



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
Facultad de Artes y Educación Física  
Departamento de Kinesiología

Impacto de una tarea de marcha sobre treadmill en un ambiente multisensorial de realidad virtual no inmersiva sobre los parámetros cinemáticos de la locomoción en usuarios con secuela de Accidente cerebrovascular

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Kinesiología

AUTORES: Francisca Cáceres Olivares  
James Ponce Worden

PROFESOR GUÍA: Juan José Mariman  
PROFESORES COLABORADORES: Gonzalo Varas  
Felipe Covarrubias

Santiago de Chile, agosto de 2018





Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
Facultad de Artes y Educación Física  
Departamento de Kinesiología

Impacto de una tarea de marcha sobre treadmill en un ambiente multisensorial de realidad virtual no inmersiva sobre los parámetros cinemáticos de la locomoción en usuarios con secuela de Accidente cerebrovascular

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Kinesiología

AUTORES: Francisca Cáceres Olivares  
James Ponce Worden

PROFESOR GUÍA: Juan José Mariman  
PROFESORES COLABORADORES: Gonzalo Varas  
Felipe Covarrubias

Santiago de Chile, agosto de 2018

# **Autorización**

2018, Francisca Cáceres O., James Ponce W.

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

# **Agradecimientos**

Nuestro especial agradecimiento a nuestros Profesores por brindarnos los permisos y espacios para la realización del estudio. A nuestro Profesor Guía por darnos consejos y apoyo durante todo el camino. A la Clínica los Coihues por permitirnos usar sus espacios. Finalmente, a nuestras familias por el apoyo para la realización de esta tesis.

Francisca Ignacia Cáceres Olivares  
James Albert Ezequiel Ponce Worden

## Tabla de contenido

Autorización	II
Agradecimientos	III
Tabla de contenido	IV
Resumen	VII
Introducción	1
Capítulo 1: Presentación	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Pregunta de investigación	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Objetivos	3
1.5 Justificación investigación:	3
Capítulo 2: Marco teórico	5
2.1 Accidente cerebrovascular	5
2.2 Epidemiología de Accidente Cerebrovascular mundial y en Chile	5
2.3 Accidente cerebrovascular isquémico	6
2.4 Accidente cerebrovascular hemorrágico	6
2.5 Evolución de la enfermedad:	6
2.6 Manifestaciones clínicas:	7
2.7 Alteraciones en la marcha	8
2.7.1 Alteraciones en los parámetros de la marcha:	8
2.8 Análisis de la marcha	9
2.9 Instrumentación análisis de la marcha	10
2.10 APDM Mobility Lab	10
2.11 Sistema zebris	11
2.12 Rehabilitación de la marcha:	12
2.13 Terapia convencional:	12
2.14 Realidad virtual en la rehabilitación	12
Capítulo 3: Marco metodológico	15
3.1 Tipo de investigación	15
3.2 Definición de población y muestra:	15

3.2.1 Población	15
3.2.2 Muestra	15
3.3 Criterios de inclusión y exclusión:	15
3.3.1 Inclusión:	15
3.3.2 Exclusión:	15
3.4 Definición variables:	16
3.5 Equipamiento:	17
3.6 Tarea de Realidad Virtual:	18
3.7 Procedimientos y mediciones	18
3.7.1 Procedimiento experimental:	18
3.8 Recopilación datos:	19
3.8.1 Análisis de los datos APDM:	19
3.8.2 Ficha clínica:	19
3.8.3 Plantilla Excel:	19
3.8.4 Técnicas de análisis estadístico	19
Capítulo 4: Resultados	20
4.1 Análisis descriptivo de la muestra	20
4.2 Análisis de las variables de la marcha:	20
4.3 Resultados de los promedios ambos hemicuerpos:	21
4.3.1 Cadencia	21
4.3.2 Tiempo del ciclo de marcha	21
4.3.3 Longitud de zancada	22
4.3.4 Velocidad de zancada	23
4.3.5 ROM tronco horizontal	23
4.3.6 ROM rodilla	24
4.3.7 ROM segmento tobillo-pierna	25
4.3.8 Porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo	25
4.4 Resultados Hemicuerpo sano v/s Hemicuerpo afectado	26
4.4.1 Longitud de zancada	26
4.4.2 Velocidad de zancada	27
4.4.3 ROM rodilla	28

4.4.4 ROM segmento tobillo-pierna	28
4.4.5 Apoyo unipodal	29
4.4.6 Oscilación	30
Capítulo 5: Discusión	31
5.1 Resultados en los parámetros cinemáticos	31
5.1.1 Promedios ambos hemicuerpos:	31
5.1.2 Hemicuerpo sano v/s afectado	32
5.1.3 Reflexión	32
5.2 Fortalezas y limitaciones	33
Capítulo 6: Conclusión	34
Capítulo 7: Sección final	35
7.1 Referencias	35
7.2 Anexos	39
Anexo 1: Acta de evaluación del Proyecto de Investigación y consentimiento	39
Anexo 2: Ficha de registro	45
Anexo 3: Escala de equilibrio de Berg	48
Anexo 4: Motor Assessment Scale (MAS)	53

# Resumen

Se le denomina accidente cerebrovascular (ACV) a la repentina interrupción del flujo sanguíneo a un área del cerebro. Las personas que sufren un ACV quedan con múltiples secuelas, sensoriales, cognitivas y motoras dependiendo de la zona afectada. Se estima que un 80% de las personas que han sufrido un ACV presentan una alteración en la marcha, restringiendo sus actividades de la vida diaria.

Si bien existe evidencia que ha descrito de manera sistemática las distintas estrategias terapéuticas para la marcha, no se ha podido llegar a un consenso de cual es más efectiva. Por lo que, es necesario investigar terapias con nueva tecnología y su efecto en la rehabilitación de la marcha.

En este estudio se seleccionaron 11 sujetos secueledos de ACV con un tiempo de lesión mínimo de 6 meses. Cada sujeto realizó dos tareas sobre treadmill, con realidad virtual y sin realidad virtual, durante 5 min. Nuestra hipótesis es que los pacientes que utilicen la realidad virtual (RV) tendrán un mejor rendimiento que sin ésta.

Se encontraron resultados significativos en los parámetros, concluyendo que la RV tiene un impacto inmediato en la modulación de la marcha.

Palabras claves: Accidente cerebrovascular, marcha, realidad virtual, rehabilitación, parámetros cinemáticos.



# Introducción

Chile al igual que en otros países del mundo está pasando por una transición demográfica en donde se espera que para el 2025 la relación de adulto mayor sería de 103 por cada cien menores de 15 años. (INE, 2007). El ACV es un factor de discapacidad muy importante que afecta principalmente a la población adulto mayor, generando múltiples deterioros en todos los aspectos de su vida, por lo que, frente al cambio inminente de la población, es fundamental buscar nuevas terapias que entreguen una mayor independencia y autonomía en sus actividades de la vida diaria.

La realidad virtual (RV) se ha comenzado a utilizar como herramienta terapéutica en la rehabilitación de la marcha en personas que sufrieron un ACV, la cual se ha ido potenciando con el avance de la tecnología. Se ha visto que la RV consigue resultados prometedores en varios parámetros de la marcha como: velocidad, cadencia y longitud del paso, mejorando la funcionalidad del paciente. Además, entrega la posibilidad de entrenar en un ambiente seguro, disminuyendo el miedo a las caídas y aumentando la motivación del paciente.

Esta investigación nos permitió explorar los cambios inmediatos generados por la RV no inmersiva por medio del feedback visual entregado a los sujetos secuestrados de ACV en sus parámetros cinemáticos de la marcha. El estudio consistió en 2 tareas de marcha sobre treadmill, una sin realidad virtual y una con realidad virtual, comparando los resultados obtenidos entre las tareas para así determinar en qué parámetros de la marcha había cambios significativos.

# Capítulo 1: Presentación

## 1.1 Planteamiento del problema

El ACV es una de las más grandes causas de discapacidad. En Chile se estima una incidencia de 130 por 100.000 habitantes/año y una prevalencia de 6 por 1.000 habitantes, aumentando con la edad (hasta 25 x 1.000 sobre los 65 años). Se constituye como la segunda causa de muerte general y representa el 9% de todas las muertes en nuestro país (Moyano, 2010). Es por tanto un problema de salud pública en Chile y es necesaria una investigación de las terapias que van apareciendo como es la realidad virtual.

Nuestro país, al igual que los países desarrollados, está viviendo una etapa avanzada de transición al envejecimiento demográfico, observándose en el último censo del año 2017 un descenso de la población menor de 15 años y un aumento de la población adulto mayor de un 6,6% en el año 1992 a un 11,4% en el 2017 (INE, 2018). La RV es una innovadora plataforma en que se une el usuario a un ambiente seguro y lleno de estimulación sensorial. En los últimos años, se ha comenzado a utilizar de manera experimental en la rehabilitación funcional en personas con daño en el sistema nervioso central (Saposnik G, Levin M, 2011), ya que permite simular múltiples actividades que el paciente puede realizar dependiendo del objetivo de la terapia. Existe evidencia desde revisiones sistemáticas realizadas por Moreira (Moreira et al, 2013) y Corbetta (Corbetta et al, 2015) en las que apoyan el uso de la RV como estrategia de neurorehabilitación en pacientes con ACV. Sin embargo, la metodología de estos estudios se trataba de entrenamiento en plazo de semanas a cada uno de los sujetos, sin un análisis de efecto inmediato que busque determinar de qué modo la RV genera modulación de la marcha. Por lo que el objetivo de este estudio será cuantificar el impacto inmediato de la RV sobre los parámetros cinemáticos de la marcha en usuarios secuestrados con ACV.

## 1.2 Pregunta de investigación

¿La tarea de marcha sobre treadmill en un ambiente de RV no inmersiva generará efectos positivos inmediatos en parámetros cinemáticos de la locomoción en usuarios secuestrados de ACV?

### **1.3 Hipótesis**

Nuestra hipótesis propone que los usuarios secuestrados de ACV que entrenan marcha sobre treadmill utilizando realidad virtual no inmersiva presentan un mayor rendimiento, reflejado en parámetros cinemáticos (ROM tronco, rodilla, tobillo pierna, longitud del paso, cadencia, tiempo de ciclo de marcha, velocidad de zancada, porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo), en comparación a un entrenamiento locomotor sobre treadmill convencional.

### **1.4 Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Describir el impacto de una tarea de marcha sobre treadmill con obstáculos en un ambiente de realidad virtual no inmersiva en parámetros cinemáticos de la marcha de usuarios con secuela de ACV

#### **Objetivos específicos:**

1. Determinar el comportamiento del ROM de tronco, rodilla y del segmento tobillo-pierna. así como la longitud del paso, cadencia, tiempo de ciclo de marcha, velocidad de zancada y porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo del grupo de pacientes caminando sobre treadmill sin RV
2. Determinar el comportamiento de las variables antes identificadas en el mismo grupo de pacientes caminando sobre treadmill con RV no inmersiva durante una tarea con obstáculos y feedback online.
3. Comparar distribución de las variables identificadas bajo las dos condiciones de marcha.

### **1.5 Justificación investigación:**

Los factores de riesgo cardiovascular van cada vez más en aumento, lo que genera un mayor porcentaje de la población que puede sufrir un ACV, por lo que creemos necesario que existan más investigaciones acerca de las terapias disponibles para estos pacientes y su real impacto sobre la recuperación de la funcionalidad.

La marcha es una de las funciones más importantes del ser humano, sin ésta no podemos desarrollar de forma óptima nuestras actividades diarias. Se ha visto que una gran parte de los

pacientes post ACV sufren la pérdida de la funcionalidad locomotora, lo que conlleva a una restricción de sus niveles de participación, aumento de la discapacidad y su calidad de vida.

El rol del kinesiólogo siempre va enfocado en entregar una mejor calidad de vida a la población con la rehabilitación, y es por esto, que es importante considerar una terapia que traiga consigo múltiples beneficios para los pacientes, en este caso usuarios secuestrados de ACV.

Por lo tanto, buscamos determinar el impacto de los cambios inmediatos en los parámetros de la marcha después de la aplicación de realidad virtual, para poder fomentar el uso de esta terapia y sus beneficios, como una mayor recuperación de la funcionalidad, mejoramiento de su calidad de vida y una mayor integración social.

# Capítulo 2: Marco teórico

## 2.1 Accidente cerebrovascular

El término de Enfermedad cerebrovascular (ECV) denota a cualquier anormalidad del cerebro causado por un proceso patológico de los vasos sanguíneos cerebrales. El término Accidente cerebrovascular (ACV) es utilizado para definir clínicamente una disfunción neurológica aguda vascular con signos y síntomas correspondientes al daño de un área del cerebro secundaria a una oclusión o ruptura de un vaso sanguíneo.

La OMS define ACV como un síndrome clínico de desarrollo rápido, perturbación focal de la función cerebral, de origen vascular y de más de 24 horas de duración (OMS, 2011). Esta perturbación focal es provocada por la interrupción del flujo sanguíneo. Según su naturaleza, este tipo de enfermedades se puede presentar como isquemia o como hemorragia (Diez-Tejedor E. et al, 2001).

## 2.2 Epidemiología de Accidente Cerebrovascular mundial y en Chile

La incidencia a nivel mundial de ACV al año 2013 era de 10.3 millones de nuevos casos, siendo un 67% de origen isquémico y un mayor porcentaje en hombres que en mujeres. Los accidentes cerebrovasculares fueron la causa de más de 3 millones de muertes en el 2013 (Benjamin et al, 2017)

En Chile, es la principal causa de muerte, con 9.004 fallecidos el año 2013, lo que corresponde a una persona por hora. Se calcula que anualmente hay 24.964 casos nuevos, por lo que hoy en día hay 69 casos cada día (IHME, 2013). El ACV isquémico es la causa más frecuente de Enfermedad Cerebrovascular (ECV) representando aproximadamente 65% de todos los eventos cerebrovasculares. En el estudio de carga de enfermedad (MINSAL, 2007), en el subgrupo de mayores de 75 años la ECV es la primera causa específica de años de vida saludables perdidos (AVISA) y en el de 60 y 74 años representa la quinta causa específica de AVISA. El único estudio poblacional de incidencia de ECV en Chile (Lavados, 2005) es el estudio de PISCIS realizado en Iquique 2000-2002, entregando que la incidencia de ACV es de 140,1 por 100.000 habitantes año. Los ACV se distribuyeron en 63% isquémicos, 23% hemorragia intracerebral, 5% hemorragia subaracnoidea.

### **2.3 Accidente cerebrovascular isquémico**

Un ACV isquémico es consecuencia de una interrupción del flujo sanguíneo en un vaso del cerebro, provocado principalmente por trombosis y embolias arteriales o cardiogénicas, representa el tipo de ACV más común. Entre los efectos debido a la cascada de acontecimientos posterior a una isquemia cerebral se encuentran: (a) muerte neuronal con consiguiente pérdida de la función nerviosa, (b) depleción de oxígeno o glucosa, provocando pérdida de suministro energético, (c) deterioro de la integridad estructural del tejido, (d) la isquemia cerebral tiende a activar mecanismos inmunes lo cual puede ser causa de una exacerbación del daño y deterioro de la persona, además la falta de flujo sanguíneo resulta en excitotoxicidad, liberación de radicales libres, cambios inflamatorios, muerte de astrocitos y lesión de materia blanca, entre otras (Porth, 2006; Deb P., et al, 2010).

### **2.4 Accidente cerebrovascular hemorrágico**

Un ACV hemorrágico es consecuencia de una extravasación en el tejido cerebral. Este es resultado de una ruptura espontánea de un vaso por diversas causas como: hipertensión, aneurisma, malformación arteriovenosa, traumatismo craneano o discrasia sanguínea. La hemorragia producida conduce a un edema y posterior compresión del contenido cerebral o espasmo de los vasos sanguíneos vecinos. En el mayor de los casos una hemorragia en el interior de los ganglios basales produce una hemiplejía contralateral con flacidez inicial que avanza a una espasticidad. La compresión de la sustancia cerebral con progresión rápida conduce a un estado de coma. Hay tres efectos principales de la compresión cerebral: (a) hipoxia debido a la falta de suministro sanguíneo, (b) efecto irritante de la liberación de sangre sobre el parénquima y la vasculatura, (c) aumento de la presión intracraneal debido al sangramiento, el cual puede restringir aún más el flujo cerebral (Porth, 2006; Deb P., et al, 2010). Existen dos tipos de ACV hemorrágico: intracerebral (en pequeñas arterias o arteriolas) y subaracnoidea (debido a ruptura de aneurisma desde la base del cerebro).

### **2.5 Evolución de la enfermedad:**

Luego de ocurrido un accidente cerebrovascular, la evolución más probable es de recuperación, siguiendo ésta una curva ascendente de pendiente progresivamente menor (Moyano, 2010).

Fase aguda: Comprende el curso inicial desde la instauración del ACV y su signo más determinante es la hipotonía. Suele ser el tiempo que el paciente permanece en cama. (Arias, 2009)

Fase subaguda: Se identifica con la aparición de espasticidad e hiperreflexia, y normalmente va acompañado de recuperación motora en los casos favorables, por lo que marcará el inicio de la fase de trabajo activo por parte del paciente para la recuperación de fuerza y coordinación (Arias, 2009).

Fase crónica: Se da cuando se llega a un estado de muy poca variabilidad de recuperación del cuadro, generalmente ocurre a los 6 meses, siendo en algunos casos en menos o más tiempo dependiendo de la gravedad. La recuperación a partir de este momento será relativa, de manera que el esfuerzo terapéutico ya no irá encaminado a la recuperación del déficit perdido sino a la adaptación a la situación funcional que resta y del entorno del paciente. (Arias,2009)

## **2.6 Manifestaciones clínicas:**

Según la guía clínica de la fundación nacional de ACV de Australia (Clinical Guidelines, National Stroke Foundation, 2010), las principales manifestaciones clínicas son:

1. Disfagia: La dificultad en la deglución es una consecuencia común del ACV y se le asocia con un alto riesgo de complicación como aspiración, neumonía y malnutrición.
2. Paresia: Pérdida incompleta del movimiento voluntario debido a interrupción de la vía motora en cualquier punto desde la corteza cerebral hasta la fibra muscular.
3. Afasia: Trastorno del lenguaje que se caracteriza por la incapacidad o la dificultad de comunicarse.
4. Dispraxia: Problemas en la coordinación del movimiento.
5. Disartria: Dificultad para articular sonidos y palabras
6. Alteraciones de la memoria: El ataque cerebral puede causar daño a partes del cerebro responsables de la memoria, el aprendizaje y el estado de alerta.
7. Agnosia: Es la incapacidad para reconocer e identificar las informaciones que llegan a través de los sentidos, especialmente la vista.

8. Negligencia: Es la incapacidad del paciente para orientarse o responder hacia un estímulo que se presenta en el espacio contralateral al lugar de la lesión cerebral
9. Disminución del campo visual: La disminución del campo visual se produce en aproximadamente un tercio de los sobrevivientes de un accidente cerebrovascular y generalmente afecta a la mitad del campo de visión en ambos ojos (hemianopsia homónima).
10. Alteraciones en la marcha: La marcha hemiparética es la más común, secundaria a un daño cerebral unilateral (vascular, traumático o tumoral). Para sacar el paso, el paciente inclina el tronco hacia el lado sano y abduce la cadera del lado parético, realizando un semicírculo al dar el paso; se acompaña de tono aumentado en extensión de rodilla, flexión plantar de tobillo y pie varo.

## **2.7 Alteraciones en la marcha**

El 67% de los pacientes que han tenido un ACV tienen limitaciones en la marcha, y el patrón más común de alteración es la llamada marcha hemiparética (Duncan et al 2005). La marcha hemiparética se caracteriza, principalmente, por un patrón asimétrico de locomoción asociado con la debilidad motora contralateral, déficits de control motor, pérdida sensorial y/o propioceptiva (Sheffler y Chae, 2015). La pérdida del control motor selectivo perturba la secuencia coordinada y fluida de las contracciones del músculo del miembro inferior, lo que caracteriza la marcha normal. En ausencia de control selectivo, un paciente hemiparético puede sustituir patrones primordiales de sinergia locomotora para aumentar la estabilidad de la postura y para facilitar la marcha (Sheffler y Chae, 2015). La falta de estabilidad se puede deber a componentes mecánicos (fuerza o limitación de movimiento articular), modificaciones del tono, coordinación motora y componentes de organización sensorial (Bonan I et al, 2004).

### **2.7.1 Alteraciones en los parámetros de la marcha:**

La alteración más notable en la marcha después de un ACV es la disminución de la velocidad de la marcha (Goldie & Matyas, 2001). Los dos determinantes de esto son la cadencia y el largo del paso, los cuales se encuentran disminuidos en un paciente post ACV. La fase de doble apoyo aumenta en estos pacientes (Sheffler, L. y Chae, J., 2015).

Existe un aumento en la inclinación de la pelvis, debido a la debilidad de los abductores de cadera (glúteo menor y medio), así como también un aumento de los movimientos laterales del tronco. Por otro lado, existen disminuciones de la flexión de cadera y de tobillo del lado afectado. La combinación de la disminución de la flexión de cadera y de rodilla en la fase de oscilación contribuye a la dificultad para liberar del piso a la extremidad afectada (Sheffler, L. y Chae, J., 2015).

## **2.8 Análisis de la marcha**

El análisis cualitativo y cuantitativo de la marcha es de gran interés para los investigadores y clínicos, debido a que las alteraciones en los parámetros que la conforman han sido asociadas con factores antropométricos, procesos o cambios normales relacionados con el proceso de envejecimiento, o como consecuencia de alteraciones biomecánicas a causa de diferentes patologías (Daza, 2007).

Para la evaluación se puede usar la observación directa ya sea en una pasarela o con instrumentos más objetivos para obtener datos cuantitativos, se recomienda más este último método que permite crear un diagnóstico, tratamiento y seguimiento más eficaz del paciente. (Bensoussan, 2008).

La marcha humana se estudia normalmente utilizando electromiografía, y análisis cinemático/cinético con referencia a diferentes aspectos del ciclo de la marcha. Entendemos como cinemática a la ciencia que estudia el movimiento en sus condiciones de espacio y tiempo, sin tener en cuenta las causas que lo producen, dentro de los parámetros de la marcha tenemos:

Dentro de los parámetros encontramos: (Shumway-Cook & Woollacott, 2011).

1. Longitud del paso: Es la distancia de contacto del talón de un pie con el suelo al contacto de talón del pie opuesto.
2. Longitud de la zancada: Es la distancia entre el toque del talón en el suelo hasta al otro contacto de talón del mismo pie.
3. Amplitud de base: Es la distancia entre ambos pies, generalmente entre los talones, que representa la medida de la base de sustentación.
4. Oscilación: Porcentaje del ciclo de la marcha durante el cual la extremidad inferior

permanece en el aire y avanza hacia delante.

5. Doble apoyo: Porcentaje del ciclo de la marcha durante el cual ambos pies contactan el suelo.
6. Cadencia: Es el número de pasos por unidad de tiempo.
7. Velocidad: Se define como la relación entre la distancia recorrida por unidad de tiempo
8. Rango de movimiento (ROM): Es la distancia, normalmente expresada en grados, que puede recorrer una articulación desde su posición neutra hasta su límite máximo en la realización de un movimiento.

## **2.9 Instrumentación análisis de la marcha**

1. Acelerómetro: es un sensor que mide la aceleración de una persona cuando se mueve. Puede ser uniaxial o triaxial, según mida las aceleraciones en una sola dirección (vertical) o lo haga en tres direcciones (antero-posterior, medio-lateral y longitudinal) (M. J. Aguilar Cordero y cols, 2014).
2. Giroscopio: Es un dispositivo que permite conocer cómo varía un ángulo. Así como también la velocidad angular de rotación o qué tan rápido gira sobre sí mismo un objeto en el tiempo. Existen diversos tipos de giroscopios, cada uno de los cuales están regidos por principios físicos diferentes, mecánicos, ópticos y electrónicos.
3. Magnetómetro: Los magnetómetros son sensores que detectan la dirección y magnitud del campo magnético al cual están expuestos.

## **2.10 APDM Mobility Lab**

Para el análisis de la marcha, en este estudio utilizamos el APDM Mobility Lab, el cual es un sistema confiable, sensible y validado que se compone de 1 a 6 sensores inerciales inalámbricos con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro, sincronizados entre ellos y de forma independiente. Los cuales transmiten la información a un punto de acceso común, que se comunica con la computadora en el software Mobility lab, el cual genera un análisis automatizado y crea informes de la información recolectada.

APDM ofrece un conjunto de complementos para Mobility Lab™. Cada complemento es una versión instrumental de un protocolo clínico ampliamente aceptado (Mancini et al, 2011).

Estos son:

1. Instrument Timed-up and go plugin (ITUG): El ITUG caracteriza objetivamente 53 parámetros durante las transiciones posturales como sentarse, caminar y girar. Cada uno de estos parámetros ha sido previamente validado con un sistema de análisis de movimiento en un laboratorio de marcha.
2. Instrumented Sway (ISway): ISway mide objetivamente la amplitud, la velocidad, la frecuencia y las sacudidas del balanceo postural en las direcciones lateral y anterior-posterior con 42 métricas
3. Instrumented Stand and Walk: Esta breve prueba fue diseñada para combinar medidas de balanceo postural, ajustes posturales anticipatorios durante el inicio del paso, la marcha y la transformación en uno, protocolo rápido. Se instruye a los sujetos para que permanezcan quietos durante 30 segundos y luego se les pide que caminen a su velocidad cómoda durante 7 m, giren 180° y vuelvan al punto de partida
4. Instrumented Long Walk plugin (IWalk): Este es el único complemento que no tiene un protocolo fijo, ya que los pacientes pueden caminar cualquier distancia desde 7 m hasta 7 km, siempre y cuando la caminata sea en línea recta y todos los giros sean 180 grados. IWalk permite calcular parámetros de marcha adicionales que de otro modo no se pueden medir con distancias cortas para caminar, como la variabilidad de la marcha, la coordinación (índice de coordinación de fase) y la asimetría.

## **2.11 Sistema zebris**

El sistema Rehawalk® de zebris (zebris Medical GmbH, 2016-2017) asistido con treadmill está diseñado para el análisis y tratamiento de trastornos de la marcha en la rehabilitación neurológica, ortopédica y geriátrica. Con campos de aplicación en pacientes con ACV, Enfermedad de Parkinson, endoprótesis de cadera o rodilla, entre otras. Dentro de sus beneficios está el entrenamiento de la marcha a través de señales visuales y acústicas, así como retroalimentación virtual. Posee tres funciones:

1. Entrenamiento de la marcha a través de pautas visuales adaptativas.
2. Marcha, coordinación y entrenamiento cognitivo usando feedback virtual.
3. Entrenamiento de doble tarea para habilidades motoras y cognitivas.

## **2.12 Rehabilitación de la marcha:**

De la población que sufre ACV, un 15 a 30% resulta con un deterioro funcional severo a largo plazo, lo que implica un alto grado de dependencia de terceros (Moyano, 2010), por lo que es de suma importancia determinar cuál es la mejor alternativa terapéutica para lograr una óptima recuperación funcional.

Existen variadas alternativas terapéuticas para la rehabilitación de la marcha de pacientes secuestrados de un ACV, las cuales han sido complementadas en el último tiempo con el avance de la tecnología en este campo. Una de estas es la realidad virtual (RV) la que utilizaremos en esta investigación.

## **2.13 Terapia convencional:**

Se han realizado numerosos estudios de la rehabilitación de la marcha en pacientes post stroke, pero no se ha logrado definir una técnica superior a la otra (Pollock et al, 2014). Una revisión de Cochrane encontró que la repetición y tareas específicas mejoraron la distancia en la marcha y velocidad (French et al, 2007), esto es lo que más se recomienda, y se puede complementar con entrenamiento sobre treadmill con o sin soporte de peso, indicación rítmica de la cadencia, feedback articular o realidad virtual, pero en esta última, si bien se han encontrado resultados positivos, falta aún más investigación (Clinical Guidelines, National Stroke Foundation, 2010).

## **2.14 Realidad virtual en la rehabilitación**

La RV es un ambiente de simulación multisensorial e interactivo que se produce en tiempo real, entregando al usuario oportunidades de participar en entornos aparentemente reales (Henderson et al, 2007). Últimamente, la RV se ha incorporado, de forma experimental, como un medio de ayuda a la rehabilitación funcional para personas con daño en el sistema nervioso central (SNC), ya que supone una estimulación multimodal para quienes la utilizan (Saposnik G, Levin M, 2011). Se considera que genera un flujo importante de información visual al participante como parte del feedback interactivo, lo cual puede mejorar la eficacia de aprendizaje de habilidades motoras (Yang, S et al, 2011). El ambiente se clasifica en inmersivo y no inmersivo, según la sensación generada al usuario y su nivel de inmersión en el mundo virtual (Henderson et al, 2007).

1. Ambiente inmersivo: Un ambiente inmersivo se consigue a través de múltiples pantallas, una de gran dimensión que cubra en gran parte el campo visual, casco de realidad virtual o ambientes con sistemas de captura de video, logrando una navegación egocéntrica donde el usuario puede incluso ver una representación de sus extremidades.
2. Ambiente no inmersivo: En cambio un entorno no inmersivo, se logra por medio de un ambiente virtual generado en un monitor de alta resolución con o sin dispositivos tales como mouse, joysticks o plataforma de fuerza (Henderson et al, 2007; Rosa et al, 2015).

El uso de realidad virtual como complemento a la terapia supone múltiples ventajas. La posibilidad de controlar de forma precisa y repetible cada una de las sesiones, la recreación de entornos virtuales seguros para practicar habilidades con un riesgo potencial en el mundo real, la posibilidad de desarrollar plataformas de telerehabilitación y la capacidad de adaptar las interfaces a las limitaciones motoras del usuario (B. Peñasco-Martín, et al , 2010). A pesar de todas estas ventajas, se plantea una serie de cuestionamientos a la hora de aplicar la RV a la neurorrehabilitación: ¿Pueden estas actividades mejorar la capacidad motora requerida para la marcha en pacientes que han sufrido ACV?, ¿Va a ser posible transferir las nuevas habilidades adquiridas mediante la práctica en entornos virtuales a un entorno real?, ¿Son equivalentes los movimientos realizados en entornos virtuales y reales?

Se ha reportado que la aplicación de un entrenamiento en treadmill combinado con un ambiente comunitario virtual en pacientes con ACV crónico genera mejoras en la habilidad de la marcha (Yang et al, 2008). En un estudio piloto (Cho KH, Lee WH, 2013), encontraron que la RV logra mejorar el balance en la marcha y parámetros espacio-temporales (velocidad y cadencia). Existe evidencia desde revisiones sistemáticas realizadas por Moreira (Moreira et al, 2013) y Corbetta (Corbetta et al, 2015) que apoyan el uso de la RV como estrategia de neurorehabilitación en pacientes con ACV. Moreira menciona que el uso de la RV es un método prometedor que genera beneficios sobre los parámetros de la marcha independiente del protocolo utilizado. Corbetta indica que esta estrategia es más útil que la rehabilitación convencional, en parámetros tales como velocidad de marcha, balance y movilidad. En otra revisión sistemática en el año 2016 (de Rooij et al, 2016), los autores llegaron a esta misma

conclusión, que el entrenamiento con RV es más efectiva que el entrenamiento convencional en mejorar el balance y la marcha.

Varios estudios han logrado demostrar la eficacia de la RV por medio de diferentes formas de trabajo, se ha visto que el entrenamiento del control postural con ayuda de la RV ha tenido gran efecto en la longitud de la zancada (Park Y-H et. al, 2013).

También un estudio, en que utilizaban una treadmill y grabaciones basadas en el mundo real lograron gran efecto en el balance dinámico y la marcha en pacientes con ACV crónico (Cho K.H. & Lee W.H, 2014). En un estudio realizado por Cho K.H. et al, en el año 2015, encontraron que un entrenamiento de doble tarea con RV puede mejorar parámetros de la marcha como velocidad de marcha, cadencia, longitud del paso y longitud de zancada.

A pesar de los resultados positivos informados para las intervenciones de RV, las revisiones sistemáticas publicadas concluyeron que la evidencia de RV en la marcha, las funciones de los miembros inferiores y la mejora del equilibrio es limitada (Luque-Moreno C. et al, 2015) , conclusión similar se llegó en una revisión sistemática de Cochrane publicada en el 2011 diciendo que no hay evidencia suficiente para concluir la efectividad de la realidad virtual en mejorar la velocidad de la marcha en pacientes con ACV (Laver et al, 2011).

Por esto es importante aumentar el número de investigaciones que demuestren los resultados del uso de esta terapia para la rehabilitación, así como también ver si son o transferibles a ambientes más naturales y en el tiempo.

# Capítulo 3: Marco metodológico

## 3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter cuantitativo, con diseño intrasujeto experimental y prospectivo.

## 3.2 Definición de población y muestra:

### 3.2.1 Población

Pacientes que han sufrido ACV en etapas subagudas y crónica, que actualmente estén recibiendo tratamiento kinésico en la Clínica los Coihues, ubicada en la comuna de Estación Central

### 3.2.2 Muestra

11 pacientes adultos (18-60 años) con secuela de hemiparesia producto de ACV, definidos mediante un muestreo por conveniencia

## 3.3 Criterios de inclusión y exclusión:

### 3.3.1 Inclusión:

1. Usuarios con un tiempo de evolución de su ACV mayor a 6 meses.
2. Que logren marcha independiente con/sin ayuda técnica, determinado por kinesiólogo tratante
3. Que posean un riesgo bajo o medio de caída, determinado por un puntaje mínimo de 21 puntos en la escala de balance de Berg.
4. Que al momento de la evaluación presenten una condición cardiovascular suficiente para sostener un esfuerzo aeróbico de al menos 6 min. Esto fue evaluado mediante el control de frecuencia cardiaca, presión arterial y sensación subjetiva de esfuerzo antes y después de las evaluaciones.

### 3.3.2 Exclusión:

1. Usuarios que no logren marcha independiente
2. Que posean problemas sensoriales o atencionales que limiten la detección de estímulos desde un lado del espacio externo, como hemianopsia o heminegligencia, diagnosticado por neurólogo.

3. Que posean problemas en la marcha por un origen complementario al neurológico, como patologías degenerativas musculoesqueléticas o traumatismo.

### 3.4 Definición variables:

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Instrumento</b>
Largo de zancada	Distancia entre dos contactos iniciales consecutivos del mismo pie.	Cinemática	Metros	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Tiempo de ciclo de marcha	Duración del ciclo de marcha completo.	Cinemática	Segundos	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Velocidad de zancada	Velocidad con la que realiza la zancada.	Cinemática	Metro/seg	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Cadencia	Cantidad de pasos en un tiempo dado.	Cinemática	Pasos/min	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo	Porcentaje del ciclo de marcha en que ambos pies están en contacto con la superficie.	Cinemática	Porcentaje	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Porcentaje de ciclo de marcha en apoyo unipodal.	Porcentaje promedio de un ciclo de marcha que cualquiera de los pies está en el suelo.	Cinemática	Porcentaje	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
ROM tronco	Rango de	Cinemática	Grados	Sensor inercial

horizontal	movimiento del tronco en el plano horizontal durante la marcha.			con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
ROM rodilla	Rango de movimiento de la rodilla durante la marcha.	Cinemática	Grados	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
ROM tobillo-pierna	Rango de movimiento del segmento tobillo pierna durante la marcha.	Cinemática	Grados	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.
Porcentaje de ciclo de marcha en oscilación	Porcentaje promedio de un ciclo de marcha que cualquiera de los pies está fuera del suelo	Cinemática	Porcentaje	Sensor inercial con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro.

### 3.5 Equipamiento:

1. Treadmill HP-Cosmos adaptado con plataforma de fuerza (fig.1)
2. Aparato APDM (laboratorio de marcha portátil de sensores inerciales con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro integrados a software Mobility Lab). Bioinstrumento que registra variables cinemáticas de la marcha y el balance, utilizado para la rehabilitación física de personas con desórdenes de estos. Tal información se transmite a un software (Mobility Lab).
3. Sistema Zebris. Sistema que entrega posibilidad de programar escenario de realidad virtual específico para el entrenamiento de la marcha (fig.2).
4. Sensor de la frecuencia cardiaca Polar RS800CX.

### 3.6 Tarea de Realidad Virtual:

Se realizó 5 minutos de marcha sobre treadmill con RV visualizado a través de una pantalla de 52 pulgadas. El ambiente virtual no inmersivo y los respectivos obstáculos y variabilidad de paisajes fue programado por equipo investigador en sistema zebris.

En la pantalla se presenta un sendero en el bosque, el cual está sincronizado con la treadmill donde a medida que el paciente camina se le irán presentando una serie de obstáculos que los deberá ir superando, ya sea pasando por el lado o por arriba, a medida que cumpla con superar el obstáculo se le brindará un puntaje, y así hasta llegar a la meta.



fig.1: Treadmill HP-cosmos



fig.2: Tarea realidad virtual sistema zebris

### 3.7 Procedimientos y mediciones

#### 3.7.1 Procedimiento experimental:

1. Posterior a la aprobación del proyecto por el Comité de Ética del Centro de Salud Metropolitano Oriente, se procedió a solicitar la lectura y firma de un consentimiento informado para la realización de la investigación a cada participante.
2. Adquisición de datos de personajes a través de entrevista inicial: edad, diagnóstico, actividades de rehabilitación del último mes, tiempo transcurrido desde el ACV, hemicuerpo afectado. Posterior a esto se midieron los signos vitales de base.
3. Se procedió a someter a cada sujeto a un protocolo de entrenamiento de marcha que incluyó una fase de pre-test de duración de 1 min para establecer la velocidad de marcha ideal para cada sujeto.
4. Finalizado el pre-test, se procedió a la instalación de los sensores inerciales en las 4 extremidades, tronco superior y región lumbar, los cuales registraron los parámetros cinemáticos de la marcha en las dos condiciones (marcha sin RV y marcha con RV).

5. Luego se les dio una breve introducción de las tareas y al momento de la realización de éstas no hubo comunicación sujeto-investigador. Cada tarea fue supervisada por el equipo y un Kinesiólogo de la Clínica.
6. Cada paciente fue sometido a dos tareas de marcha, una sin RV y una con RV, de 5 min cada una. El orden de las tareas fue contrabalaceado, de manera tal que la primera mitad fue sometida inicialmente a la tarea sin RV y la otra mitad inició con la tarea con RV.
7. Durante el descanso de 3 min y al finalizar el protocolo se les tomó los signos vitales y se aplicó la escala de Borg.
8. En el caso de que el sujeto sintiera riesgo de caída, dolor, fatiga, que no pudiese continuar o que no mirara continuamente la pantalla, se cancela la medición.

### **3.8 Recopilación datos:**

#### **3.8.1 Análisis de los datos APDM:**

Para el análisis de los datos del APDM, se utilizó el Mobility Lab, el cual arroja un PDF con todas las variables de la marcha durante las tareas, captadas por los sensores.

#### **3.8.2 Ficha clínica:**

Se utilizó una ficha durante el procedimiento para anotar los signos vitales del paciente, la velocidad de la caminadora y los antecedentes de este mismo, como la edad, sexo, tiempo de lesión, lado afectado y tratamiento kinésico que realizaba.

#### **3.8.3 Plantilla Excel:**

Los datos obtenidos por cada paciente en Mobility Lab fueron tabulados en una plantilla Excel y ordenados.

#### **3.8.4 Técnicas de análisis estadístico**

El análisis de datos se realizó con el programa estadístico R-Studio, que en primera instancia fue determinar el tipo de distribución de la muestra, para luego aplicar la prueba t-test para las variables promedio de ambos hemicuerpos y ANOVA de dos vías para el análisis de las variables entre hemicuerpos.

# Capítulo 4: Resultados

## 4.1 Análisis descriptivo de la muestra

La muestra final que participaron en la investigación quedó compuesta de 11 sujetos.

Tabla N°1 Edades

Media (años)	DS	Mínima	Máxima
52	14,55	32	75

Tabla N°2 Sexo

Sexo	Cantidad
Femenino	4
Masculino	7

Tabla N°3 Tiempo de evolución

Media (meses)	DS	Mínima(meses)	Máxima (meses)
22,45	16,09	6	64

Tabla N°4 Puntajes de las escalas BERG y MAS

Escala	Media	DS	Mínima	Máxima
BERG	43,67	11,58	26	56
MAS	29,89	12,02	15	48

## 4.2 Análisis de las variables de la marcha:

Para estudiar el tipo de distribución se aplicó el test Shapiro-Wilk. Las variables para la sección de promedios de ambos hemicuerpos fueron contrastadas de acuerdo con su rendimiento en las dos situaciones experimentales (sin RV v/s con RV) mediante la prueba de t-test pareada o Wilcoxon. En cambio, para las variables de la sección de comparación entre hemicuerpos se analizaron sus rendimientos en las dos tareas (sin RV v/s con RV) mediante

ANOVA de dos vías. El nivel de significancia de los resultados fue de  $p < 0.05$

### 4.3 Resultados de los promedios ambos hemicuerpos:

Los resultados que se presentarán a continuación son el promedio de las medias de cada variable de todos los sujetos en cada tarea

#### 4.3.1 Cadencia

En el análisis de los resultados de los promedios de la cadencia, no se encontraron diferencias significativas comparando sus rendimientos en ambas tareas. ( $p = 0.1482$ ). Los valores presentados son los promedios la cadencia media de los sujetos en cada tarea.

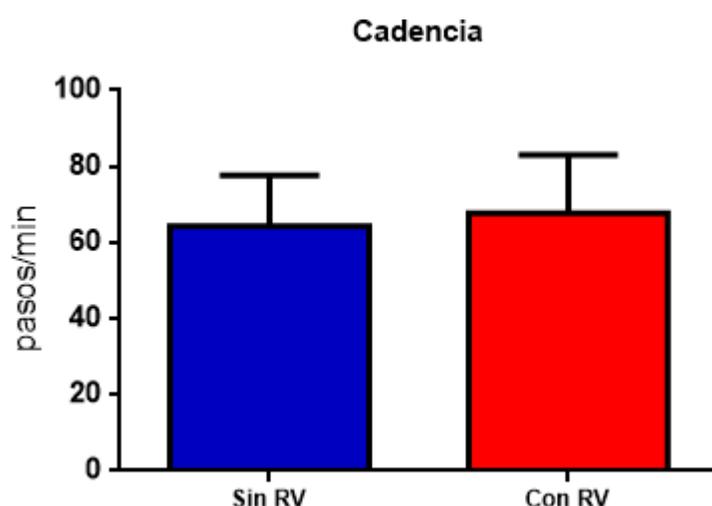


Gráfico n°1: Promedios de la cadencia de ambas tareas. Sin RV 64,24 pasos/min (SEM: 4,07), Con RV 67,64 pasos/min (SEM: 4,631). SEM: error estándar de la media.

#### 4.3.2 Tiempo del ciclo de marcha

En el análisis de los resultados de los promedios del tiempo de ciclo, no se encontraron diferencias significativas comparando sus rendimientos en ambas tareas ( $p = 0.4161$ ). Los valores presentados son los promedios del tiempo ciclo de marcha media de los sujetos en cada tarea.

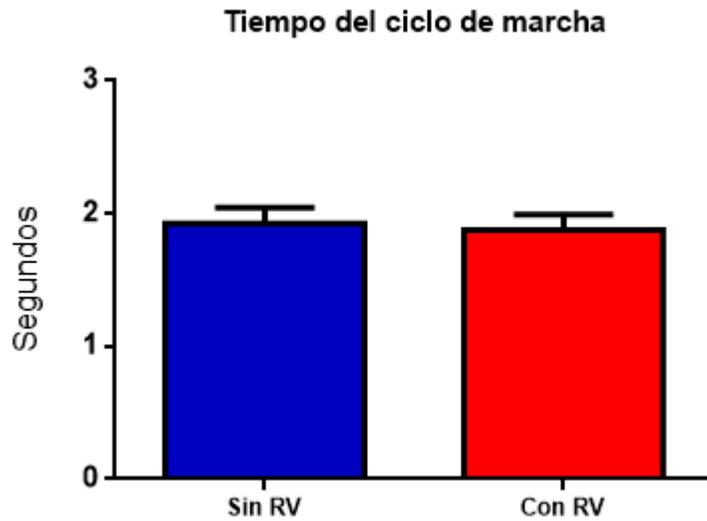


Gráfico n°2: Promedios del tiempo de ciclo de marcha de ambas tareas. Sin RV 1,927 seg. (SEM: 0,1189), Con RV 1,877 seg. (SEM: 0,1171). SEM: error estándar de la media.

### 4.3.3 Longitud de zancada

En el análisis de los resultados de los promedios de la longitud de zancada, se encontró una disminución significativa con RV al comparar sus rendimientos en ambas tareas ( $p = 0.03662$ ). Los valores promediados corresponden a la longitud de zancada media de la extremidad izquierda y derecha.

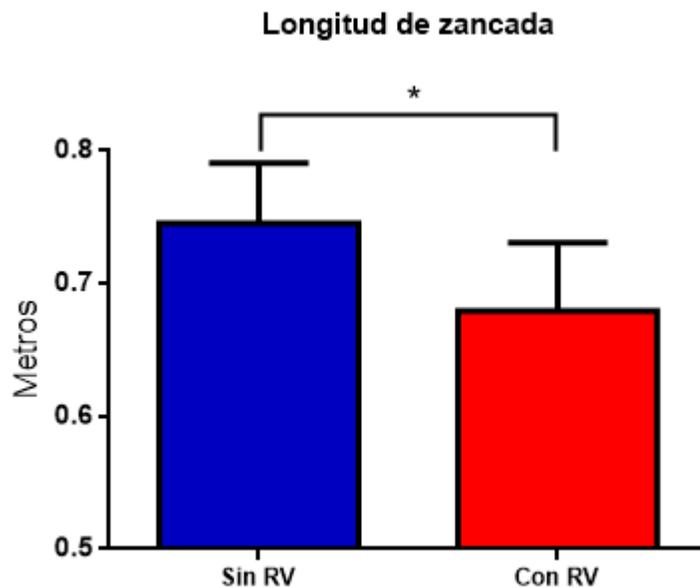


Gráfico n°3: Promedios de la longitud de zancada de ambas tareas. Sin RV 0,714 m (SEM: 0,0455), Con RV 0,686 m (SEM: 0,05134). SEM: error estándar de la media. \* Significancia.

#### 4.3.4 Velocidad de zancada

En el análisis de los resultados de los promedios de la velocidad de la zancada, se encontró una disminución significativa con RV al comparar sus rendimientos en ambas tareas. ( $p = 0,01841$ ). Los valores promediados corresponden a la media de la velocidad de zancada de la extremidad izquierda y derecha.

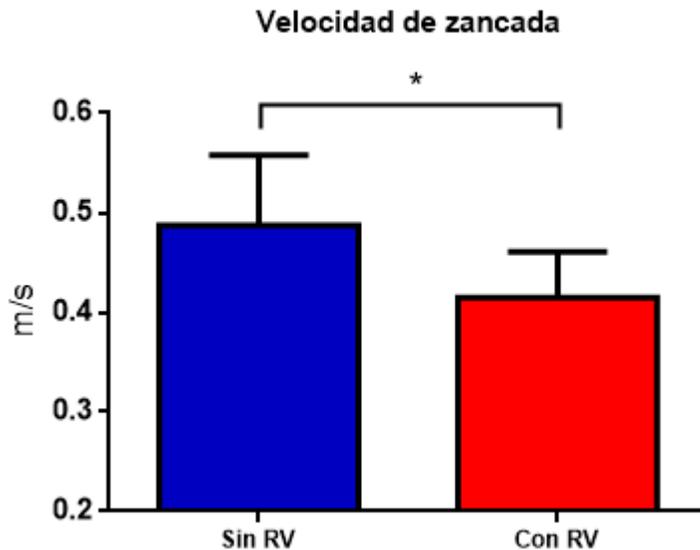


Gráfico n°4: Promedios de la velocidad de zancada de ambas tareas. Sin RV 0,4871 m/s (SEM: 0,07062), Con RV 0,4148 m/s (SEM: 0,04597). SEM: error estándar de la media. \* Significancia.

#### 4.3.5 ROM tronco horizontal

En el análisis de los resultados de los promedios del ROM de tronco, se encontró un aumento significativo con RV al comparar sus rendimientos en ambas tareas. ( $p = 0.01498$ ). Los valores presentados son los promedios la cadencia media de los sujetos en cada tarea.

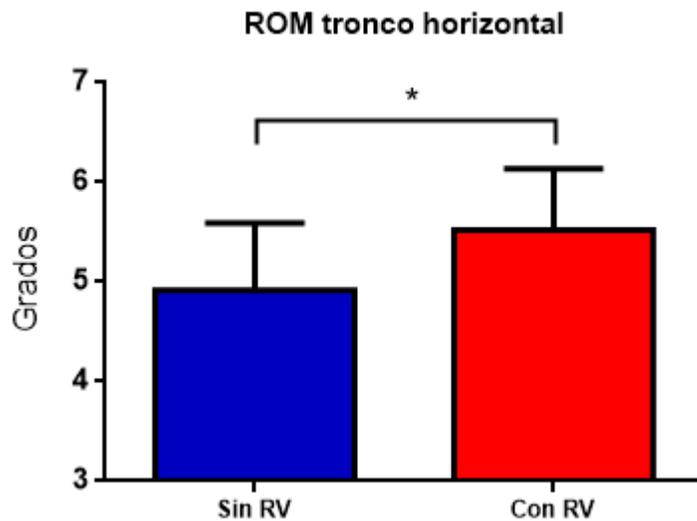


Gráfico n°5: Promedios del ROM tronco horizontal de ambas tareas. Sin RV 4,916 grados (SEM: 0,6760), Con RV 5,523 grados (SEM: 0,6130). SEM: error estándar de la media. \* Significancia

#### 4.3.6 ROM rodilla

En el análisis de los resultados de los promedios del ROM de rodilla no se encontraron diferencias significativas comparando sus rendimientos en ambas tareas. ( $p = 0.4841$ ). Los valores promediados corresponden a la media del ROM de rodilla de la extremidad izquierda y derecha.

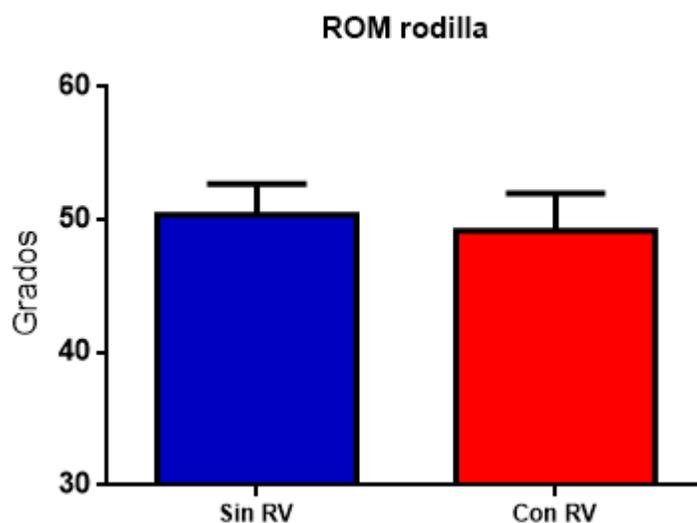


Gráfico n°6: Promedios del ROM rodilla de ambas tareas. Sin RV 50,38 grados (SEM: 2,334), con RV 49,16 grados (SEM: 2,822). SEM: error estándar de la media.

#### 4.3.7 ROM segmento tobillo-pierna

En el análisis de los resultados de los promedios del ROM segmento tobillo-pierna no se encontraron diferencias significativas comparando sus rendimientos en ambas tareas ( $p=0.1087$ ). Los valores promediados corresponden a la media del ROM del segmento tobillo-pierna de la extremidad izquierda y derecha.

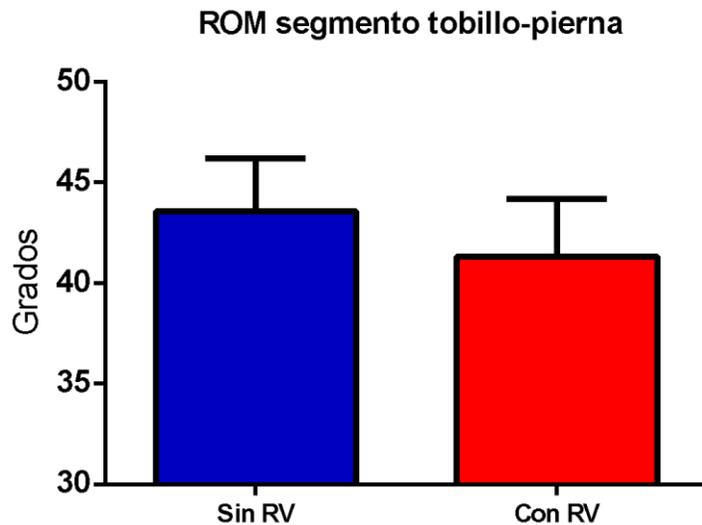


Gráfico n°7: Promedios del ROM segmento tobillo-pierna de ambas tareas. Sin RV 43,59 grados (SEM: 2,618), Con RV 41,32 grados (SEM: 2,901). SEM: error estándar de la media.

#### 4.3.8 Porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo

En el análisis de los resultados de los promedios del porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo no se encontraron diferencias significativas comparando sus rendimientos en ambas tareas. ( $p = 0.2418$ ).

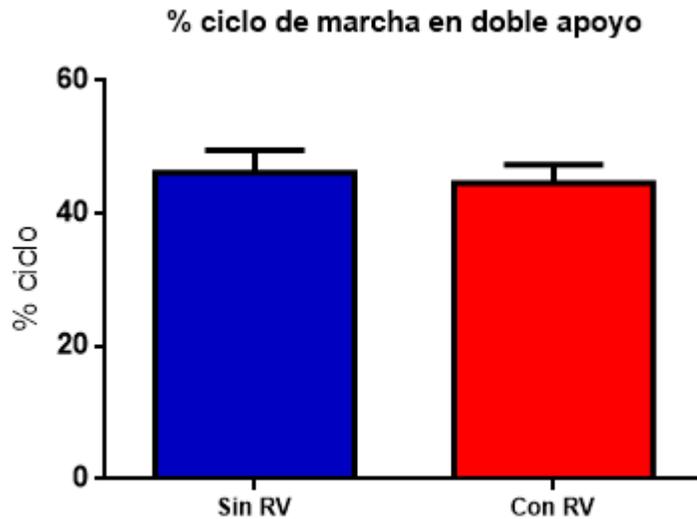


Gráfico n°8: Promedios del porcentaje de ciclo de marcha en doble apoyo de ambas tareas. Sin RV 46,13% (SEM: 3,381), Con RV 44,60% (SEM: 2,702). SEM: error estándar de la media.

#### 4.4 Resultados Hemicuerpo sano v/s Hemicuerpo afectado

En los siguientes resultados se realizó el análisis de ANOVA dos factores, para comparar el resultado entre cada hemicuerpo (Hc) sano/afectado y con/sin RV. Analizando si el efecto final pueda ser dado por el Hc o por la RV.

##### 4.4.1 Longitud de zancada

Para esta variable, la prueba de ANOVA mostró diferencias significativas en el factor RV, no así en el factor Hc e interacción entre ambas tareas. (RV:  $F_{(1,10)} = 5.65$ ,  $p = 0.0389$ ; Hc:  $F_{(1,10)} = 1.09$ ,  $p = 0.322$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} = 2.91$ ,  $p = 0.188$ ).

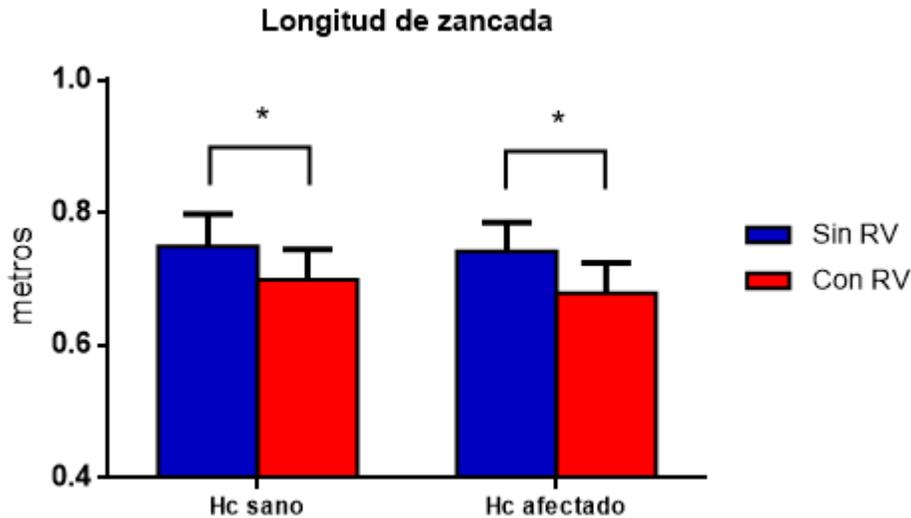


Gráfico n°9: Comparación de la longitud de zancada entre hemisferos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 0,749 m (SEM: 0,049), con RV: 0,699 m (SEM: 0,045). Hc afectado sin RV: 0,741 m (SEM: 0,043), con RV: 0,678 m (SEM: 0,046). SEM: error estándar de la media. \* Significancia

#### 4.4.2 Velocidad de zancada

Para esta variable, la prueba de ANOVA no se encontraron diferencias significativas en ningún factor ni en la interacción (RV:  $F_{(1,10)} = 4.51$ ,  $p = 0.059$ ; Hc:  $F_{(1,10)} = 0.44$ ,  $p = 0.521$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} = 3.79$ ,  $p = 0.08$ ), entre ambas tareas.

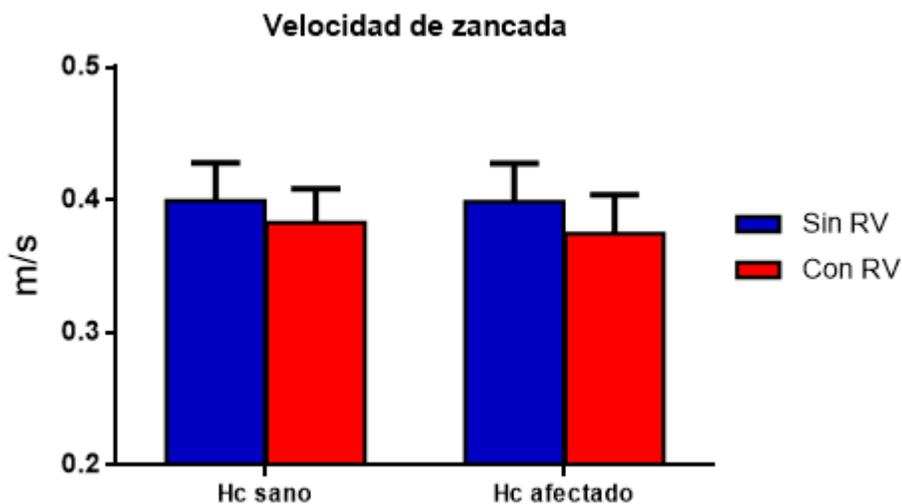


Gráfico n°10: Comparación de la velocidad de zancada entre hemisferos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 0,399 m/s (SEM: 0,028), con RV: 0,383 m/s (SEM: 0,026). Hc afectado sin RV: 0,398 m/s (SEM: 0,029), con RV: 0,375 m/s (SEM: 0,029). SEM: error estándar de la media. \* Significancia

#### 4.4.3 ROM rodilla

Para esta variable, la prueba de ANOVA no mostró diferencias significativas en ningún factor ni en la interacción entre ambas tareas. (RV:  $F_{(1,10)} = 0.53$ ,  $p = 0.483$ ; Hc:  $F_{(1,10)} = 4.19$ ,  $p = 0.678$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} = 0.89$ ,  $p = 0.369$ ).

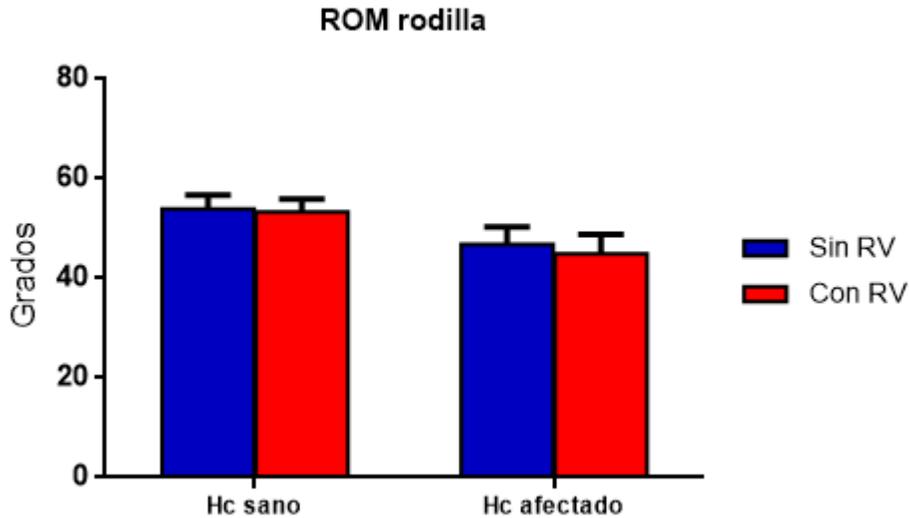


Gráfico n°11: Comparación del ROM rodilla entre hemicuerpos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 53,92 grados (SEM: 2,749), con RV: 53,38 grados (SEM: 2,554). Hc afectado sin RV: 46,82 grados (SEM: 3,505), con RV: 44,87 grados (SEM: 3,948). SEM: error estándar de la media.

#### 4.4.4 ROM segmento tobillo-pierna

Para esta variable, la prueba de ANOVA mostró diferencias significativas en el factor Hc entre ambas tareas. (RV:  $F_{(1,10)} = 3.24$ ,  $p = 0.102$ ; Hc:  $F_{(1,10)} = 6.57$ ,  $p = 0.028$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} = 0.88$ ,  $p = 0.368$ ).

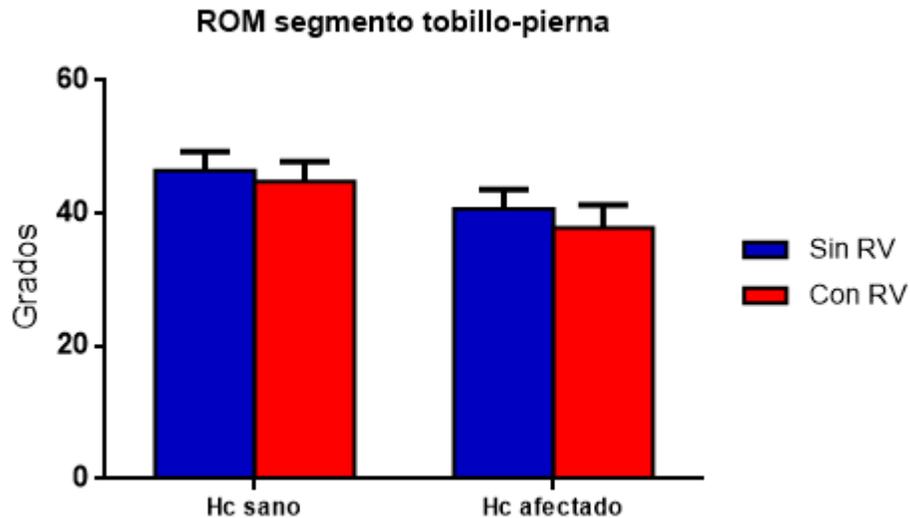


Gráfico n°12: Comparación del ROM segmento tobillo-pierna entre hemicuerpos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 46,49 grados (SEM: 2,844), con RV: 44,76 grados (SEM: 3,013). Hc afectado sin RV: 40,67 grados (SEM: 2,903), con RV: 37,84 grados (SEM: 3,435). SEM: error estándar de la media.

#### 4.4.5 Apoyo unipodal

Para esta variable, la prueba de ANOVA no mostró diferencias significativas en ningún factor ni en la interacción entre ambas tareas. (RV:  $F_{(1,10)} = 1.54$ ,  $p = 0.243$ ; Hc:  $F_{(1,10)} = 3.04$ ,  $p = 0.112$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} = 1.39$ ,  $p = 0.266$ ).

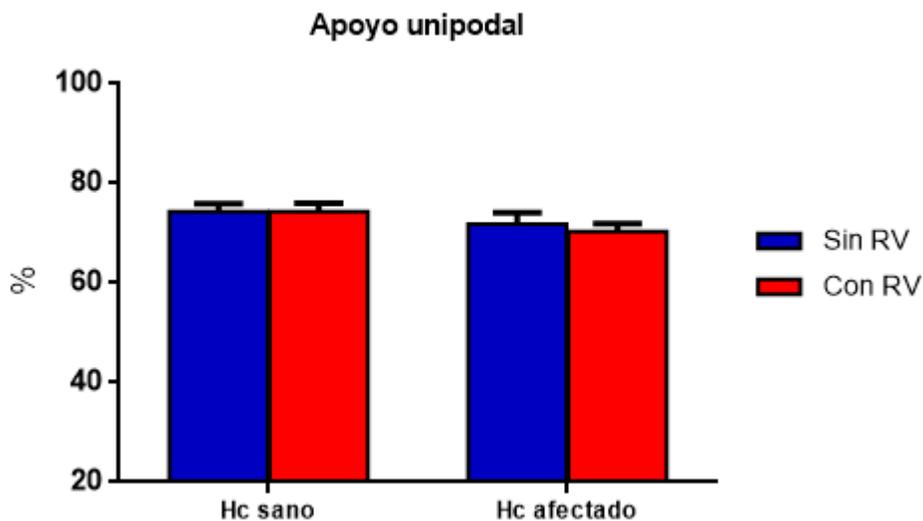


Gráfico n°13: Comparación del apoyo unipodal entre hemicuerpos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 74,33% (SEM: 1,582), con RV: 74,33% (SEM: 1,734). Hc afectado sin RV: 71,80% (SEM: 2,284), con RV: 70,27% (SEM: 1,608). SEM: error estándar de la media.

#### 4.4.6 Oscilación

Para esta variable, la prueba de ANOVA no mostró diferencias significativas en ningún factor ni en la interacción, entre ambas tareas. (RV:  $F_{(1,10)} = 2.08$ ,  $p = 0.179$ ; Hc:  $F_{(1,10)} 2.82$ ,  $p = 0.124$ ; RV:Hc:  $F_{(1,10)} 1.018$ ,  $p = 0.337$ ).

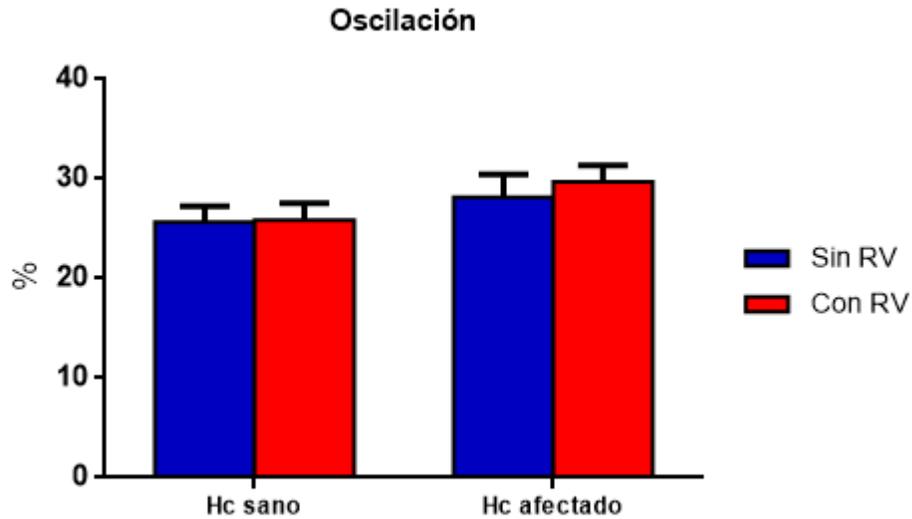


Gráfico n°14: Comparación de la oscilación entre hemisferos en ambas tareas. Hc sano sin RV: 25,67% (SEM: 1,582), con RV: 25,85% (SEM: 1,745). Hc afectado sin RV: 28,20% (SEM: 2,287), con RV: 29,73% (SEM: 1,608). SEM: error estándar de la media.

## Capítulo 5: Discusión

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el impacto inmediato de la realidad virtual no inmersiva en los parámetros de la marcha en personas secuestrados de ACV. Los hallazgos en este estudio nos dicen que la RV es una herramienta que puede conducir a cambios parámetros de la marcha de forma inmediata, tales como longitud y velocidad de zancada, ROM de tronco, lo que coincide con un estudio de Lord, S. E. et al (2006) en que los pacientes con ACV crónico se logran adaptar a desafíos en entornos variados. La RV genera gran feedback multisensorial (visual y auditivo), siendo útil para el reentrenamiento y reaprendizaje motor de tareas complejas. (Park Y-H et al, 2013).

### 5.1 Resultados en los parámetros cinemáticos

#### 5.1.1 Promedios ambos hemisferios:

Se comparó los resultados obtenidos en la tarea con realidad y sin realidad virtual obteniendo un cambio significativo en la **disminución de la longitud de zancada, disminución velocidad de zancada y un aumento en el ROM de tronco horizontal**. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la cadencia, oscilación, apoyo unipodal, tiempo de ciclo de marcha, % de ciclo de marcha en doble apoyo, ROM de rodilla y segmento tobillo-pierna. La disminución del largo de zancada y la velocidad podría deberse a una modulación en un ambiente desafiante, donde el aumento de demanda provoca este cambio para lograr mayor control de la marcha. En el estudio realizado por Cho y Lee (2013) con una tarea similar a este estudio, se encontraron mejoras significativas en la cadencia y velocidad en los sujetos que se entrenaron con realidad virtual a diferencia de los que se entrenaron sólo con treadmill, los autores lo explican debido a que el feedback visual entregado promovió la reorganización cortical. Si bien nuestros resultados fueron una disminución significativa de la velocidad de zancada y un aumento no significativo de la cadencia, nosotros a diferencia de ellos, solo buscamos determinar el impacto inmediato de la realidad virtual sobre la marcha, por ende, es esperable encontrar resultados diferentes a las de un “entrenamiento con realidad virtual”. Por lo tanto, la mejoría encontrada en el estudio de Cho y Lee (2013), puede deberse a que el sujeto se va familiarizando con la tarea, adaptándose y mejorando el desempeño a medida que va avanzando en las sesiones, indicándonos un proceso de aprendizaje motor.

Por otro lado, el incremento en el ROM de tronco podría deberse a un mecanismo compensatorio, y no a un patrón controlado, para superar los obstáculos.

A pesar de estos resultados, **un estudio** realizado por Mirelman A. et al (2010), **concluyeron** que el entrenamiento con RV durante un mes, 3 veces por semana tuvo un gran cambio en el ROM de rodilla y de tobillo comparado a su nivel basal. A diferencia del estudio de Mirelman A. (2010), el nuestro no fue realizado como un entrenamiento a largo plazo, en donde el sujeto se podía adaptar y generar un cambio en el ROM y por esto mismo, al ser sólo una medición, no es esperable un gran cambio en estos factores. El aumento en el ROM en solo una sesión podría verse limitado por posibles acortamientos y/o rigidez propia del ACV.

### **5.1.2 Hemicuerpo sano v/s afectado**

Se comparó los resultados obtenidos en la tarea con realidad y sin realidad virtual entre ambos hemicuerpos. Solo se encontró una diferencia significativa en la longitud de zancada en el factor RV y una diferencia significativa en ROM segmento tobillo-pierna en el factor Hc. No así en las variables oscilación, apoyo unipodal, velocidad de zancada y ROM de rodilla, que no se hallaron diferencias significativas en ningún factor. Además, no existió interacción en ninguna de las variables.

La diferencia significativa de la longitud de zancada en el factor RV nos indica que la modulación de los sujetos para disminuir la zancada es explicada al exponerse al feedback visual entregado por la RV, por otro lado, no hubo un efecto por hemicuerpo.

En un estudio realizado por Kim y Krebs (2012) en que se distorsionaba la visión de la longitud del paso en una extremidad y la otra no, se observó que los sujetos modularon espontáneamente su simetría de la marcha en respuesta de la distorsión visual. Lo que nos podría sugerir que los cambios por el feedback visual implican un proceso adaptativo implícito o inconsciente. Esto es importante ya que, la optimización de la rehabilitación de la marcha ocurre más por procesos implícitos que conscientes (Kim et al. 2015).

### **5.1.3 Reflexión**

Los sujetos mostraron ser capaces de generar cambios en su marcha al enfrentarse a un desafío nuevo, donde se le exige una mayor complejidad al tener que enfrentarse a los obstáculos que se le presentaban, a diferencia de la marcha en un terreno plano. Finalmente, en

este estudio se buscó el efecto inmediato respecto a los parámetros de la marcha con la realidad virtual sobre treadmill, reconociendo que generaba una adaptación motora acorde con las características de la tarea, por lo que el estudio nos da resultados prometedores apoyando a la RV como una alternativa útil a la terapia convencional para la rehabilitación en sujetos con alteraciones neurológicas como el ACV. Ya que permite al sujeto entrenar nuevas estrategias en ambientes seguros dándoles posibilidades para superar distintos obstáculos de la vida diaria.

Sin embargo, aún se es necesario más investigaciones demostrando la capacidad de la RV.

## **5.2 Fortalezas y limitaciones**

La principal fortaleza para el logro de este estudio fue el acceso a la tecnología, pacientes y el espacio en la Clínica los Coihues.

Otra fortaleza fue contar con personas que nos enseñaran a utilizar el APDM y el sistema zebris, además de guiar en la investigación.

Como limitación principal es el tamaño de la muestra, esto fue porque si bien en la clínica iban ingresando nuevos pacientes, la mayoría no lograba un puntaje sin riesgo de caídas según la escala de Berg.

## **Capítulo 6: Conclusión**

Nuestro estudio muestra que la RV no inmersiva es una herramienta segura y ha demostrado buenos resultados ya que genera una modulación inmediata en el control espaciotemporal y cinemático de la marcha de pacientes secuestrados de ACV. Son necesarios estudios longitudinales para confirmar la duración de estos efectos, así como su impacto en el desempeño funcional de los pacientes.

Para generar resultados más concluyentes se espera que a futuro se realicen más estudios de esta índole con un mayor tamaño muestral debido a la falta de evidencia que hable de los efectos inmediatos de la RV y la transferencia de estas habilidades a la vida cotidiana.

Este estudio se enfocó en los efectos inmediatos de la RV en la marcha, por lo que se sugiere generar estudios que realicen seguimientos con entrenamientos en los parámetros específicos que se observaron cambios, esperando así mejorar la marcha de los pacientes con ACV.

# Capítulo 7: Sección final

## 7.1 Referencias

- 1.- Aguilar M. J. y cols. (2014). *Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes períodos de la vida*. Nutr. Hosp. Vol. 29(6):1250-1261.
- 2.- Alshaer A, Regenbrecht H, O'Hare D. (2016). *Immersion factors affecting perception and behavior in a virtual reality power wheelchair simulator*. Applied Ergonomics. Vol 58 (2017) 1-12.
- 3.- Arias Cuadrado A. (2009). *Rehabilitación del ACV: evaluación, pronóstico y tratamiento*. Galicia Clin; 70 (3): 25-40.
- 4.- Ataque cerebrovascular isquémico del adulto (15 años y más). Guía clínica - Ministerio de Salud - Chile. Serie Guías Clínicas MINSAL N°37, 2007.
- 5.- Benjamin E.J., Blaha M.J., Chiuve S.E., et al. (2017). *Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: a report from the American Heart Association*. Circulation 2017;135: e146–603.
- 6.- Bensoussan L, Viton J, Barotsis N, Delarque A. (2008). *Evaluation of patients with gait abnormalities in physical and rehabilitation medicine settings*. Journal of Rehabilitation Medicine. Vol 40(7):497–507.
- 7.- Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, Vicaut E, Eisenfisz M, Tran Ba Huy P, Yelnik AP. (2004). *Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography*. Arch Phys Med Rehabil. Vol 85:268-73.
- 8.- Cho K.H. et al. (2015). *Virtual reality training with cognitive load improves walking function in chronic stroke patients*. Tohoku J. Exp. Med. Vol 236 (4);273-280.
- 9.- Cho K.H, Lee W.H. (2013). *Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: a pilot study*. Am J Phys Med Rehabil. Vol. 92:371Y384.
- 10.- Cho K.H. & Lee W.H. (2014). *Effect of treadmill training based real-world video recording on balance and gait in chronic stroke patients: A randomized controlled trial*. Gait & Posture. Vol 39;523-528.
- 11.- Corbetta D, Imeri F, Gatti R. (2015). *Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review*. J Physiother. Vol. 61(3):117-24.

- 12.- Daza, J. (2007). *Evaluación clínica funcional del movimiento corporal humano*. Bogotá, Colombia. Panamericana
- 13.- de Rooij I.J.M., van de Port I.G.L., Meijer J-W.G. (2016). *Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis*. Phys Ther. Vol. 96; xxx–xxx.
- 14.- Diez-Tejedor E. et al. (2001). *Clasificación de las enfermedades cerebrovasculares*. Sociedad Iberoamericana de Enfermedades Cerebrovasculares. Re. Neurol. Vol. 33(5): 455-464.
- 15.- Duncan et al. *Management of Adult Stroke Rehabilitation Care A Clinical Practice Guideline*. Stroke. 2005;36: e100-e143.
- 16.-Goldie PA, Matyas TA, Evans OM (2001). *Gait after stroke: initial déficit and changes in temporal patterns for each gait phase*. Arch Phys Med Rehabil Vol;82(8):1057–65.
- 17.- French B, Thomas LH, Leathley MJ, Sutton CJ, McAdam J, Forster A, et al. Repetitive task training for improving functional ability after stroke. Cochrane Database Syst Rev, Issue 4.
- 18.- Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. (2007). *Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery*. Top Stroke Rehabil. Vol 14(2): 52-61.
- 19.- INE (2018). Síntesis resultados Censo 2017. Recuperado de [www.censo2017.cl](http://www.censo2017.cl)
- 20.- Izquierdo M. (2008). *Valoración de la capacidad funcional en el ámbito domiciliario y en la clínica. Nuevas posibilidades de aplicación de la acelerometría para la valoración de la marcha, equilibrio y potencia muscular en personas mayores*. An. Sist. Sanit. Navar Vol. 31 (2): 159-170.
- 21.- Keshner, E.A. & Fung, J. (2017). *The quest to apply VR technology to rehabilitation: tribulations and treasures*. Journal of Vestibular Research. Vol. 27: 1–5.
- 22.- Kim, S et al (2017) *Effects of Partial Absence of Visual Feedback Information on Gait Symmetry*. Appl Psychophysiol Biofeedback. Vol. 42(2):107-115
- 23.- Kim, S. J., & Krebs, H. I. (2012). *Effects of implicit visual feedback distortion on human gait*. Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale. Vol. 218(3), 495–502.

- 24.-** Lesmes J.D., (2007). *Examen de la marcha humana. Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano*. Bogotá, Colombia. Panamericana.
- 25.-** Lord, S.E, Rochester, L., Weatherall, M., McPherson, K. M., McNaughton, H. K. (2006). *The effect of environment and task on gait parameters after stroke: A randomized comparison of measurement conditions*. Physical Medicine and Rehabilitation. Vol. 87(7); 967–973.
- 26.-** Luque-Moreno C., et al. (2015). A decade of progress using virtual reality for poststroke lower extremity rehabilitation: systematic review of the intervention methods. Biomed Res Int. vol. 2015, Article ID 342529, 7 pages.
- 27.-** Mancini, M., King, L., Salarian, A., Holmstrom, L., McNames, J., & Horak, F. B. (2011). *Mobility Lab to Assess Balance and Gait with Synchronized Body-worn Sensors*. Journal of Bioengineering & Biomedical Science, Suppl 1, 007–.
- 28.-** Moreira MC, de Amorim Lima AM, Ferraz KM, Benedetti Rodriguez MA. (2013). *Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients--a systematic literature review*. Disabil Rehabil Assist Technol. Vol. 8(5):357-62.
- 29.-** Moyano A (2010). *El accidente cerebrovascular desde la mirada del rehabilitador* Rev Hosp Clín Univ Chile Vol 21: 348 - 55.
- 30.-** Mullie Y, Duclos C. (2014). *Role of proprioceptive information to control balance during gait in healthy and hemiparetic individuals*. Gait Posture Vol. 40(4):610-5.
- 31.-** National Stroke Foundation (2010). Clinical Guidelines for Stroke Management. Extraído de [www.pedro.org.au](http://www.pedro.org.au).
- 32.-** Park Y-H, Lee Chi-ho, Lee B-H. (2013). *Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke*. Journal of Exercise Rehabilitation. Vol. 9(5):489-494.
- 33.-** Pollock A, Baer G, Campbell P, Choo P, Forster A, Morris J, Pomeroy VM, Langhorne P. *Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke*. Cochrane Database of Systematic Reviews 2014, Issue 4. Art. No.: CD001920.
- 34.-** Peñasco-Martín B., et al. (2010). *Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación*. Rev Neurol. Vol. 51 (8): 481-48.
- 35.-** Porth, C.M., (2006). *Fisiopatología: Salud-Enfermedad: Un enfoque conceptual*. Madrid, España, Panamericana.

- 36.-** Rosa P et al. (2016). *The immersive virtual reality experience: a typology of users revealed through multiple correspondence analysis combined with cluster analysis technique*. *Cyberpsychology, behavior, and, social networking*. Vol 19, n° 3.
- 37.-** Saposnik et al. (2016). *Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial*. *Lancet Neurol*. Vol. 15(10): 1019–1027.
- 38.-** Selzer, M. Clarke, S. Cohen, L. Duncan, P. Cage, F. (2006). *Textbook of Neural repair and rehabilitation*. New York. Cambridge University.
- 39.-** Sheffler, L. Chae, J. (2015) *Hemiparetic gait*, *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, Volume 26, Issue 4, Pages 611-623.
- 40.-** Shumway-cook, A. y Woollacott, M.H. (2012). *Motor control*. Philadelphia, United States.
- 41.-** Stapleton T., Ashburn A., Stack E. (2001). *A pilot study of attention deficits, balance control and falls in the subacute stage following stroke*. *Clinical Rehabilitation*. Vol. 15:437–444.
- 42.-** Storey, C. Pols, H (2010). *A history of cerebrovascular disease*, *Handbook of Clinical Neurology*, Vol. 95 (3rd series).
- 43.-** Viau, A. Feldman, A. Bradford, J. Levin, M. (2004). *Reaching in reality and virtual reality: a comparison of movement kinematics in healthy subjects and in adults with hemiparesis*. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Vol. 1:11.
- 44.-** Yang et al. (2011). *Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training*. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. Vol. 90, No. 12.
- 45.-** Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al. (2008). *Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial*. *Gait Posture*. Vol. 28(2):201-6.
- 46.-** Verma, R., Arya, K. N., Sharma, P., & Garg, R. K. (2012). *Understanding gait control in post-stroke: Implications for management*. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(1), 14–21
- 47.-** zebris Medical GmbH. (2016-2017). *Gait analysis and gait training*. Baden-Württemberg, Alemania: zebris. Recuperado de [www.zebris.de](http://www.zebris.de).

## 7.2 Anexos

### Anexo 1: Acta de evaluación del Proyecto de Investigación y consentimiento



Servicio de Salud Metropolitano Oriente  
Comité de Ética Científico

#### PROTOCOLO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS CLÍNICOS

Con fecha 21 de Agosto de 2017, el CEC del S.S.M. Oriente analizó y aprobó el Proyecto de Investigación, titulado:

“Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente Cerebro Vascular”.

y que conducirá **Felipe Bernardo Covarrubias Escudero** como Investigador Principal en la **Clínica Los Coihues**, ubicada en Los Pozos 7143 Dpto. 305, Las Condes.

Se analizó y aprobó los siguientes documentos del Proyecto:

- Protocolo corregido según sugerencias del Comité “Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente cerebro vascular”.
- Resumen Ejecutivo.
- Consentimiento Informado para el estudio “Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente cerebro vascular, fechado por el CEC del S.S.M. Oriente el 21 de Agosto de 2017.

Tomó conocimiento de:

- Carta compromiso investigador principal fechada Agosto 2017.
- Carta apoyo de Dra. Constanza Ovalle G. Director Médico de Agosto de 2017 Clínica Los Coihues.
- CV investigador principal: Felipe Bernardo Covarrubias Escudero Kinesiólogo Licenciado.

Envío a usted la nómina de los miembros permanentes del CEC del S.S.M. Oriente al 21 de Agosto de 2017:



Servicio de Salud Metropolitano Oriente

Dra. Sara Chernilo S.	Broncopulmonar ( Presidente)	Inst. Nacional del Tórax
Dra. M. Esther Meroni L.	Geriatra (Secretaria)	Inst. Nac. de Geriatria
Dr. Ricardo Vacarezza	Asesor en Bioética	No institucional
EU Elena Núñez M.	Coordinadora	No institucional
Dr. Carlos Rey C.	Cardiólogo	Hospital del Salvador
Dr. Rómulo Melo Monsalve	Neurocirujano	Inst. Nac. de Neurocirugía
Dr. Manuel Sedano Lorca	Gineco-Obstetra	Hospital Dr. Luis Tisné
Dr. Lientur Taha M.	Neurocirujano	Inst. Nac. de Neurocirugía
Dr. Jorge Plasser Troncoso	Cirujano- Oncólogo	Hospital del Salvador
Sra. Angélica Sotomayor	Abogado	No institucional
Sr. Hugo Gutiérrez Guerra	Miembro de la Comunidad	No institucional

**Dra. María Esther Meroni Lays**  
Secretaria



Santiago, 21 de Agosto de 2017

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**



**Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente cerebro vascular**

Nombre del Investigador principal: Felipe Covarrubias E.

RUT.: 14119003-2

Institución: Clínica Los Coihues.

Teléfonos: +56 224657940

**Invitación a participar:** Le estamos invitando a participar en el proyecto de investigación “Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente cerebro vascular”, debido a que usted cumple con los criterios de inclusión para participar en el mencionado estudio.

**Objetivos:** Esta investigación tiene por objetivo estudiar el impacto en la recuperación de la marcha que tiene un entrenamiento con retroalimentación virtual en personas con accidente cerebro vascular. El estudio incluirá a un número total de 30 usuarios con Accidente cerebro vascular.

**Procedimientos:** Si Ud. acepta participar será sometido, por un período de una hora, a los siguientes procedimientos:

Previo a la realización del protocolo se le controlará la presión arterial y Saturación parcial de oxígeno.

Se le solicitará realizar un pre test de 2 minutos de entrenamiento de marcha sobre una caminadora, para que usted elija la velocidad que mas le acomoda.

Se le solicitará realizar entrenamiento de marcha sobre la caminadora durante 6 minutos, donde se evaluará su forma de caminar con unos sensores ubicados en sus extremidades y tronco.

Posterior al entrenamiento usted tendrá 15 minutos de descanso.



## CONSENTIMIENTO INFORMADO



Finalmente se le solicitará realizar entrenamiento de marcha sobre la caminadora durante 6 minutos más, a la misma velocidad y con el mismo tipo de sujeción que en entrenamiento anterior. Sin embargo en esta ocasión el entrenamiento se realizará con realidad virtual entregada a través de una pantalla de 46 pulgadas ubicada frontal a Usted.

**Riesgos:** El entrenamiento de marcha sobre caminadora es una estrategia terapéutica segura ya que cuenta con dispositivos de seguridad y de sujeción que disminuye de manera significativa el riesgo de caídas. Personal de Clínica Los Coihues resguardará la seguridad de participante en el caso de que éste perdiera la estabilidad durante el entrenamiento.

**Costos:** Los implementos necesarios para las mediciones de este trabajo serán aportados por Clínica Los Coihues, sin costo alguno para Ud. durante el desarrollo de este proyecto.

**Beneficios:** Su participación en este estudio contribuirá a una mejor comprensión de las estrategias sensoriales y motoras que utilizan las personas con lesión al sistema nervioso durante el proceso de recuperación de la función de la marcha .

**Compensación:** Ud. no recibirá ninguna compensación económica por su participación en el estudio.

**Confidencialidad:** Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad, lo que incluye el acceso de los investigadores o agencias supervisoras de la investigación. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima.

**Información adicional:** Ud. o su médico tratante serán informados si durante el desarrollo de este estudio surgen nuevos conocimientos o complicaciones que puedan afectar su voluntad de continuar participando en la investigación.

**Voluntariedad:** Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria y se puede retirar en cualquier momento comunicándose al investigador y a su médico tratante, sin que



## CONSENTIMIENTO INFORMADO

ello signifique modificaciones en el estudio y tratamiento habituales de su enfermedad. De igual manera su médico tratante o el investigador podrá determinar su retiro del estudio si consideran que esa decisión va en su beneficio.

**Complicaciones:** En el improbable caso de que Ud. presente complicaciones directamente dependientes de la evaluación de la marcha, Ud. recibirá el tratamiento médico completo de dicha complicación, financiado por Clínica Los Coihues y sin costo alguno para Ud. o su sistema previsional. Esto no incluye las complicaciones propias de su enfermedad y de su curso natural.

**Derechos del participante:** El presente Consentimiento se firma en cumplimiento de la Ley 20.584, que regula los derechos y deberes que tienen las personas en relación con acciones vinculadas a su atención en salud, específicamente párrafo 7, artículos 21 y 22 y Ley 20.120 en su artículo 11 sobre la investigación científica en el ser humano, su genoma, y prohíbe la clonación humana.

Usted recibirá una copia íntegra y escrita de este documento firmado. Si usted requiere cualquier otra información sobre su participación en este estudio puede comunicarse con:

Presidente comité de ética central, servicio de salud metropolitano central: Dr. Emiliano Soto Romo

Teléfono del CEC: 225746958 -225743520

Dirección: VICTORIA SUBERCASEAUX # 381 4to piso

Investigador: Felipe Covarrubias /+56 224657940

Director Médico Clínica Los Coihues: Dra. Constanza Ovalle/ +56 224657900

### **Conclusión:**

Después de haber recibido y comprendido la información de este documento y de haber podido aclarar todas mis dudas, otorgo mi consentimiento para participar en el proyecto “Impacto del entrenamiento de marcha con realidad virtual en parámetros espacio temporales y cinemáticos en sujetos con Accidente cerebro vascular”



**CONSENTIMIENTO INFORMADO**



\_\_\_\_\_  
Nombre del participante  
RUT:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre de informante  
RUT:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre del investigador  
RUT:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha



**Anexo 2: Ficha de registro**

**HISTORIA CLÍNICA**

Lesión:
---------

**A. DATOS PERSONALES**

Nombre:		RUT:	
Edad:	Sexo:	Estado Civil:	Nacionalidad:
Previsión:		Domicilio:	

Antecedentes lesión:

Lado afectado	
Tiempo de ACV	
Fármacos	
Otra afectación:	

Tratamiento:

Tiempo de tto
Tipo tto (específico)
Ayudas técnicas:

Evaluaciones:

Berg:	Tinetti	FIM
MAS:	Barthel	Otro:

Experiencia previa en treadmill y/o RV?:

Evaluación marcha:

Velocidad del paciente:
¿Todo el tiempo en treadmill?

### EXAMEN FÍSICO GENERAL

IMC:	
Estatura:	Peso:

Signos vitales (pre-test 1)

RV? Si/no	
FC:	SatO2
FR:	Presión:

Borg:

Signos vitales: (post test 1)

FC:	SatO2
FR:	Presión:

Borg:

Tiempo descanso:

Signos vitales (pre-test 2)

RV? Si/no	
FC:	SatO2
FR:	Presión:

Borg:

Signos vitales (post test 2)

FC:	SatO2
FR:	Presión:

Borg:

### Anexo 3: Escala de equilibrio de Berg

Nombre: \_\_\_\_\_  
NHC: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_  
Rater: \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN DE ÍTEMS	PUNTUACIÓN (0-4)
1. De sedestación a bipedestación	_____
2. Bipedestación sin ayuda	_____
3. Sedestación sin ayuda	_____
4. De bipedestación a sedestación	_____
5. Transferencias	_____
6. Bipedestación con ojos cerrados	_____
7. Bipedestación con pies juntos	_____
8. Extender el brazo hacia delante en bipedestación	_____
9. Coger un objeto del suelo	_____
10. Girarse para mirar atrás	_____
11. Girarse 360 grados	_____
12. Colocar alternativamente los pies en un escalón	_____
13. Bipedestación con un pie adelantado	_____
14. Bipedestación monopodal	_____
<b>TOTAL</b>	_____

#### INSTRUCCIONES GENERALES

Hacer una demostración de cada función y/o dar instrucciones por escrito. Al puntuar, recoger la respuesta más baja aplicada a cada ítem.

En la mayoría de los ítems, se pide al paciente que mantenga una posición dada durante un tiempo determinado. Se van reduciendo más puntos progresivamente si no se consigue el tiempo o la distancia fijada, si la actuación del paciente requiere supervisión, o si el paciente toca un soporte externo o recibe ayuda del examinador. Los pacientes deben entender que tienen que mantener el equilibrio al intentar realizar las diferentes funciones. La elección sobre que pierna fijar o la distancia a recorrer debe hacerla el paciente. Por tanto, una cognición disminuida influirá adversamente la actuación y la puntuación.

El equipamiento requerido para la realización de la prueba consiste en un cronómetro o reloj con segundero, una regla u otro indicador de 2, 5 y 10 pulgadas (5, 12 y 25 cm). Las sillas utilizadas deben tener una altura razonable. Para la realización del ítem 12, se precisa un escalón o un taburete (de altura similar a un escalón).

### **1.-DE SEDESTACIÓN A BIPEDESTACIÓN**

INSTRUCCIONES: Por favor, levántese. Intente no ayudarse de las manos.

- (4) Capaz de levantarse sin usar las manos y de estabilizarse independientemente
- (3) Capaz de levantarse independientemente usando las manos
- (2) Capaz de levantarse usando las manos tras varios intentos
- (1) Necesita una mínima ayuda para levantarse o estabilizarse
- (0) Necesita una asistencia de moderada a máxima para levantarse

### **2.-BIPEDESTACIÓN SIN AYUDA**

INSTRUCCIONES: Por favor, permanezca de pie durante dos minutos sin agarrarse.

- (4) Capaz de estar de pie durante 2 minutos de manera segura
- (3) Capaz de estar de pie durante 2 minutos con supervisión
- (2) Capaz de estar de pie durante 30 segundos sin agarrarse
- (1) Necesita varios intentos para permanecer de pie durante 30 segundos sin agarrarse
- (0) Incapaz de estar de pie durante 30 segundos sin asistencia

*Si un paciente es capaz de permanecer de pie durante 2 minutos sin agarrarse, puntúa 4 para el ítem de sedestación sin agarrarse y se pasa directamente al ítem 4.*

### **3.-SEDESTACIÓN SIN APOYAR LA ESPALDA, PERO CON LOS PIES SOBRE EL SUELO O SOBRE UN ESCALÓN O TABURETE.**

INSTRUCCIONES: Por favor, siéntese con los brazos junto al cuerpo durante 2 min.

- (4) Capaz de permanecer sentado de manera segura durante 2 minutos
- (3) Capaz de permanecer sentado durante 2 minutos bajo supervisión
- (2) Capaz de permanecer sentado durante 30 segundos
- (1) Capaz de permanecer sentado durante 10 segundos
- (0) Incapaz de permanecer sentado sin ayuda durante 10 segundos

### **4.-DE BIPEDESTACIÓN A SEDESTACIÓN**

INSTRUCCIONES: Por favor, siéntese.

- (4) Se sienta de manera segura con un mínimo uso de las manos
- (3) Controla el descenso mediante el uso de las manos
- (2) Usa la parte posterior de los muslos contra la silla para controlar el descenso
- (1) Se sienta independientemente, pero no controla el descenso
- (0) Necesita ayuda para sentarse

### **5.-TRANSFERENCIAS**

**INSTRUCCIONES:** Prepare las sillas para una transferencia en pivote. Pida al paciente de pasar primero a un asiento con apoyabrazos y a continuación a otro asiento sin apoyabrazos. Se pueden usar dos sillas (una con y otra sin apoyabrazos) o una cama y una silla.

- (4) Capaz de transferir de manera segura con un mínimo uso de las manos
- (3) Capaz de transferir de manera segura con ayuda de las manos
- (2) Capaz de transferir con indicaciones verbales y/o supervisión
- (1) Necesita una persona que le asista
- (0) Necesita dos personas que le asistan o supervisen la transferencia para que sea segura.

#### **6-BIPEDESTACIÓN SIN AYUDA CON OJOS CERRADOS**

**INSTRUCCIONES:** Por favor, cierre los ojos y permanezca de pie durante 10 seg.

- (4) Capaz de permanecer de pie durante 10 segundos de manera segura
- (3) Capaz de permanecer de pie durante 10 segundos con supervisión
- (2) Capaz de permanecer de pie durante 3 segundos
- (1) Incapaz de mantener los ojos cerrados durante 3 segundos, pero capaz de permanecer firme
- (0) Necesita ayuda para no caerse

#### **7.-PERMANECER DE PIE SIN AGARRARSE CON LOS PIES JUNTOS**

**INSTRUCCIONES:** Por favor, junte los pies y permanezca de pie sin agarrarse.

- (4) Capaz de permanecer de pie con los pies juntos de manera segura e independiente durante 1 minuto
- (3) Capaz de permanecer de pie con los pies juntos independientemente durante 1 minuto con supervisión
- (2) Capaz de permanecer de pie con los pies juntos independientemente, pero incapaz de mantener la posición durante 30 segundos
- (1) Necesita ayuda para lograr la postura, pero es capaz de permanecer de pie durante 15 segundos con los pies juntos
- (0) Necesita ayuda para lograr la postura y es incapaz de mantenerla durante 15 seg

#### **8.-LLEVAR EL BRAZO EXTENDIDO HACIA DELANTE EN BIPEDESTACIÓN**

**INSTRUCCIONES:** Levante el brazo a 90 grados. Estire los dedos y llévelo hacia delante todo lo que pueda (El examinador coloca una regla al final de los dedos cuando el brazo está a 90 grados. Los dedos no deben tocar la regla mientras llevan el brazo hacia adelante. Se mide la distancia que el dedo alcanza mientras el sujeto está lo más inclinado hacia adelante. Cuando es posible, se pide al paciente que use los dos brazos para evitar la rotación del tronco).

- (4) Puede inclinarse hacia delante de manera cómoda >25 cm (10 pulgadas)
- (3) Puede inclinarse hacia delante de manera segura >12 cm (5 pulgadas)
- (2) Puede inclinarse hacia delante de manera segura >5 cm (2 pulgadas)
- (1) Se inclina hacia adelante, pero requiere supervisión
- (0) Pierde el equilibrio mientras intenta inclinarse hacia delante o requiere ayuda

#### **9.-EN BIPEDESTACIÓN, RECOGER UN OBJETO DEL SUELO**

INSTRUCCIONES: Recoger el objeto (zapato/zapatilla) situado delante de los pies

- (4) Capaz de recoger el objeto de manera cómoda y segura
- (3) Capaz de recoger el objeto, pero requiere supervisión
- (2) Incapaz de coger el objeto, pero llega de 2 a 5cm (1-2 pulgadas) del objeto y mantiene el equilibrio de manera independiente
- (1) Incapaz de recoger el objeto y necesita supervisión al intentarlo
- (0) Incapaz de intentarlo o necesita asistencia para no perder el equilibrio o caer

#### **10.-EN BIPEDESTACIÓN, GIRAR PARA MIRAR ATRÁS SOBRE LOS HOMBROS (DERECHO E IZQUIERDO)**

INSTRUCCIONES: Gire para mirar atrás a la izquierda. Repita lo mismo a la derecha. El examinador puede sostener un objeto por detrás del paciente al que pueda mirar para favorecer un mejor giro.

- (4) Mira hacia atrás desde los dos lados y desplaza bien el peso cuerpo
- (3) Mira hacia atrás desde un solo lado, en el otro lado presenta un menor desplazamiento del peso del cuerpo
- (2) Gira hacia un solo lado, pero mantiene el equilibrio
- (1) Necesita supervisión al girar
- (0) Necesita asistencia para no perder el equilibrio o caer

#### **11.-GIRAR 360 GRADOS**

INSTRUCCIONES: Dar una vuelta completa de 360 grados. Pausa. A continuación, repetir lo mismo hacia el otro lado.

- (4) Capaz de girar 360 grados de una manera segura en 4 segundos o menos
- (3) Capaz de girar 360 grados de una manera segura sólo hacia un lado en 4 segundos o menos
- (2) Capaz de girar 360 grados de una manera segura, pero lentamente
- (1) Necesita supervisión cercana o indicaciones verbales
- (0) Necesita asistencia al girar

#### **12.-COLOCAR ALTERNATIVAMENTE LOS PIES EN UN ESCALÓN O TABURETE ESTANDO EN BIPEDESTACIÓN SIN AGARRARSE**

INSTRUCCIONES: Sitúe cada pie alternativamente sobre un escalón/taburete. Repetir la operación 4 veces para cada pie.

- (4) Capaz de permanecer de pie de manera segura e independiente y completar 8 escalones en 20 segundos
- (3) Capaz de permanecer de pie de manera independiente y completar 8 escalones en >20 segundos
- (2) Capaz de completar 4 escalones sin ayuda o con supervisión
- (1) Capaz de completar >2 escalones necesitando una mínima asistencia
- (0) Necesita asistencia para no caer o es incapaz de intentarlo

#### **13.-BIPEDESTACIÓN CON LOS PIES EN TANDEM**

INSTRUCCIONES: (Demostrar al paciente) Sitúe un pie delante del otro. Si piensa que no va

a poder colocarlo justo delante, intente dar un paso hacia delante de manera que el talón del pie se sitúe por delante del zapato del otro pie. (para puntuar 3 puntos, la longitud del paso debería ser mayor que la longitud del otro pie y la base de sustentación debería aproximarse a la anchura del paso normal del sujeto.

- (4) Capaz de colocar el pie en tándem independientemente y sostenerlo durante 30 segundos
- (3) Capaz de colocar el pie por delante del otro de manera independiente y sostenerlo durante 30 segundos
- (2) Capaz de dar un pequeño paso de manera independiente y sostenerlo durante 30 segundos
- (1) Necesita ayuda para dar el paso, pero puede mantenerlo durante 15 segundos
- (0) Pierde el equilibrio al dar el paso o al estar de pie.

#### **14.-MONOPEDESTACIÓN**

**INSTRUCCIONES:** Monopedestación sin agarrarse

- (4) Capaz de levantar la pierna independientemente y sostenerla durante >10 seg.
- (3) Capaz de levantar la pierna independientemente y sostenerla entre 5-10 seg.
- (2) Capaz de levantar la pierna independientemente y sostenerla durante 3 o más segundos
- (1) Intenta levantar la pierna, incapaz de sostenerla 3 segundos, pero permanece de pie de manera independiente
- (0) Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para prevenir una caída

**( ) PUNTUACIÓN TOTAL (Máximo= 56)**

## Anexo 4: Motor Assessment Scale (MAS)

### 1. Paso de decúbito supino a decúbito lateral sobre el lado sano.

La posición inicial debe ser en decúbito supino, las rodillas no deben estar flexionadas. Si es posible, evaluar con la ropa que utiliza el paciente para dormir

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de realizar ningún movimiento.

1 (1 puntos). El paciente se empuja hacia decúbito lateral (se empuja con el miembro superior sano y con el miembro inferior sano mueve el miembro inferior afectado)

2 (2 puntos) Mueve el miembro inferior afectado de forma activa y el tronco inferior cae hacia delante. (Al realizar el movimiento el miembro superior afectado es dejado atrás del tronco)

3 (3 puntos) Eleva y mueve el miembro superior afectado por encima del cuerpo con el miembro superior sano. El miembro inferior afectado se mueve de forma activa y el cuerpo gira en bolque.

4 (4 puntos) Mueve el miembro superior afectado por encima del cuerpo y el cuerpo gira en bloque.

5 (5 puntos) Mueve el miembro superior e inferior afectado y rola hacia el lado sano; pero pierde el equilibrio (el hombro afectado se protrae y se flexiona hacia delante)

6 (6 puntos). Rola hacia el lado sano en 3 segundos (No debe usar las manos)

### 2. PASO DE DECÚBITO SUPINO A SEDESTACIÓN A UN LADO DE LA CAMA

Si es posible, evaluar con la ropa que utiliza el paciente para dormir.  
Del punto 1 al 4 el paciente es asistido para pasar a decúbito lateral

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de iniciar la maniobra.

1 (1 puntos). Desde DL, eleva su cabeza hacia el lado pero no es capaz de sentarse.

2 (2 puntos). Desde DL, el terapeuta asiste la maniobra mientras el paciente controla la posición de la cabeza.

3 (3 puntos). Desde DL, el terapeuta asiste al paciente sacando las piernas por el lateral de la cama.

4 (4 puntos). Desde DL, el paciente es capaz de sentarse sin ayuda del terapeuta.

5 (5 puntos). Desde DS, el paciente es capaz de sentarse sin ayuda del terapeuta.

6 (6 puntos). Desde DS, el paciente es capaz de sentarse en menos de 10 segundos sin ayuda del terapeuta.

### 3. EQUILIBRIO EN SEDESTACIÓN

Si es posible, evaluar con la ropa que utiliza el paciente para dormir

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de mantenerse sentado con soporte del Terapeuta.

1 (1 puntos). El paciente solo se mantiene sentado con soporte del Terapeuta.

2 (2 puntos). El paciente se mantiene sentado sin ayuda durante 10 segundos (sin sostenerlo, las rodillas y tobillos juntos, y los pies apoyados sobre el suelo).

3 (3 puntos). El paciente se mantiene sentado sin ayuda con el centro de gravedad hacia delante y el peso bien distribuido (las caderas flexionadas, la cabeza y la columna dorsal extendida y el peso distribuido simétricamente en ambos lados).

4 (4 puntos). El paciente se mantiene sentado sin ayuda y es capaz de girar su tronco y cabeza para mirar hacia atrás (los pies juntos y apoyados sobre el suelo. No deberá abducir las caderas ni mover los pies. Las manos deben mantenerse sobre los muslos).

5 (5 puntos). El paciente se mantiene sentado sin ayuda y es capaz de tocar el suelo inclinándose hacia delante con cada mano 10 centímetros por delante de los pies y volver a la posición inicial. Los pies apoyados sobre el suelo y realiza de forma completa la maniobra sin apoyarse en ningún sitio. Si es necesario se puede sujetar el brazo afectado.

6 (6 puntos). El paciente se mantiene en un taburete sin ayuda y es capaz de tocar el suelo a ambos lados (no hacia delante) y volver al la posición de inicio. (Los pies apoyados en el suelo sin moverlos, sin apoyarse en ningún lado. Si es necesario se le podrá sujetar el brazo afecto).

### 4. PASO DE SEDESTACIÓN A BIPEDESTACIÓN

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de levantarse de ninguna manera.

1 (1 puntos). Se levanta con ayuda del terapeuta utilizando cualquier método.

2 (2 puntos). Se levanta con supervisión del terapeuta. (El peso está distribuido asimétricamente y necesita sujetarse con las manos).

3 (3 puntos). Se levanta con peso distribuido simétricamente y sin apoyarse con las manos.

4 (4 puntos). Se levanta y se mantiene de pie durante 5 segundos con las caderas y las rodilla extendidas y el peso simétricamente distribuido.

5 (5 puntos). Se levanta y se sienta sin ayuda, con el peso simétricamente distribuido; las caderas y las rodillas completan la extensión.

6 (6 puntos). Se levanta y se sienta sin ayuda tres veces en 10 segundos con el peso distribuido simétricamente.

## 5. MARCHA

Ayuda Técnica: bastón, valva, andador

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de dar ningún paso.

1 (1 puntos). Se mantiene sobre el pie afecto y da el paso con el pie sano. (La cadera afectada se mantiene extendida durante la carga. El terapeuta debe asistir para mantener el equilibrio).

2 (2 puntos). Camina con ayuda de una persona.

3 (3 puntos). Camina 3 metros sin ayuda de una persona. Puede necesitar el uso de una ayuda técnica.

4 (4 puntos). Camina 5 metros sin ayudas en 15 segundos.

5 (5 puntos). Camina 10 metros sin ayuda, recoge del suelo un saco de arena pequeño (con cualquier mano), da la vuelta y vuelve en 25 segundos.

6 (6 puntos). Sube y baja cuatro escalones (sin sujetarse en la baranda) tres veces en 35 segundos.

## 6. FUNCIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR

0 (0 puntos). En DS, el paciente no es capaz de protraer la cintura escapular con el hombro flexionado 90°.

1 (1 puntos). En DS, el paciente protraer la cintura escapular con el hombro flexionado 90°. (El terapeuta coloca el brazo en posición y mantiene el codo extendido).

2 (2 puntos). En DS, mantiene el brazo con 90° de flexión de hombro durante 2 segundos (El terapeuta coloca el brazo en posición y el paciente lo mantiene con rotación externa de hombro de unos 45° y con extensión de codo de al menos -20°).

3 (3 puntos). En DS, el paciente mantiene el hombro flexionado 90° mientras flexiona y extiende el codo (con la intención de tocarse la frente; el Terapeuta puede asistirlo en la supinación del antebrazo)

4 (4 puntos). En sedestación, el paciente mantiene el brazo extendido hacia delante con flexión de hombro de 90° durante 2 segundos. (El terapeuta coloca el brazo en posición y el paciente mantiene la posición con el pulgar hacia arriba - rotación externa-). No permitir elevación excesiva de hombro.

5 (5 puntos). En sedestación, el paciente eleva el brazo hasta colocar el brazo en la posición anterior, lo mantiene durante 10 segundos y lo desciende lentamente. (El hombro debe permanecer con cierta rotación externa, evitando la pronación del antebrazo).

6 (6 puntos). En bipedestación, el paciente mantiene la mano apoyada contra la pared, mientras gira el tronco hasta conseguir colocarse de perfil a la pared, con hombro abducido 90°.

## 7. MOVIMIENTOS DE LA MANO

0 (0 puntos). El paciente no realiza ningún movimiento con la muñeca o la mano.

1 (1 punto). En sedestación, con el antebrazo sobre una mesa, el paciente realiza extensión de muñeca. (El terapeuta coloca un objeto cilíndrico en la palma de la mano del paciente, el cual debe levantar el objeto con extensión de muñeca, evitando flexionar el codo y pronación de antebrazo).

2 (2 puntos). En sedestación, con el antebrazo en pronosupinación indiferente, o sea, con el borde cubital apoyado sobre la mesa y la muñeca ligeramente extendida, el paciente realiza desviación radial de muñeca para levantar el objeto cilíndrico de la mesa (sin flexionar el codo y pronar el antebrazo).

3 (3 puntos). Sentado, con el codo flexionado al costado del tronco y el antebrazo sin apoyo, el paciente realiza pronosupinación de al menos 3/4 del recorrido.

4 (4 puntos). Sentado, el paciente eleva los brazos extendidos para alcanzar una pelota de 14 cm de diámetro y la baja. (La pelota debe estar a una distancia que el paciente deba extender de forma completa sus brazos; hombros protraídos, codos extendidos, muñeca neutra o extendida, las palmas deben estar en contacto con la pelota)

5 (5 puntos). Sentado, el paciente toma un vaso de plástico y lo coloca al otro lado del cuerpo.

6 (6 puntos). Sentado, el paciente realiza oposición sucesiva del pulgar respecto cada dedo al menos 14 veces en 10 segundos. (Empezando por el índice, cada dedo debe tocar el pulgar. No realizar el movimiento con el pulgar e ir de atrás para adelante)

## 8. ACTIVIDADES MANUALES AVANZADAS

0 (0 puntos). El paciente no es capaz de alcanzar un objeto sobre la mesa.

1 (1 punto). El paciente alcanza la tapa de una lapicera, situada al frente sobre la mesa, y la coloca cerca del cuerpo.

2 (2 puntos). El paciente toma una bolita pequeña de un recipiente y la coloca en otro recipiente vacío (el recipiente contiene ocho bolitas pequeñas, cada miembro superior busca en el recipiente del lado contrario).

3 (3 puntos). El paciente es capaz de dibujar 10 líneas horizontales en 20 segundos. (Las líneas, de aproximadamente 10 cm de longitud, deben pararse cuando cruzan otra línea vertical. La prueba se considera válida si al menos 5 líneas se paran correctamente sobre la vertical).

4 (4 puntos). El paciente es capaz de sujetar un lápiz y dibujar puntos sobre un papel de forma rápida y consecutiva. (Debe hacer al menos 2 puntos por segundo durante 5 seg. No asistirlo para tomar el lápiz y posicionarlo en la mano. Debe hacer puntos no rayones/trazos/golpes).

5 (5 puntos). El paciente es capaz de tomar una cuchara de postre con líquido y llevársela a la boca. (Evitar que el paciente lleve la cabeza hacia la cuchara y que el líquido se derrame).

6 (6 puntos). El paciente es capaz de coger un peine y peinarse el pelo de la nuca. (El hombro debe estar en rotación externa y abducido al menos 90°, con la cabeza erguida).