artículo científico<br>Seminario practico por Fisioterapeuta especialista en deporte                           | 2        |
| Psicología del deporte                                 | Revisión y discusión de artículo científico<br>Seminario teórico-práctico por Estudiantes de especialización en Psicología del deporte | 2        |
| Total  |  | 12 horas |

**Tabla 4-3** Revisiones temáticas realizadas durante la participación en el servicio ambulatorio de deporte.

Por otro lado, la Facultad de Medicina de la Universidad de Sao Paulo, sus departamentos en las diferentes áreas de la medicina y el grupo de Fonoaudiología, Fisioterapia y Terapia Ocupacional realizan durante el semestre académico actividades encaminadas a la promoción y motivación de la investigación y academia, que incentivan a los estudiantes para ser partícipes y gestores de los espacios denominados “Cursos introductorios a las ligas”. Las ligas son grupos de investigación conformados por estudiantes y profesores catedráticos que comparten el gusto por un área de la medicina, que organizan y planifican la presentación y revisión de determinados temas con la participación de ponentes especialistas; generalmente el proceso para la participación en las diferentes ligas comienza con la asistencia al curso introductorio al tema, luego la presentación de una prueba para la posterior clasificación al grupo de estudiantes que por sus méritos e interés tienen la posibilidad de acompañar a especialistas en la atención de pacientes en los servicios del Hospital Las Clínicas de la ciudad de Sao Paulo durante el año académico y que a su vez le ofrece la posibilidad de profundizar en los conocimientos teóricos y prácticos en la profesión.

Este espacio académico permitió profundizar, conocer y abordar temáticas tales como Fisioterapia en neurología infantil, osteoporosis, oncología, ginecología y neonatología, importantes para fortalecer el conocimiento y contribuir a una formación integral de las estudiantes no solo con una visión desde la profesión sino desde la contribución de cada una de las profesiones incentivando el trabajo multidisciplinar e investigativo.

Esta visión multidisciplinar e investigativa se fortaleció de igual manera con la participación en la clase teórica de Iniciación Científica en Aprendizaje Sensorio Motor, donde se abordaron revisiones de tema y artículos experimentales de temáticas enfocadas a la neurorehabilitación con un grupo de profesionales de la Fisioterapia, Educación Física y Fonoaudiología bajo la orientación de la docente, Fisioterapeuta y directora del laboratorio de investigación de aprendizaje de la Universidad de Sao Paulo. A continuación se relaciona las temáticas e intensidad horaria durante estos seminarios

| <b>Tema</b>   | <b>Metodología</b>                             | <b>Horas</b> |
|---|--|--------------|
| Características del sistema de aprendizaje motor                            | Seminarios y revisión de artículos científicos | 4            |
| Procesos involucrados en el aprendizaje motor de nuevas habilidades motoras | Seminarios y revisión de artículos científicos | 4            |

|   |  |          |
|---|--|----------|
| Métodos de Investigación en Aprendizaje | Seminarios y revisión de artículos científicos | 4        |
| <b>Total</b>                            |  | 12 horas |

**Tabla 4-4** Temáticas revisadas en las aulas de Aprendizaje sensoriomotor.

## 4.2. Resultados Administrativos

El cumplimiento de los objetivos administrativos planteados se llevó a cabo durante todo el tiempo que duró la pasantía, puesto que cada una de las actividades realizadas requirió procesos de gestión documental y administrativa que permitieron consolidar el aprendizaje y las habilidades teórico-prácticas adquiridas por las estudiantes. A continuación se describen las principales actividades que permitieron cumplir estos objetivos:

En primer lugar, se realizó la gestión documental correspondiente al cumplimiento de requisitos académicos y a la revisión de la existencia de un convenio interinstitucional para la aprobación del intercambio académico por parte de las Universidades implicadas en la pasantía, en este momento se realizó el reconocimiento de los departamentos por medio de comunicación electrónica vía e-mail y videoconferencias, se presentó la propuesta de trabajo a la directora del Laboratorio y se realizaron modificaciones a la misma sugeridas por las partes implicadas. Como resultado final, se obtuvo la aprobación de los requisitos para llevar a cabo el intercambio académico y de la propuesta de trabajo presentada por las estudiantes.

En segundo lugar, después de lograr la participación en el grupo y llevar a cabo la investigación de la pasantía, se realizaron acciones referentes al registro de evaluaciones y evoluciones Fisioterapéuticas en las historias clínicas y acompañamiento a remisiones en áreas de psicología, ortopedia y reumatología. Gracias a estos procedimientos las estudiantes potencializaron sus habilidades en el diligenciamiento de formatos clínicos de uso cotidiano en los servicios de atención ambulatoria en Fisioterapia así como les permitió identificar la pertinencia de sugerencias en la atención de los usuarios que permitan la rehabilitación integral de los mismo durante el tratamiento.

En tercer lugar, se describe el acompañamiento y orientación constante por parte de la directora y el grupo de colaboradores al proyecto, realizando retroalimentación frecuente y sugerencias que permitieron el éxito del mismo y un mayor conocimiento de los procesos de gestión y administración del laboratorio por parte de las estudiantes.

Todos estos procesos acompañados con el compromiso y la responsabilidad de las estudiantes permitieron abrir las puertas a procesos venideros desarrollados por estudiantes que tengan intereses comunes con el Laboratorio y que tengan como fin último la colaboración interinstitucional para el desarrollo, el reconocimiento y la potencialización de la Fisioterapia a nivel nacional y mundial.

### **4.3. Resultados Investigativos**

Dando alcance al planteamiento metodológico realizado previamente, se presenta a continuación los resultados investigativos derivados de la presente pasantía.

#### **Descripción del Tratamiento**

De acuerdo a lo mencionado en el fundamento teórico de la reeducación funcional y la revisión realizada para tal efecto se planteó el tratamiento e intervención para cada uno de los pacientes de la presente investigación.

El enfoque de reeducación funcional aborda al individuo desde la perspectiva orientada a la actividad de tal forma que el paciente aprenda mediante la resolución activa de problemas de una actividad funcional y a su vez facilite la adaptación a diferentes contextos para lograr el objetivo de la misma, determinando el grado funcional del paciente mediante la identificación de estrategias motoras que justifican una queja funcional, confirmadas con la comprobación o anulación de hipótesis, que a la vez orientan el tratamiento. Con base en lo anterior el tratamiento de los pacientes de la presente investigación no se plantea como una propuesta de intervención general sino que se presenta como un plan terapéutico que responde a cada individuo y sus necesidades funcionales.

Bajo los principios de la filosofía de trabajo del enfoque de reeducación funcional y basados en la recolección de la historia (aparición y evolución de la queja funcional), se estructuró el plan terapéutico de intervención para cada uno de los pacientes tomando en consideración diferentes aspectos: a) aspectos propios de la persona tales como antecedentes patológicos y personales, contexto familiar, entre otros b) aspectos del ambiente como el entorno en el cual se desarrolla la queja y se desenvuelve el paciente cotidianamente, al igual que ayudas externas que facilitan la acción en el entorno o en el individuo, y c) los propios de la demanda de la tarea funcional, objetivos de la tarea, actitudes posturales, entre otros.

Para los casos objeto de la investigación se realizaron 10 sesiones de intervención Fisioterapéutica, cada una de 60 minutos, con una progresión estructurada de acuerdo a la respuesta del paciente y teniendo como base inicial el desarrollo motor en el planteamiento de los ejercicios. Iniciando desde la posición decúbito dorsal para continuar con decúbitos laterales, prono, cuadrúpedo, arrodillado, semiarrodillado, hasta alcanzar la posición bípeda, en algunas sesiones después de alcanzar la progresión a cuadrúpedo el trabajo fue realizado en posición sedente.

En las diferentes sesiones se utilizaron elementos de Fisioterapia como balones terapéuticos, rollos, elásticos, balancines, superficies inestables, camillas, camas, colchonetas y sillas con y sin espaldar. El ambiente donde se llevó a cabo las sesiones buscaban recrear al máximo el ambiente cotidiano de cada paciente.

Teniendo en cuenta lo anterior a continuación se describe el tratamiento realizado para cada uno de los casos

### **Tratamiento Caso 1**

Por condiciones patológicas de base se realizó control de la presión arterial al inicio y final de cada sesión y como punto de referencia y control para reconocer la demanda que cada actividad exigía al paciente.

Los ejercicios desarrollados respondieron a dos grandes objetivos de tratamiento: promover la transferencia de peso y mejorar la estabilidad central, pélvica y abdominal logrando el movimiento como un todo, sin centrarse en responder a cada uno de los segmentos y movimientos que acompañan la acción.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se realizó una serie de ejercicios que exigían la activación de la musculatura axial y musculatura de suelo pélvico responsables de los ajustes posturales y reacciones de equilibrio; ejercicios de adaptación del centro de gravedad ante el movimiento de las extremidades y cambios de dirección y velocidad, y ejercicios de sinergias anticipadas como respuesta a perturbaciones externas; para este caso las transición de posiciones durante el tratamiento siguió el orden desde supino, sedente, arrodillado y semiarrodillado.

Durante el tratamiento fisioterapéutico, por condiciones y actitudes propias del paciente frente a la enfermedad, la rehabilitación, el tratamiento y el entorno familiar se realizó la solicitud de interconsulta con psicología y logrando dar inicio a tal proceso.

### **Tratamiento Caso 2**

Por antecedentes patológicos, se realizó la medición de la frecuencia cardiaca y respiratoria y la valoración de la percepción al esfuerzo realizado durante las diferentes actividades (Escala de Borg entre 4 Moderado y 6 Pesado) sobre todo aquellas que implicaban mayores esfuerzos para el paciente.

Los ejercicios desarrollados respondieron a dos grandes objetivos de tratamiento, primero, mejorar la activación de la musculatura abdominal, pélvica y de cadera para influir en la estabilidad central y en el alineamiento de tronco y segundo, favorecer la transferencia de peso y simetría corporal.

El plan terapéutico se enfocó en ejercicios de transferencia de peso y estabilidad en la posición supino, cuadrúpedo, arrodillado y semiarrodillado, con ejercicios de integración sensorial promoviendo la participación de miembros superiores en cada uno de ellos; ejercicios de activación de la musculatura axial y de piso pélvico que favorecieran el control del tronco en el espacio en diferentes superficies; ejercicios de patrones de activación muscular como respuesta a diferentes tareas funcionales que generaran cambios y ajustes en sinergias anticipadas y estabilizantes.

Debido a la alteración en el componente anatómico durante la posición vertical de este paciente se solicitó la fabricación y posterior uso de una plantilla que respondió de manera satisfactoria con el mejoramiento del alineamiento postural y la simetría corporal del paciente durante el movimiento.

Para los casos 1 y 2 se realizó tratamiento adicional para manejo de hombro doloroso con el uso de termoterapia superficial, paquete frío durante 20 minutos, aplicación de ultrasonido continuo, 0.5 W/cm<sup>2</sup> durante 3 minutos, masaje de tejido conectivo y ejercicios de movilidad articular escapulo humeral, además, se dieron indicaciones y recomendaciones a los pacientes y familiares de aplicación domiciliaria de frío y calor en la región.

### Tratamiento Caso 3

Los ejercicios desarrollados dentro del plan terapéutico respondieron a tres objetivos de tratamiento, primero, mejorar la estabilidad central mediante la activación de músculos abdominales y el control pélvico y de tronco, segundo, promover carga de peso y movimiento voluntario de la extremidad inferior izquierda enfocado en el control distal y tercero, favorecer el reconocimiento y el movimiento voluntario de la extremidad inferior izquierda.

Por condiciones de salud y entorno familiar el paciente solo consiguió completar 6 sesiones de intervención fisioterapéutica; por su cuadro patológico se solicitó interconsulta con reumatología, gestión que los familiares iniciaron durante el tiempo de atención, de igual forma por condiciones y actitudes propias del paciente frente a la enfermedad, rehabilitación, tratamiento y entorno familiar se solicitó interconsulta con psicología.

La tabla 4-5 muestra el programa de tratamiento con los principales ejercicios, objetivos y sus respectivas demandas motoras

| Principales ejercicios  | Sesiones/objetivos    | Principales demandas motoras  |
|---|-----------------------|---|
| Transiciones posturales<br>Puente<br>Alcances en supino y sedente.<br>Cambios en la base de soporte | Transferencia de peso | Variaciones lentas del centro de gravedad en todas las direcciones.<br>Respuesta movimiento voluntario de las extremidades.<br>Ajustes de la base de soporte.<br>Control del tronco.<br>Control pélvico.<br>Activación sinergias anticipatorias |

|   |                       |  |
|---|-----------------------|--|
| Respiración diafragmática                             | Estabilidad central   | Control del tronco   |
| Espiración forzada                                    | (abdominal, pélvica)  | Activación musculatura abdominal y pélvica   |
| Puente en superficies inestables                      |                       | Reacciones de enderezamiento y equilibrio  |
| Transiciones posturales                               |                       | Co-contracción musculatura axial (hombros y cadera)                                      |
| Alcances y agarres en arrodillado                     |                       | Correcta distribución de los segmentos corporales en relación con la cabeza y el tronco. |
| Distribución simétrica de peso.                       | Alineamiento corporal | Ajustes de la base de soporte.   |
| Ajustes posturales ante variaciones en apoyo de peso. |                       | Control del centro de gravedad.  |
| Cambios en punto de apoyo en sedente y arrodillado.   |                       | Control del tronco   |

**Tabla 4-5** Descripción general de los principales ejercicios, con sus respectivas demandas motoras utilizados durante el tratamiento.

### Evaluación de la Transferencia

Previo al inicio del tratamiento, los pacientes realizaron la evaluación de balance funcional con la herramienta MiniBestest y la evaluación de balance estático mediante la plataforma de fuerza (EMG System do Brasil) para análisis del desplazamiento del COP en ojos abiertos y ojos cerrados. El MiniBestest, es una herramienta de evaluación de los sistemas de balance funcional que permite identificar cuál de ellos contribuye a un pobre balance funcional; los sistemas evaluados incluyen ajustes anticipatorios, control postural reactivo, orientación sensorial y marcha dinámica. Para la evaluación en la plataforma de fuerza cada uno de los pacientes fue instruido para mantenerse de pie normalmente sobre la plataforma durante un minuto (60 seg.), con los brazos a los lados y mirando un punto fijo enfrente de sus ojos, ubicado aproximadamente a 3 metros. El desplazamiento del COP refleja el control del movimiento del cuerpo necesario para mantener la postura bípeda, es decir, la respuesta neuromuscular al desplazamiento del Centro de Gravedad (oscilación corporal).

Ninguna de las actividades incluidas en la evaluación fue entrenada durante el tratamiento, sin embargo, los pacientes recibieron retroalimentación constante para mejorar la simetría en la carga de peso en las extremidades inferiores.

Por motivos personales y de salud el paciente Caso 3 no consiguió terminar el tratamiento, por ende tampoco se le realizó la evaluación final.

### 4.3.1. Características clínicas de los casos

La tabla 4-6 muestra las características clínicas de los pacientes. No se evidenciaron limitaciones importantes que fueran motivo de exclusión en el estudio.

| Paciente | Edad    | Sexo | Localización de la lesión                     | Tiempo de evolución           | Dx. Médico Antecedentes                      | FI M | Mini-Mental | Queja Funcional  |
|----------|---------|------|---|-------------------------------|--|------|-------------|--|
| 1        | 64 años | M    | Lóbulo parietal izquierdo                     | 1 año                         | Hemiparesia Derecha<br>Leucoarariosis        | 6    | 21          | Inestabilidad durante la marcha que se manifiesta en mayor oscilación latero-lateral de predominio hacia el lado derecho   |
| 2        | 63 años | M    | Lóbulo parietal derecho y occipital izquierdo | 1 año                         | Hemiparesia derecha<br>Cardiopatía isquémica | 6    | 23          | Desequilibrio durante la deambulación que le impide caminar en línea recta sobre la línea de progresión  |
| 3        | 54 años | M    | Lobulillo paracentral de la corteza derecha   | 2 años<br>Previo hace 13 años | Monoplejía espástica<br>Gota                 | 6    | 24          | Dificultad para ponerse de pie y caminar, cuando lo hace, camina agarrándose de las paredes y en algunas ocasiones pierde el equilibrio predisponiéndolo a tener mayor riesgo de caídas. |

**Tabla 4-6:** Descripción clínica de los casos

### 4.3.2. Resultados Caso 1

#### *Cambios en el desplazamiento del COP antes y después del tratamiento*

#### *Ojos abiertos*

Los cambios en el desplazamiento antero-posterior del COP entre la primera (media: 3.87 mm rango 2.34; 6.37) y segunda evaluación (media: 4.47 mm, rango 1.68; 6.78) y en el desplazamiento medio lateral en la primera (media -0.66 mm rango -1.29; 0.52) y la

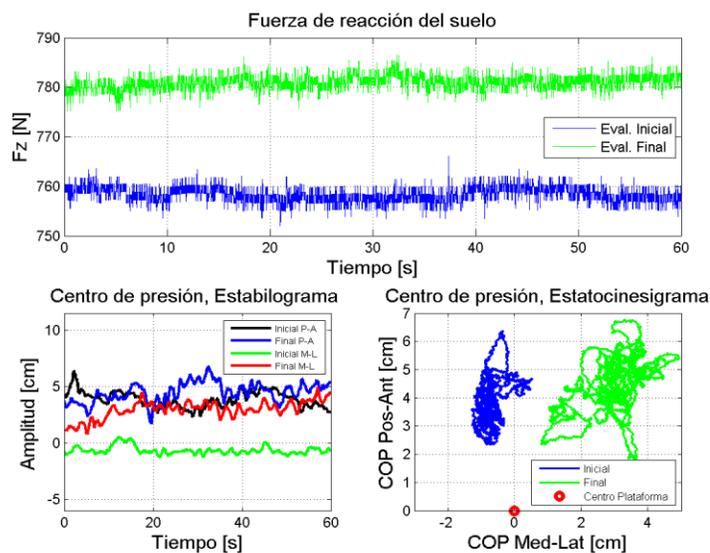
segunda evaluación (media: 2.94 mm, rango 0.80; 4.93) no evidenciaron un cambio esperado de disminución de movimiento (valor  $p < 0.05$ ,  $p = 1$  en ambas direcciones) , por lo tanto no fue significativo.

*Ojos cerrados*

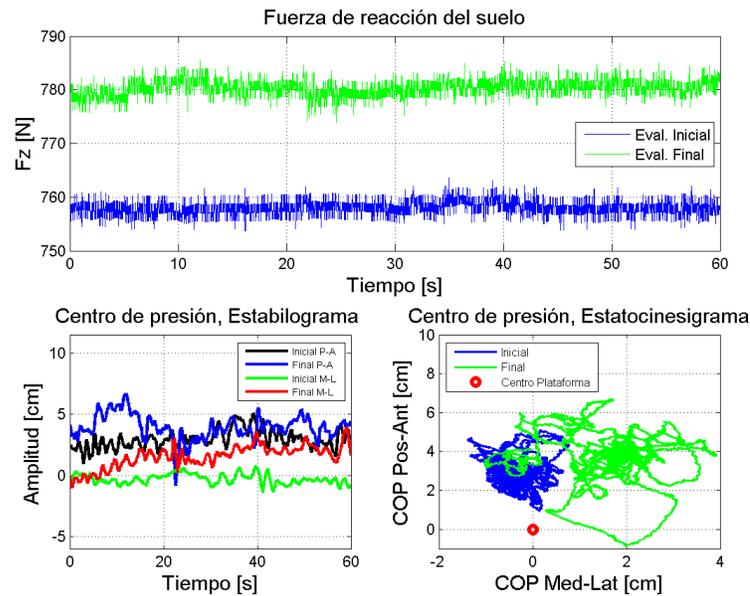
El análisis estadístico para el desplazamiento antero-posterior entre la primera (media 2.93 mm, rango: 0.95; 5.06) y la segunda evaluación (media: 3.91 mm, rango: -0.84; 6.68) y para el desplazamiento medio-lateral entre la primera (media: -0.29 mm rango: 0.95; 5.06) y la segunda evaluación (media: 1.53 mm, rango: -1.38; 0.78) no muestra diferencias significativas (valor  $p < 0.05$ ,  $p = 1$  en ambas direcciones)

El análisis del desplazamiento del centro de presión mediante la plataforma de fuerza con ojos abiertos y ojos cerrados pos tratamiento evidencio cambio en la posición de la carga de peso variando del lado izquierdo al lado derecho, con un aumento característico en el área de desplazamiento, este hallazgo tiene relación con la variación en la carga de peso que es consecuente con un menor control neuromuscular del centro de presión por el cambio en el punto de apoyo corporal

La figuras 4-2 y 4-3 muestran el Estatocinesigrama del paciente Caso 1 con ojos abiertos y ojos cerrados respectivamente, el color azul representa la evaluación antes del tratamiento y el color verde la evaluación pos tratamiento.



**Figura 4-2** Estatocinesigrama pre y pos tratamiento paciente caso 1 con ojos abiertos



**Figura 4-3** Estatocinesigrama pre y pos tratamiento paciente caso 1 con ojos cerrados

#### *Cambios en la evaluación de balance Funcional MiniBestest*

Mediante el análisis de pruebas pareadas por medio del test de Wilcoxon para la evaluación de balance funcional MiniBestest realizado antes y después del tratamiento no se evidencia un cambio significativo de ( $p=0.125$ ). Sin embargo, los cambios clínicos para este paciente muestran mejoras en el balance reflejadas principalmente en el control postural reactivo y marcha dinámica.

Según estos resultados, aunque el análisis estadístico no es significativo, las calificaciones finales en esta evaluación y los hallazgos clínicos muestran que el paciente caso 1 fue hábil para transferir una actividad motora entrenada en el tratamiento a una habilidad específica no entrenada (balance).

La tabla 4-8 muestra la calificación pre y pos obtenida por el paciente caso 1 para cada sistema evaluado en el MiniBestest

| Caso 1             |     |     |
|--------------------|-----|-----|
|                    | Pre | Pos |
| Ajustes posturales | 5   | 5   |

|                               |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|
| Respuestas posturales         | 2     | 4     |
| Integración sensorial         | 5     | 6     |
| Estabilidad durante la marcha | 7     | 8     |
| Total (porcentaje)            | 19    | 23    |
|                               | 67.8% | 82.1% |

**Tabla 4-7** Resultados pre y pos tratamiento de la evaluación de balance funcional MiniBestest Caso 1

### 4.3.3. Resultados Caso 2

#### *Cambios en el desplazamiento del COP antes y después del tratamiento*

##### *Ojos abiertos*

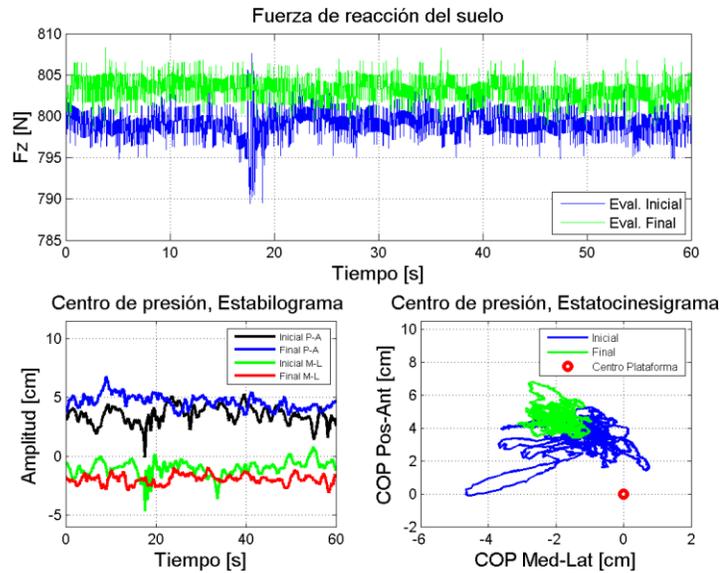
Los cambios en el desplazamiento antero-posterior en la primera evaluación (media: 3.50 mm, rango: -0.08; 5.24) y en la segunda medición (media: 4.59 mm, rango: 3.39; 6.78) no fueron significativos para un valor de  $p < 0.05$  por el contrario los cambios en el sentido medio-lateral entre la primera evaluación (media: -1.01 mm, rango: -4.66; -0.78) y la segunda evaluación (media: -1.96 mm, rango: -3.13; -0.95) fueron significativos para un valor de  $p < 0.05$  ( $p = 0.02$ )

##### *Ojos cerrados*

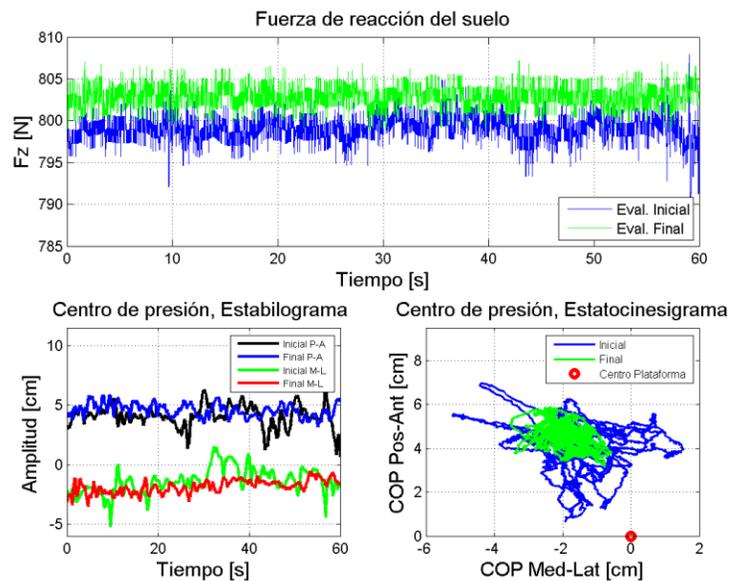
El análisis estadístico no muestra diferencias significativas  $p = 1$  en el desplazamiento antero-posterior entre la primera (media 4.05 mm, rango 0.66; 6.95) y la segunda evaluación (media 4.55 mm, rango: 3.20; 5.86) por el contrario las mediciones en el desplazamiento medio-lateral entre la primera (media: -1.40 mm, rango: -5.21; 1.53) y la segunda evaluación (media: -1.86 mm, rango: -3.52; -0.55) tuvieron variaciones significativas para un valor de  $p < 0.05$ .

El análisis del centro de presión muestra persistencia de la carga de peso sobre el hemicuerpo izquierdo en la evaluación pos tratamiento sin embargo, el área de desplazamiento disminuyó en ambos sentidos (antero-posterior y medio-lateral) siendo menor en el sentido transversal, dando sugerencias de un mejor control del centro de presión (mejor respuesta neuromuscular a las oscilación corporal) por parte del paciente.

Las figuras 4-4 y 4-5 muestran el Estatocinesigrama del paciente Caso 2 con ojos abiertos y ojos cerrados respectivamente, el color azul representa la evaluación antes del tratamiento y el color verde la evaluación pos tratamiento



**Figura 4-4** Estatocinesigrama pre y pos tratamiento paciente caso 2 con ojos abiertos



**Figura 4-5** Estatocinesigrama pre y pos tratamiento paciente caso 2 con ojos cerrados

*Cambios en la evaluación de balance funcional MiniBestest*

Mediante el análisis de pruebas pareadas por medio del test de Wilcoxon para la evaluación de balance funcional MiniBestest realizado antes y después del tratamiento se no se evidenció un cambio significativo de  $p= 0.063$ . Sin embargo, los cambios clínicos para este paciente muestran mejoras en el balance reflejadas principalmente en los ajustes anticipatorios y el control postural reactivo.

Según estos resultados, aunque el análisis estadístico no es significativo, las calificaciones finales en esta evaluación y los hallazgos clínicos muestran que el paciente caso 2 fue hábil para transferir una actividad motora entrenada en el tratamiento a una habilidad específica no entrenada (balance).

La tabla 4-8 muestra la calificación pre y pos obtenida por el paciente caso 2 para cada sistema evaluado en el MiniBestest

| Caso 2                        |             |           |
|-------------------------------|-------------|-----------|
|                               | Pre         | Pos       |
| Ajustes posturales            | 3           | 5         |
| Respuestas posturales         | 4           | 6         |
| Integración sensorial         | 5           | 6         |
| Estabilidad durante la marcha | 5           | 7         |
| Total (porcentaje)            | 17<br>60,7% | 24<br>85% |

**Tabla 4-8** Resultados pre y pos tratamiento de la evaluación de balance funcional MiniBestest Caso 2

#### **4.4. Discusión**

La presente investigación reportó dos estudios de caso en los cuales se evaluó la transferencia del aprendizaje motor después de un tratamiento con procedimientos de reeducación funcional desarrollados en el Laboratorio de reeducación de la postura y el movimiento de la Universidad de Sao Paulo (Brasil). Tomando como principio que la recuperación y la compensación motora tras una lesión son fundamentalmente procesos de aprendizaje motor, y que factores como la práctica aleatorizada y la tarea orientada al objetivo facilitan la construcción de esquemas motores y la consolidación y generalización del aprendizaje. Partiendo además del hecho de que este proceso en pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular se promueve por procesos como la recuperación fisiológica referida específicamente a la reorganización cerebral y a su capacidad para mantener el comportamiento adaptativo, es decir, aprender o reaprender a pesar de la permanencia de los déficit fisiológicos causados tras la lesión. (Rothwell, 2009)

Según el concepto de Schmidt el aprendizaje motor puede inferirse sobre la base de los cambios en el comportamiento y es la práctica o la experiencia el factor que determina la diferencia entre el nivel desempeño y el aprendizaje motor. Del mismo modo, la reeducación funcional como filosofía de trabajo parte del principio de que la práctica permite al paciente resolver de forma activa los problemas de una actividad funcional, facilitando la adaptación a diferentes contextos promoviendo la recuperación y el aprendizaje.

Tomando en cuenta los hallazgos teóricos sobre aprendizaje motor se puede concluir que los procedimientos de reeducación funcional como metodología de trabajo influyen de forma positiva este proceso en la medida que abordan las limitaciones funcionales de los pacientes desde un enfoque global que abarca las características individuales, los objetivos de la tarea y las condiciones medioambientales, todas ellas características fundamentales para la consolidación y generalización del aprendizaje motor (Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

A pesar de los pocos estudios que reportan la capacidad de aprendizaje y generalización del mismo (transferencia) en los pacientes con antecedentes de ACV y de que sus resultados no son concluyentes, en esta descripción cada paciente reportó habilidad para transferir el aprendizaje a una tarea similar no entrenada después de recibir tratamiento con procedimientos de reeducación funcional reflejado en el mejoramiento del desempeño en la evaluación de balance funcional MiniBestest y para el caso 2 la capacidad para controlar el centro de presión sobre la base de soporte en posición bípeda medido en la plataforma de fuerza, sugiriendo la influencia positiva de los procedimientos de reeducación funcional en la transferencia a corto plazo del aprendizaje motor.

Para los dos casos evaluados los resultados del desplazamiento del centro de presión concuerdan con la descripción reportada en la literatura, observándose mayor desplazamiento del COP en el plano medio lateral hacia el lado hemisférico afectado, es decir contralateral a la hemiparesia y mayor desplazamiento anterior que concuerda con la asimetría postural caracterizada por la disminución en la carga de peso de la extremidad afectada y deficiencias en la distribución activa de peso sobre la base de soporte (Pai, 1994) (Paillex & So, 2005). Sin embargo, el área de desplazamiento para cada paciente fue diferente en la evaluación pos tratamiento.

Para el caso 1 el área de desplazamiento aumentó para ambas condiciones (ojos abiertos y ojos cerrados), concordando con un menor control neuromuscular derivado de la variación del punto de apoyo, este hallazgo podría justificarse por la influencia de la retroalimentación o el conocimiento de resultados acerca de la importancia de la simetría en el soporte de peso brindado a este paciente durante el tratamiento (Barclay-Goddard R, 2008). Por el contrario, para el caso 2, el área de desplazamiento disminuyó, especialmente en el sentido transversal, concordando con los cambios significativos del desplazamiento medio-lateral, parte de estos cambios se justifican con un mayor control del tronco y mejor alineamiento corporal como principales hallazgos clínicos derivados del tratamiento para este paciente (Paillex & So, 2005).

Con respecto a los hallazgos del MiniBestest, ambos casos reportaron mejoría clínica significativa en la evaluación pre y pos tratamiento, evidenciando mejoras en el balance, especialmente en los sistemas de control postural reactivo y ajustes anticipatorios, aunque el MiniBestest es una herramienta válida y confiable para la medición del

balance, los resultados son únicamente generalizables en pacientes con daño leve a moderado tras un accidente cerebrovascular (Tsang, Liao, & Chung, 2013).

La organización de la práctica, la tarea orientada a un objetivo, la retroalimentación, la práctica fraccionada, entre otros, son factores que facilitan y determinan la consolidación del aprendizaje motor, tomando como base estos principios y reconociendo el papel de los procesos de reorganización cerebral en la recuperación y aprendizaje de pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular se abren mayores posibilidades para el desarrollo de planes terapéuticos que consoliden la importancia de estos programas en la rehabilitación de este tipo de pacientes.

Aunque los hallazgos reportados en esta investigación describen efectos clínicos significativos para cada caso, no son concluyentes ni generalizables, por lo tanto, se recomienda realizar estudios que confirmen los hallazgos literarios descritos en el presente trabajo y su relación con la práctica fisioterapéutica para la rehabilitación de los pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Las conclusiones presentadas a continuación están dadas en forma general y responden al proceso académico, investigativo y administrativo llevado a cabo durante la pasantía.

La participación de las estudiantes en los procesos asistenciales e investigativos del Laboratorio de Reeducción Funcional de la Postura y el Movimiento de la Universidad de Sao Paulo (Brasil) fortaleció la profundización y aplicación de conocimientos teórico-prácticos relacionados con la rehabilitación al permitir la interacción con pacientes con alteraciones del movimiento corporal humano derivadas de diversas patologías.

La Universidad de Sao Paulo, sus avances en investigación, su capacidad tecnológica, educativa e infraestructura brindó a los estudiantes mayores posibilidades de conocimiento y exploración de nuevas posibilidades de desarrollo profesional y laboral.

La investigación desarrollada en esta pasantía brinda las bases para un seguimiento de mayor alcance y se perfila como plataforma para profundizar en futuras investigaciones sobre transferencia del Aprendizaje Motor y la influencia de los Procedimientos de Reeducción Funcional en este proceso.

Durante el intercambio académico realizado en la Universidad de Sao Paulo y reconociendo los procesos educativos de la misma, se concluye que la investigación en la academia debe hacer parte integral de la formación profesional, puesto que favorece el desarrollo de la profesión y el pensamiento crítico y creativo de los estudiantes.

El intercambio académico nacional o internacional se evidencia como una experiencia de aprendizaje integral que promueve en los estudiantes un amplio sentido de responsabilidad y compromiso con la Universidad Nacional de Colombia.

La aplicación de los principios de aprendizaje motor en los procedimientos de rehabilitación abre mayores posibilidades de recuperación para los pacientes puesto que facilita la adquisición de habilidades motoras y promueve los procesos neuronales que permiten dicha recuperación.

Aunque se resalta la importancia de la medicina basada en la evidencia para la toma de decisiones en la práctica clínica, es importante no desconocer el papel fundamental de la documentación y el desarrollo de estrategias de evaluación y tratamiento basadas en la experiencia clínica, puesto que esta representa la realidad tangible del profesional en Fisioterapia en su quehacer rutinario.

Los procedimientos de reeducación funcional desarrollados en el Laboratorio de Reeducación de la postura y el movimiento de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), son muestra del trabajo en equipo que redundan en el beneficio de cada paciente y en la investigación como elemento primordial para el desarrollo de la Fisioterapia en el mundo.

## **5.2. Recomendaciones**

Fortalecer los vínculos entre ORI-UNIVERSIDAD NACIONAL y las entidades de relaciones internacionales de otras Universidades cooperantes y así agilizar los procesos de gestión y seguimiento, facilitando los canales de comunicación y el compromiso entre las áreas administrativas implicadas para un mayor aprovechamiento de las oportunidades en los convenios existentes.

Promover en los estudiantes del programa de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Colombia, la realización de pasantías e intercambios académicos puesto que esta oportunidad permite conocer nuevas metodologías de investigación y propender a la vez por el intercambio de saberes y el fortalecimiento de la profesión y el saber – hacer Fisioterapéutico.

Se plantea como una posibilidad el desarrollo de cursos, seminarios, talleres y prácticas de extensión realizados en conjunto entre los departamentos de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Sao Paulo, como una práctica de

compartir saberes y experiencias facilitando y promoviendo la formación académica y profesional de los estudiantes y los profesores de cada departamento.

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica realizada se recomienda que los métodos de rehabilitación aplicados en los pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular tengan en cuenta las posibilidades de re-aprendizaje de estos pacientes y no se limiten a preservar la función sino a potenciar su funcionalidad.

Se sugiere llevar a cabo un estudio de mayor evidencia para confirmar los hallazgos de este estudio y su relevancia en los tratamientos de rehabilitación de los pacientes con antecedentes de accidente cerebrovascular.

La herramienta de evaluación funcional del balance MiniBestest se perfila como una herramienta integral, útil y confiable para la evaluación y tratamiento de los déficits del balance, por lo tanto, se recomienda realizar un estudio que permita la traducción al español y posterior validación a la población colombiana.





## Presupuesto

| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | VALOR UNITARIO (\$) | VALOR FINANCIADO POR LA UN | VALOR FINANCIADO POR LA USP | VALOR FINANCIADO POR LOS ESTUDIANTES | TOTAL (\$) |
|---|----------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------|
| <b>RECURSOS HUMANOS</b>   |          |                     |                            |                             |                                      |            |
| Estudiantes en formación UN (3meses)                                      | 3        | 1.200.000           |                            |                             | 3.600.000                            | 3.600.000  |
| Director de trabajo de grado UN (128 horas)                               | 1        | 40.000              | 5.120.000                  |                             |                                      | 5.120.000  |
| Docente asesor en USP (250 horas)   | 1        | 18.000              |                            | 4.500.000                   |                                      | 4.500.000  |
| Fisioterapeuta Especializado en Recuperación Funcional en USP (250 horas) | 1        | 18.000              |                            | 4.500.000                   |                                      | 4.500.000  |
| Estadístico (10 horas)  | 1        | 10.000              |                            |                             | 100.000                              | 100.000    |
| <b>SUMINISTROS Y MATERIALES</b>   |          |                     |                            |                             |                                      |            |
| Fotocopias  | 100      | 200                 |                            |                             | 20.000                               | 20.000     |
| Impresiones   | 400      | 200                 |                            |                             | 80.000                               | 80.000     |
| Internet (3meses)   | mes      | 50.000              |                            |                             | 150.000                              | 150.000    |
| Computador  | 3        | 1.500.000           |                            |                             | 4.500.000                            | 4.500.000  |
| Empaste de trabajo  | 2        | 20.000              |                            |                             | 40.000                               | 40.000     |
| <b>VIÁTICOS</b>   |          |                     |                            |                             |                                      |            |
| Transporte (pasajes en  | 6        | 1.530.000 (I/V)     |                            |                             | 9.180.000                            | 9.180.000  |

|                         |     |        |           |           |            |                   |
|-------------------------|-----|--------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| avión )                 |     |        |           |           |            |                   |
| Llamadas (Minutos)      | mes | 50.000 |           |           | 150.000    | 150.000           |
| <b>IMPREVISTOS</b>      |     |        |           |           |            |                   |
| Gastos imprevistos (5%) |     |        |           |           | 1.597.000  |                   |
| <b>TOTAL</b>            |     |        | 5.120.000 | 9.000.000 | 19.417.000 | <b>31.940.000</b> |

## Bibliografía

- Albouy, G. (2011). Hippocampus and Striatum: Dynamics and Interaction during Acquisition and Sleep-Related Motor Sequence Memory Consolidation. *Hippocampus & Striatum & Procedural Memory Consolidation*, 2-54.
- Barclay-Goddard R, S. T. (2008). Retroalimentación de la plataforma de fuerza en el entrenamiento del equilibrio en bipedestación después de una accidente cerebrovascular. *Biblioteca Cochrane Plus*, número 4.
- Burleigh-Jacobs, A., Horak, F. N., & Obeso, J. (1997). Step initiation in Parkinson's disease: influence of levodopa and external sensory triggers. *Mov Disorders*, 206–215.
- Campos, A. (2012). Tradução e adaptação para o português - Brasil do Balance Evaluation Systems Test e do Minibestest e análise de suas propriedades psicométricas em idosos e indivíduos com doença de parkinson. *Universidade Federal de Minas Gerais*, --.
- Cano de la Cuerda, R. (2011). Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorehabilitación. *Neurología*, 1-10.
- Chen, R. (2002). NERVOUS SYSTEM REORGANIZATION FOLLOWING INJURY. *Neuroscience*, 761-773.
- Chiel, H., & Ting, L. (2010). The Brain in its Body: Motor Control and Sensing in a Biomechanical Context. *Journal of Neuroscience*, 12807–12814.
- Christina, R. (1997). Concerns and Issues in studying and assessing motor learning. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 19-38.
- Downie, P. (2001). *Neurología para Fisioterapeutas*. Barcelona: Panamericana.
- Doyon, J. (2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current Opinion in Neurobiology*, 161-167.
- Duarte, M. (2000). Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi.estática, Escola de Educação Física e Esporte. *Universidade de Sao Paulo*, 1-13.
- Duncan, R. (2013). Comparative utility of the Bestest, MiniBestest and brief Bestest for predicting falls in individuals with Parkinson disease- A cohort Study. *Physical Therapy*, -.
- Franchignoni, F. (2010). Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation System's Test: the mini-BESTest. *J Rehabil Med*, 323–331.

- Geurts, A., & Haart, M. (2005). A review of standing balance recovery from stroke. *Gait & Posture*, 267-281.
- Gribble, P. (2003). Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. *Measurement in Physical Education and Exercise science*, 89-100.
- Haart, M., & Geurts, A. (2004). Recovery of Standing Balance in Postacute Stroke Patients: A Rehabilitation Cohort Study. *Arch Phys Med Rehabil*, 886-895.
- Halsband, U. (2006). Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. *Journal of Physiology*, 414-424.
- Hanlon, R. (1996). Motor learning Following Unilateral Stroke. *Archive Physical Medicine Rehabilitation*, 811-815.
- Hodges, P. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 21, 2640 - 2650.
- Hodges, P. (2003). Intra—abdominal pressure response to multidirectional support-surface translation. *Gait and Posture*, 163-170.
- Hodges, P. R. (1997). Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *Journal of Applied Physiology*, press.
- Horak, F. (1996). Postural orientation and equilibrium. *Handbook of physiology*, --.
- Horak, F. (2009). *BesTest. Balance Evaluation System Test*. Retrieved Noviembre 26, 2013, from BesTest. Balance Evaluation System Test: <http://www.bestest.us/>
- Horak, F., Wrisley, D., & Frank, J. (2009). The Balance Evaluation System Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. *Journal of the American Physical Therapy Association*, --.
- Hosseini, A. S. (2012). The impact of mental practice on stroke patients' postural balance. *Journal of the Neurological Sciences*, 263-267.
- Houweling, S. (2008). Neural changes induced by learning a challenging perceptual-motor task. *NeuroImage*, 1395-1407.
- Kantak, S. (2012). Learning—performance distinction and memory processes for motor skills: A focused review and perspective. *Behavioural Brain Research*, 219-231.
- Karlsson, A. (2000). Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clinical Biomechanics*, 365-369.
- Key, J. (2013). 'The core': Understanding it, and retraining its dysfunction. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 541-559.

- Kleim, J. (2011). Neural plasticity and neurorehabilitation: teaching the new brain old tricks. *Journal of Communication Disorders*, 521-528.
- Krakauer, J. (2006). Motor learning: its relevance to stroke recovery. *Current Opinion in Neurology*, 84-90.
- Lafond, D., & Duarte, M. (2004). Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of Biomechanics*, 1421–1426.
- Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 84-98.
- Lisinski, P. (2012). The body balance training effect on improvement of motor functions in paretic extremities in patients after stroke. A randomized, single blinded trial. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 31-36.
- Mancini, M., & Horak, F. (2012). Mobility Lab to Assess Balance and Gait with Synchronized Body-worn Sensors. *Bioengineering & Biomedical Science*, 2-5.
- Massion, J. (1998). Postural Control Systems in Developmental Perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 465–472.
- Michal, E. (2008). Effect of Focus of Attention and Age on Motor Acquisition, Retention, and Transfer: A Randomized Trial. *Physical Therapy*, 251-260.
- Narayan, K. (2011). Movement therapy induced neural reorganization. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 528-537.
- Nudo, R. (2003). ADAPTIVE PLASTICITY IN MOTOR CORTEX: IMPLICATIONS FOR REHABILITATION AFTER BRAIN INJURY. *J Rehabil Med*, 7-10.
- Nudo, R. (2011). Neural bases of recovery after brain injury. *Journal of Communication Disorders*, 512-520.
- P.W., H. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 21, 2640-2650.
- Paillex, R., & So, A. (2005). Changes in the standing posture of stroke patients during rehabilitation. *Gait and Posture*, 403–409.
- Pérennou, D. (2005). Evaluation of balance in neurologic and geriatrics disorders. *Ann Readapt Med Phys*, 317-335.
- Randall Flanagan, J. (2003). Prediction Precedes Control in Motor Learning. *Current Biology*, 146-150.
- Rijntjes, M. (2002). Recovery of motor and language abilities after stroke: the contribution of functional imaging. *Progress in Neurobiology*, 109-122.

- Rojas, J. (2006). Registro de enfermedad cerebrovascular isquémica. *Scielo*, 547-551.
- Rostami, H. (2009). Effects of motor skill practice on reaction time and learning retention in Parkinson's disease. *Neurology India*, 768-771..
- Rothwell, J. (2009). Motor learning and motor plasticity after stroke. *Neurorehabilitation*, -.
- Rugelj, D. (2010). The effect of functional balance training in frail nursing home residents. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 192-197.
- Sanz, M. (2003). Posturografía dinámica. *Rev Biomec*, 25-33.
- Schmidt, M. (1998). *Motor Control and learning: A behavioral emphasis*.
- Shumway-Cook A, W. M. (2000). *Motor Control: Theory and practical applications*. Baltimore: Lippincott Williams and Wil-.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (1995). *Control motor: teorías y aplicaciones practicas* . USA: Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2007). *Motor Control, translating research into clinical practice*. Filadelfia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Ting, L. (2007). Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Current Opinion in Neurobiology*, 622–628.
- Tsang, C., Liao, L., & Chung, R. (2013). Psychometric Properties of the Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) in Community-Dwelling Individuals With Chronic Stroke. *Physical Therapy*.
- Ustrell, X. (2007). Stroke. Diagnosis and Therapeutic Management of Cerebrovascular Disease. *Puesta al día*, 753-769.
- Vuillerme, N. (2007). How a plantar pressure-based, tongue-placed tactile biofeedback modifies postural control mechanism during quiet standing. *Exp Brain Res*, 547-554.
- Wieczorek, S. (2003). Equilibrio em adultos e idosos:Relacao entre tempo de movimento e acúracia durante movimentos voluntarios na postura em pé, Escola de Educacao Fisica e Esporte. *Universidade de Sao Paulo*, --.
- Winstein, C. (1998). Motor learning after unilateral brain damage. *Neuropsychologia*, 975-987.
- Winter, D. (1993). *A.B.C. of balance during standing and walking*. Waterloo: Waterloo Biomech.
- Wolpert, D. (2001). Perspectives and problems in motor Learning. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 487-494.

