

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca



PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN VIRTUAL CON NINTENDO WII® BALANCE BOARD EN UN GRUPO DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR ESTABLECIDA EN LA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE LA SABANA: UN ESTUDIO PILOTO

TRABAJO DE GRADO PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE ESPECIALIZACIÓN EN
MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN

CHÍA, CUNDINAMARCA
2013

CONTENIDO

1.	JUSTIFICACIÓN	9
2.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
3.	OBJETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4.	MARCO TEÓRICO	15
4.1	DEFINICIÓN Y EPIDEMIOLOGIA DE LA LESIÓN MEDULAR	15
4.2	CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN MEDULAR	17
4.3	COMPLICACIONES DE LA LESIÓN MEDULAR	19
1.4	DISCAPACIDAD RELACIONADA CON LESIÓN MEDULAR	20
4.5	REHABILITACIÓN EN LESIÓN MEDULAR	21
4.6	CONTROL POSTURAL	23
4.7	CONTROL POSTURAL Y LESIÓN MEDULAR	24
4.8	REHABILITACIÓN DEL CONTROL POSTURAL	25
4.9	LA REALIDAD VIRTUAL APLICADA EN LA NEUROREHABILITACIÓN	25
4.10	LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL	27
4.11	REALIDAD VIRTUAL EN REHABILITACIÓN DEL EQUILIBRIO	29
4.12	VIDEO CONSOLA WII NINTENDO	30
4.13	TABLA DE BALANCE NINTENDO WII	34
4.14	EVALUACIÓN CLÍNICA DEL EQUILIBRIO	35
4.15	NUEVAS TECNOLOGIAS PARA MEDIR EQUILIBRIO EN LA CLÍNICA	36
5.	METODOLOGÍA	41
5.1.	TIPO DE ESTUDIO	41
5.2	BUSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	41
5.3	POBLACIÓN	41
5.3.1	Población blanco:	41

5.3.2	Población de estudio:	41
5.4	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	41
5.5	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	42
5.6	SELECCIÓN DE PACIENTES	42
5.7	VARIABLES	43
5.8	RECOLECCIÓN DATOS	56
5.8.1	PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	56
5.8.2	PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS	56
6.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	57
6.1	CÓDIGO DE NÚREMBERG	57
6.1.1	Experimentos médicos permitidos (60)	57
6.2	EL INFORME BELMONT	57
6.2.1	Principios éticos y orientaciones para la protección de sujetos humanos en la experimentación.(61)	57
6.3	DECLARACIÓN DE HELSINKI. ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL (2008)	58
6.3.1	(59a Asamblea General de la WMA, Seúl, Octubre de 2008)	58
6.4	DECLARACIÓN DE LA ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL SOBRE LA ÉTICA MÉDICA Y LA TECNOLOGIA AVANZADA	58
6.5	NORMATIVIDAD NACIONAL	59
6.5.1	RESOLUCIÓN 8430/1993	59
6.5.2	DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES	60
7.	CRONOGRAMA	61
8.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	63
9.	PRODUCTOS ESPERADOS	64
10.	RESULTADOS	65
10.1	CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN INTERVENIDA	65
11.	DISCUSIÓN	73
12.	CONCLUSIONES	76
13.	BIBLIOGRAFIA	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación internacional (American spinal injury association)	18
Tabla 2.	REHABILITACIÓN LESIÓN MEDULAR SEGÚN LA EVIDENCIA	22
Tabla 3.	Parámetros característicos calculados a partir de la acelerometría (52)	38
Tabla 4.	Variables consolidadas	43
Tabla 5.	Retiro de pacientes	48
Tabla 6.	Juegos empleados en la intervención	49
Tabla 7.	Presupuesto	63
Tabla 8.	Promedio edad de pacientes participantes	65
Tabla 9.	Consolidado de Diagnostico asociado	67
Tabla 10.	Resumen de medidas de desenlace.	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico. 1. Frecuencia de Diagnostico asociado	67
Gráfico. 2. Acelerometría AP previa y posterior a intervención	69
Grafico 3. Acelerometría lateral previa y posterior a intervención	69
Grafico 4. T shirt test previo y posterior a intervención	70
Grafico 5. Test del balance superior previo y posterior a terapia	70
Grafico 6. Kilocalorías alcanzadas por cada sesión realizada	72

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Metodología	46
-------------------------	----

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Tabla de balance (balance board Wii)	31
Imagen 2. Posición frente al televisor	32
Imagen 3. Posición erguida.	33
Imagen 4. Posición sentado.	33
Imagen 5. Ejercicios de equilibrio.	34
Imagen 6. Control ADXL330 del Wii®	37
Imagen 7. Acelerómetro ADXL3xx	39
Imagen 8. Cambios en las aceleraciones anteroposteriores	40
Imagen 9. Sesión terapéutica	47
Imagen 10. Consultorio Electroterapia. Clínica Universidad de la Sabana.	48
Imagen 11. Actividades y retos	49
Imagen 12. Actividades de equilibrio de menor complejidad.	50
Imagen 13. Actividades mejoría del equilibrio	51
Imagen 14. Acelerómetro digital	53
Imagen 15. Botón acelerómetro	53
Imagen 16. Hardware utilizado por el acelerómetro.	54
Imagen 17. Medición de la acelerometría	55
Imagen 18. Intervención con la terapia de balance	66

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	78
ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO	80

1. JUSTIFICACIÓN

El movimiento humano en general implica procesos complejos en los niveles perceptivos, cognitivos y motores, siendo el control postural en personas sanas un proceso altamente automatizado que requiere poca atención, en las personas que sufren una lesión de la médula espinal.

Este automatismo es afectado, necesitando de nuevas pautas de control postural, para que con la participación de las partes del sistema sensoriomotor que permanecen intactas en el paciente durante la rehabilitación, compense la pérdida de la función y la reducción de la discapacidad en lugar de la restauración de la función.

Aunque hay gran cantidad de experiencia clínica sobre la terapia de rehabilitación postural en la lesión medular, muchos de los mecanismos por los cuales la terapia convencional puede influir o mejorar la reorganización del control motor y más específicamente el control postural, son todavía en gran parte desconocidos.

Al respecto, Massion y Dufosse definen el equilibrio como la estabilización del cuerpo como un todo con respecto a las superficies de soporte, la postura es la posición de los segmentos del cuerpo entre si en un momento dado.(1)

La gestión del equilibrio requiere del procesamiento simultáneo y continuo de las aportaciones de múltiples sistemas, incluyendo la información sensorial (visual, vestibular y propioceptiva), la integración cognitiva (atención y funciones ejecutivas fundamentalmente), la función del cerebelo y, obviamente, la retroalimentación del sistema sensitivo-motor. Este complejo mecanismo hace que la inestabilidad postural sea un signo común en pacientes que han sufrido lesión espinal.(2)

Además de ser un problema de alta prevalencia, las alteraciones del equilibrio y del control postural son una causa frecuente de caídas y un factor limitante de autonomía e independencia en las actividades de la vida diaria (AVD) por lo que su recuperación es uno de los objetivos prioritarios en la rehabilitación motora de los pacientes lesión medular.(3)

De esta forma, el principal problema a nivel musculoesquelético en los pacientes con lesión medular es la alineación corporal, por cuanto la falta de una correcta relación entre los segmentos corporales repercute en un cambio en la posición del

cuerpo con referencia del centro de gravedad y la base de sustentación, impidiéndoles crear estrategias de movimiento adecuadas. De allí que la introducción de sistemas de realidad virtual (RV) en la rehabilitación de la lesión medular es una nueva herramienta de tratamiento con múltiples objetivos funcionales.(4-6)

En tal sentido, se entiende por realidad virtual aquella tecnología computarizada que proporciona *feedback* sensorial artificial, en un formato en que el usuario obtiene experiencias similares a actividades y eventos que acontecen en la vida real, el cual proporciona un aprendizaje motor en las tres dimensiones del espacio correspondiente al movimiento que se realiza en el mundo real.(7)

En la rehabilitación de la lesión medular es esencial proponer entonces, programas de intervención flexibles e individualizados. La RV puede alcanzar esta individualización y flexibilidad ya que permite integrar en el programa de intervención las propias preferencias del paciente, mejorar su atención y motivación por la tarea, y aumentar el *feedback* sensorial. Al respecto, estas técnicas aumentan el compromiso con la terapia, lo que supone un mayor éxito en los aprendizajes.(7)

Del mismo modo, proporcionan estrategias de intervención estructuradas y sistemáticas, y el terapeuta tiene total control sobre el sistema para realizar las modificaciones necesarias y para reproducir sesiones exactas.

Es por esa razón que la RV está diseñada para simular situaciones reales, tiene un alto grado de «validez ecológica» (grado en que un experimento se asemeja a la vida real), incrementando la probabilidad de que las habilidades aprendidas sean transferidas a la vida real. Ofrece seguridad en entornos realistas que en la vida real pueden ser peligrosos para los pacientes y desarrolla la confianza y la autoeficacia en un ambiente seguro, preparando al paciente para abordar la tarea en el mundo real.(7)

Dentro de los sistemas de realidad virtual de bajo costo se encuentra el Wii (NINTENDO)®. La consola Wii de Nintendo es un videojuego interactivo y basado en el movimiento, donde el jugador es representado por un avatar dentro del entorno virtual.

El sistema cuenta con un control remoto que se sostiene en la mano que mide los movimientos del jugador y estos son trasladados a la pantalla.

Este control remoto detecta cambios en la aceleración y la orientación, y el sistema ajusta el *feedback* de acuerdo con ello. El control remoto de Wii proporciona *feedback* háptico y los juegos abundantes *feedback* visual y auditivo, la oportunidad de participar varios jugadores y diferentes niveles de dificultad. La aplicación posee diferentes aplicaciones: Wii Sports®, Wii Fit® (Balance Board).(8)

En el ámbito de la rehabilitación virtual del control postural y del equilibrio se han desarrollado diversos programas que recrean entornos virtuales mediante gráficos bidimensionales y tridimensionales.(6) con herramientas que emplean el control postural como actividad lúdica haciendo uso de videoconsolas comerciales (wit balance board)(9)

Aunque la mayoría de estudios en el campo de la neurorehabilitación con realidad virtual se ha centrado en el ictus, algunos investigadores han estudiado la aplicación de esta técnica a la rehabilitación en otras patologías, como el caso de la lesión medular.(4)

No obstante, pocos estudios han investigado cuantitativamente la estabilidad y el balance postural en sedente de los individuos con lesión medular (10) o asociada con rendimiento funcional(11) (12)

En los pacientes con lesión medular los beneficios de los ejercicios basados en juegos y realidad virtual han demostrado su potencial para mejorar sustancialmente el equilibrio en sedestación(6) (5)

En un estudio llevado a cabo por (Ross A. Clark), en 30 pacientes sanos, se demostró la utilidad del Wii® balance board como instrumento de medición del centro de presión corporal; esto motiva el impulso de nuevas investigaciones sobre las aplicaciones clínicas de este video juego y en su probable aplicación en el entrenamiento del equilibrio y postura (13)

Al respecto, Kizony (et al), estudiaron la factibilidad de aplicar la tecnología de realidad virtual para el entrenamiento del equilibrio en personas con paraplejia en un estudio con 13 sujetos; usando tres simuladores en 3D. Dos usados para el alcance de blancos móviles y un tercero para control de tronco con una tabla snowboard. Las puntuaciones de los sujetos se correlacionaron bien con su desempeño en las tareas de alcance lo que sugiere que se pueden construir estrategias de equilibrio real a través de realidad virtual.(6)

Desde el punto de vista terapéutico, existe todavía una gran necesidad de sistemas de rehabilitación virtual que puedan instalarse fácilmente en el entorno clínico y que cuenten con la suficiente flexibilidad y especificidad de contenidos

para abarcar los diferentes estadios clínicos de las patologías como la lesión medular (2)

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio es comprobar la efectividad de la rehabilitación con realidad virtual, con videoconsola Wii, aplicada durante 6 semanas en un grupo de pacientes con lesión medular establecida, previamente sometidos a rehabilitación integral durante un periodo mínimo de tres meses con programa PIR (programa interdisciplinario de rehabilitación) en la Clínica Universidad de La Sabana.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la rehabilitación con realidad virtual, modalidad Nintendo Wii®, aplicada durante 6 semanas a un grupo de pacientes con lesión medular establecida, previamente sometidos a rehabilitación interdisciplinaria durante un periodo mínimo de tres meses con programa PIR® (programa interdisciplinario de rehabilitación) en la Clínica Universidad de La Sabana?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la rehabilitación postural con realidad virtual, Nintendo Wii fit balance board aplicada durante 6 semanas en un grupo de pacientes con lesión medular instaurada y sometidos previamente a rehabilitación.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir el perfil sociodemográfico de los pacientes con lesión medular sometidos a la intervención en el control postural a través de la terapia con balance board Wii fit.
2. Describir las características inherentes al diagnóstico de lesión medular en los pacientes sometidos a la rehabilitación del balance con realidad virtual Wii fit balance board.
3. Determinar otros usos y utilidades de la rehabilitación con realidad virtual con Nintendo Wii® fit balance board en un grupo de pacientes con lesión medular establecida.
4. Determinar el promedio de kilo-calorías alcanzados por cada paciente durante el total de sesiones realizadas con rehabilitación virtual Nintendo Wii fit balance board.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DEFINICIÓN Y EPIDEMIOLOGIA DE LA LESIÓN MEDULAR

La Lesión medular (LM) puede definirse como todo proceso patológico (conmoción, contusión, laceración, compresión o sección), de cualquier etiología (traumática y no traumática), que afecta la médula espinal, y puede originar alteraciones de la función neurológica por debajo del nivel de la lesión: motoras, sensitivas y autonómicas.

La complejidad del déficit neurológico, y por tanto del cuadro clínico resultante, depende del nivel y la completitud de la lesión, la extensión transversal o longitudinal del tejido lesionado, y la afectación de sustancia blanca o gris.(14)

Las lesiones de la médula espinal son un problema de salud pública que en la mayoría de los casos afecta a la población en edad productiva (21-30 años) y produce un impacto, generalmente alto, en la calidad de vida de los pacientes.

Los pacientes con lesión medular completa tienen menos del 10% de probabilidad de mejorar su escala funcional. En pacientes que preservan la función sensorial pero no la motora por debajo del nivel de la lesión, la probabilidad de mejorar su estado funcional es aproximadamente del 25%. Si se conserva parcialmente la función motora y sensitiva la posibilidad de recuperación es del 50%.(15)

La etiología de las lesiones medulares es muy variada e incluye causas de origen congénito, traumático, infeccioso, tumoral o secundario a enfermedades sistémicas(16)

No hay buenos registros sobre la incidencia de las lesiones medulares no traumáticas (LMNT) debido a problemas en las definiciones, datos epidemiológicos escasos y atención de estos pacientes por diferentes especialidades.

De las LMNT en el University of Rochester Medical Center, el 45 % fueron causadas por tumores (primarios y metastásicos), otras causas incluyeron insuficiencia vascular, osteomielitis, hernia del núcleo pulposo y cambios degenerativos que causaron compresión del cordón espinal (17)

En un estudio sobre frecuencia de daños trazadores (es decir, deficiencia o enfermedad que se usa para medir la situación de discapacidad en la población y la capacidad operativa del establecimiento en relación al tratamiento rehabilitador) en pacientes hospitalizados en el Instituto Nacional de Rehabilitación México(INR) entre enero y diciembre de 2004, utilizando el Clasificador Internacional de Enfermedades versión 10 (CIE 10), se informó traumatismo de la médula espinal en 68,5 % y otras enfermedades de la médula espinal (no traumáticas) en 31,5 %, de las cuales el 26,8 % correspondió a causas infecciosas, 24,4 % enfermedades del desarrollo, 22,0 % degenerativas, 12,2 % neoplásicas, 9,8 % vasculares y otras 4,9 % (18)

La mayoría de la literatura científica establece en primera instancia como causa de LM el trauma, se encuentra el asociado a accidentes de tránsito, heridas por arma de fuego, heridas por arma blanca, caídas de altura, inmersiones en aguas poco profundas, accidentes deportivos y accidentes laborales;(14) En segunda instancia se encuentran las lesiones no traumáticas asociadas a factores congénitos, secundarios a diferentes patologías o por intervenciones médicas o quirúrgicas . Este tipo de lesiones ocurren con mayor frecuencia en población joven con una distribución por sexo (hombre / mujer) de 4:1 (17)

Los traumatismos constituyen aproximadamente el 60% de los casos de lesión medular en países desarrollados, y cerca del 80% en países en vía de desarrollo como Colombia (19)

La incidencia anual de la lesión medular en los países desarrollados se estima en 15 a 40 casos por millón de habitantes. En los Estados Unidos, aproximadamente 12.000 nuevas lesiones se producen por año (Branco, Cárdenas et al. 2007)

En Colombia no se conocen estudios que reporten los datos epidemiológicos de lesión medular. El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses estableció que en el año 2005 los accidentes de tránsito habían sido responsables de cerca de 1.036 traumas en las regiones del cuello y del área pélvica, representando el 2,99% de las personas que presentaron traumatismos en accidentes de tránsito en el país.(20)

Jiménez y cols. (21)reportan que la lesión medular es una condición que se presenta en 1 de 40 pacientes colombianos que ingresan a un hospital general consultando por trauma. Garzón en un estudio realizado en Bogotá (22), reporta que la edad de las personas con lesión medular es en promedio de 35,8 años y en una relación de 4.1:1 (hombre:mujer).

La lesión medular se ha reportado como uno de los motivos de consulta más frecuentes en los centros de atención de salud de todos los niveles de complejidad como consecuencia del estado de violencia que vive el país.(21)

Los traumas son ocasionados con mayor frecuencia por heridas por armas blancas o de fuego, con un porcentaje entre el 20 y el 60%, Los accidentes de tránsito tienen una incidencia global importante que oscila entre el 12 y 63%; Las caídas de altura, los accidentes deportivos y laborales, y las zambullidas en aguas poco profundas en general tienen una incidencia menor.(19)

En Colombia,(19) encontraron como principal causa de lesión las heridas por arma de fuego con el 50% de los casos, seguida por accidentes automovilísticos con 15% y caídas con 14%.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN MEDULAR

El trauma raquimedular es una de las patologías que genera la mayor cantidad de consecuencias no solamente médicas sino sociales y laborales. Las secuelas neurológicas producidas por la lesión traumática de la médula y sus raíces son frecuentes y acompañadas de síntomas y signos neurológicos mayores que afectan la integridad física, los aspectos sociales, profesionales y de calidad de vida del paciente.

Una vez se produce el evento traumático aparecen los mecanismos de lesión primaria (compresión persistente, compresión transitoria, distracción, laceración, transección) y los de lesión secundaria (choque neurogénico, lesión vascular, excitotoxicidad, lesiones secundarias mediadas por calcio, alteraciones hidroelectrolíticas e inmunológicas, apoptosis, alteración mitocondrial).(23)

El grado de lesión traumática determina el compromiso neurológico y sus secuelas, pero el adecuado tratamiento inicial puede modificar en algún grado la severidad de las lesiones. La base de este tratamiento se fundamenta en el conocimiento fisiopatológico de la cascada de eventos que aparecen una vez se genera la lesión y está basado en el manejo con esteroides sistémicos.(23)

Las lesiones medulares se denominan de acuerdo con el último nivel intacto, es decir, aquella metámera que preserva todas las funciones neurológicas: motoras, sensitivas y autonómicas.

En este sentido, pueden clasificarse de acuerdo con la funcionalidad clínica del paciente como cervicales (C1 a C8), torácicas altas (T1 a T6), torácicas bajas (T7

a T12), lumbosacras (L1 a S1) y del cono medular (sacro coccígeas). Entre más alta la lesión mayor será el compromiso funcional del paciente.(16)

La escala más utilizada a nivel internacional para evaluar la extensión o completitud de la lesión medular es la AIS (ASIA Impairment Scale) que sigue los estándares para clasificación neurológica de la Asociación Americana de Lesiones Medulares ASIA (American Spinal Injury Association).

Esta escala clasifica la LM de acuerdo con cinco grados determinados por la ausencia o preservación de la función motora y sensitiva. (17)

Tabla 1. Clasificación internacional (*American spinal injury association*)

Lesión completa A	Ausencia de función motora y sensitiva que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5
Lesión incompleta B	Preservación de la función sensitiva por debajo del nivel neurológico de la lesión, que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5 y con ausencia de función motora
Lesión incompleta C	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tiene un balance muscular menor de 3
Lesión incompleta D	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos claves por debajo del nivel neurológico tienen un balance muscular de 3 o más
Normal E	Las funciones sensitivas y motoras son normales

Fuente. <http://www.asia-spinalinjury.org/>

La mayoría de las lesiones reportadas en las distintas investigaciones a nivel mundial se ubican en los niveles cervical, entre el 34 y 53% de los casos, y torácico, entre el 43 y 48%, en tanto las lesiones lumbosacras van del 10 a 14%.(24)

Según (19) en su muestra con pacientes colombianos, el 62% presentó lesión completa grado A, 10% B, 12% C, 14% D, y sólo el 2% presentó una condición normal o grado E .

4.3 COMPLICACIONES DE LA LESIÓN MEDULAR

Las principales complicaciones reportadas por diferentes investigaciones con series de casos de pacientes con LM en el mundo son: espasticidad, contracturas musculares, hombro doloroso, dolor articular-artritis, osificación heterotópica, fracturas, esguinces y luxaciones, úlceras de presión, deterioro neurológico, dolor crónico, infecciones urinarias, problemas renales y vesicales, problemas intestinales, complicaciones cardíacas y respiratorias, hipertensión arterial o hipotensión arterial, trombosis venosa, edema periférico, disreflexia autonómica, aumento de peso, depresión, estrés psicológico y la inestabilidad postural.

En la muestra (19) en el 2007, se encontraron principalmente las siguientes complicaciones: dolor en el 80% de los pacientes a los tres meses de ocurrencia de la lesión, espasticidad en el 64,9% de los casos al primer año, infecciones urinarias en el 38% a los tres meses, y úlceras de presión en el 25% al primer mes después de ocurrida la lesión.

Los hallazgos del estudio de Henao y Pérez con población de Manizales (Colombia) muestran que las complicaciones clínicas de la lesión medular que con mayor frecuencia presentaron los participantes del estudio en el último año fueron problemas renales y vesicales (68%), infecciones urinarias (59%) y problemas intestinales (59%). Otras complicaciones de frecuente aparición fueron la espasticidad (52%), úlceras de presión (50%), depresión (43%) y contracturas musculares (39%). En menor porcentaje se reportaron complicaciones cardíacas, osificaciones heterotópicas y deterioro neurológico. La cantidad de complicaciones promedio por persona fue de 6 (25)

4.4 DISCAPACIDAD RELACIONADA CON LESIÓN MEDULAR

La lesión medular se considera como uno de los problemas que mayor impacto personal y social producen, pues la persona, y su familia, modifican su forma de vida, alterando su perfil laboral y consecuentemente su actividad productiva. El portador de una lesión medular presenta pérdida de función motora de diferentes niveles y grados de extensión, disminución o pérdida de sensibilidad, disfunción vesical, intestinal y sexual; así como severas consecuencias psíquicas, sociales y económicas debido a su situación de discapacidad permanente y en algunos casos irreversible.

En el estudio realizado por Henao y Pérez (25) donde se estableció el grado de discapacidad de 45 personas con lesión medular de la ciudad de Manizales, Colombia, evaluada a través del instrumento WHO-DAS II, (medida para valorar el funcionamiento y discapacidad en población con diferentes condiciones de salud) (26) 36 ítems, se encontró que el 100% de los participantes en el estudio presentaron algún grado de discapacidad, en el 53% de ellos la discapacidad fue moderada, en el 38% leve y en el 9% severa.

Los resultados esperados luego de 1 año de lesión espinal se basan en el nivel inicial de la lesión y el grado inicial de la fuerza de los músculos por debajo del nivel de la lesión, el planeamiento de la rehabilitación y los resultados relacionados con independencia, cuidado personal y movilidad, se basan en el grado de discapacidad neurológica evaluada según ASIA Impairment Scale (AIS), la magnitud y velocidad de recuperación depende de la gravedad de la lesión inicial, si es completa o incompleta, la tasa de recuperación se mide por el cambio relativo en el componente motor y sensitivo y disminuye sustancialmente después de 6 meses a 1 año de la lesión. (3)

La expectativa de vida de las personas con lesión medular se ha venido incrementando en las últimas décadas. Su supervivencia en épocas anteriores era relativamente baja debido a complicaciones respiratorias, cardíacas y urinarias, y a diversos tipos de condiciones médicas particularmente infecciosas, que hacían que la persona no llegara a edades avanzadas. La disminución de la mortalidad y por ende el aumento en la esperanza de vida de las personas con lesión medular está determinada no sólo por las características de la lesión y los cambios fisiológicos inherentes al curso de vida, sino también por los grandes avances tecnológicos y científicos en aspectos de prevención, atención pre-hospitalaria, manejo de complicaciones en el trascurso de la enfermedad y rehabilitación oportuna

4.5 REHABILITACIÓN EN LESIÓN MEDULAR

Gracias al trabajo pionero de Ludwing Guttmann del centro de lesionados medulares de Stoke Mandeville, hubo una creciente comprensión hacia la lesión medular y una gran evolución en su manejo que dieron lugar a una reducción en la mortalidad y en el grado de deficiencia.(27)

Desde entonces se ha producido un cambio gradual en los modelos de supervivencia de esta población. Con la prolongación de la vida de las víctimas de lesión medular y su casi equiparación a la población en general; la preocupación de los profesionales de la salud que tratan estos pacientes ha sido ofrecer recursos que les permitan una mejor calidad de vida, siendo esta la tendencia actual de los programas de rehabilitación de los pacientes portadores de lesión medular.

Hoy en día el objetivo principal de la mayoría de los centros de rehabilitación de pacientes con lesión medular consiste en potencializar las capacidades residuales, parcial o totalmente conservadas, con la finalidad de hacer posible un mayor grado de independencia en las actividades de la vida diaria y de la locomoción. A parte de esto, la rehabilitación tiene como objetivo principal orientar al paciente en la utilización de sus potenciales individuales, de los recursos familiares y de la comunidad, visando la readaptación de su vida en los diversos papeles, y al paciente sus familiares en la prevención de posibles complicaciones después de la lesión medular .(28)

La rehabilitación después de lesiones de la médula espinal está principalmente basada en el nivel neurológico; Algunas de las intervenciones más importantes en rehabilitación de la lesión medular, se deberían iniciar a los 30 días de la lesión medular (29) (grado fuerte de recomendación con baja calidad de evidencia) y resumen a continuación:

Tabla 2. REHABILITACIÓN LESIÓN MEDULAR SEGÚN LA EVIDENCIA

PROBLEMA	INTERVENCIÓN	NIVEL EVIDENCIA
Espasticidad	Eliminación de estímulos facilitadores	A
	Medios físicos	B
	Estiramiento sostenido de musculatura	B
	Estimulación eléctrica del músculo o del nervio	B
	Uso de tizanidina oral	A
	Benzodiacepinas orales	C
	Dantrolene	B
	Uso de baclofen oral	C
	Fenol intramuscular o intratecal	C
	Toxina botulínica intramuscular	C
Veijga neurogénica	Cateterismo vesical intermitente	B
	Maniobras facilitadoras	B
	Manejo de vejiga hiperrefléxica con oxibutinina	A
	Propantelina asociado a imipramina oral	B
Intestino neurogénico	Consejos dietéticos	A
	Uso de supositorios y estimulación digital	A
	Masajes y aumento de presión intraabdominal	B
	Ablandadores de materia fecal	A
Dolor neuropático	Carbamazepina oral	A
	Pregabalina oral	B
	Fenotiacinas	B
Rehabilitación motora	Uso del plano inclinado	A
	Uso de silla de ruedas	A
	Fisioterapia respiratoria	A
	Movilizaciones articulares pasivas	A
	Movilizaciones activas	A
	Potenciación musculatura residual	A
	Mejora equilibrio, coordinación	A
	Flexibilidad, elasticidad	A
	Reeducación de patrones de movimiento y locomoción	A
	Bipedestación y marcha	A
Mantenimiento de condiciones mioarticulares	A	
Actividades de la vida diaria	Entrenamiento en actividades de la vida diaria	A
Psicosocial	Rehabilitación psicológica	A
	Psicoterapia individual y grupal	A

Fuente. Romero Meza Mario, Jiménez Alberto, Román Pérez Efraín. Rehabilitación en trauma raquímedular. Guías de práctica clínica basadas en la evidencia. Proyecto ISS, ASCOFAME, año 2009

4.6 CONTROL POSTURAL

El control postural normal requiere de la organización de la información sensorial procedente de los sistemas visual, propioceptivo y vestibular, que proporcionan información acerca de la posición y el movimiento del cuerpo en el entorno, así como la coordinación de esta información con las acciones motrices; esta facultad es una de las habilidades motrices que se pierde con la lesión medular (dependiendo del nivel motor y vertebral comprometido) considerándose un problema de alta prevalencia en esta población, siendo una causa frecuente de caídas y un factor limitante de autonomía e independencia en las actividades de la vida diaria (AVD)(2) por lo que su recuperación es uno de los objetivos prioritarios en la rehabilitación motora de los pacientes con lesión medular.

Para un paciente con lesión medular el adecuado control postural en sedente es esencial para la realización de sus actividades de la vida diaria, sin embargo la pérdida parcial o total de la fuerza muscular y la información sensorial del tronco y/o extremidades conlleva a la reducción del control postural en sedestación (30).

Equilibrio o el control postural se puede definir como la capacidad de controlar el centro de masa en relación con la base de apoyo y requiere de complejas interacciones de músculo-esquelético y sistemas neurales. Control postural se puede dividir en tres elementos principales, como la habilidad para:

1. Mantenimiento de una postura (estática).
2. Mantenimiento del control del equilibrio durante los movimientos voluntarios (proactiva).
3. Recuperar el control después de la pérdida imprevista de equilibrio (reactiva).

En contraste con los demás mamíferos, los seres humanos requieren mantener el balance de múltiples segmentos con un alto centro de masa sobre una pequeña base de soporte; estas estrategias del control del balance como las de un adulto se logran a los 7 años de edad o más, esto significa que todas las personas experimentan alguna clase de "formación postural" como parte del proceso normal de desarrollo durante la infancia y la capacidad de adoptar el control postural se conserva en los adultos y en personas de edad avanzada.(31)

El control postural es un proceso regulado por el sistema nervioso en el que se pueden diferenciar tres subsistemas:

1. Sistemas Sensoriales: sistema aferente que recibe información externa e interna y de posición corporal a través de los siguientes sistemas sensoriales: sistema visual, vestibular y somatosensorial.

2. El sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico: encargados del procesamiento de ésta información.
3. Sistema músculo esquelético: sistema eferente que ejecuta la acción.

El sistema de reflejo espinal se considera que desempeña un papel importante en el control de la postura.(32), el reflejo espinal humano es altamente adaptable y responde rápidamente a cambios ambientales.

Aparte del sistema espinal, a nivel supraespinal existen múltiples estructuras que son esenciales para controlar la postura erguida en los seres humanos. Los ganglios basales, el cerebelo y el tronco encefálico tienen funciones importantes en la organización de la postura. La corteza cerebral contribuye además en el control postural, las adaptaciones en el entrenamiento del control postural han sido documentadas en la corteza motora.(33)

Las estructuras del sistema nervioso juegan un papel importante en el mantenimiento y recuperación de equilibrio. La información sensorial de fuentes visuales, vestibulares y propioceptivas cutáneas, están integradas en el control postural; el sistema somatosensorial y los cambios en la longitud del músculo se transmiten a la médula espinal y supraespinal; (31)

4.7 CONTROL POSTURAL Y LESIÓN MEDULAR

Después de una lesión medular, la señalización normal entre cerebro y los músculos distales a la lesión está parcial o completamente interrumpida; por ejemplo una lesión torácica significa que es posible que el control normal de los músculos del tronco, esencial para mantener erecta la parte superior del cuerpo es probable que se encuentre perturbada o eliminada; durante la rehabilitación las personas con lesión medular tienen que volver a aprender a moverse y a equilibrar la parte superior del cuerpo en sedestación; esto puede llevarse a cabo mediante el desarrollo de estrategias alternativas de control postural que implican el uso de músculos no posturales(34)

Muchos individuos con lesión medular usan patrones de movimiento atípicos para llegar a compensar la deficiencia motora y la inestabilidad del tronco(35).Para los individuos que utilizan una silla de ruedas como su principal medio de movilidad, la estabilidad dinámica durante las actividades de sedestación y alcances define el espacio de trabajo disponible para realizar actividades sin necesidad de utilizar los brazos para mantener el equilibrio.

4.8 REHABILITACIÓN DEL CONTROL POSTURAL

El entrenamiento locomotor es una estrategia de rehabilitación diseñada para mejorar el control postural, equilibrio, sedente, bipedestación, y/o marcha según el caso, salud general y calidad de vida después de una lesión neurológica basada en principios científicos y evidencia científica; consiste en la activación neuromuscular por encima y por debajo del nivel de la lesión para promover la recuperación de la función motora con el objetivo de reentrenar el sistema nervioso para recuperar una tarea específica. (36)

La recuperación del equilibrio y la postura es uno de los objetivos principales y esenciales en los programas de rehabilitación en la lesión medular, generando estrategias de compensación para mantener el equilibrio incluyendo una activación apropiada del cuello, del tronco, y/o extremidades.

La terapia convencional en estos pacientes se centra en la potenciación muscular y en la mejoría de tareas específicas en las reacciones de balance; además de la importancia de aprender a usar señales visuales y entradas sensoriales desde partes del cuerpo neurológicamente intactas.(37) pero además existe la necesidad de mejorar y mantener la capacidad funcional obtenida a través de la rehabilitación mediante actividades que no causen síndromes de sobreuso para la musculatura empleada.(38)

Los ejercicios de equilibrio mejoran las habilidades funcionales de pacientes y promueven la vida independiente en la comunidad, la terapia convencional se centra en el fortalecimiento muscular y el mejoramiento de las reacciones de equilibrio; Típicamente, las herramientas convencionales de intervención en control postural tienden a ser monótonas, ofrecen pocas oportunidades para clasificar el nivel de dificultad al que está siendo sometido el paciente y no fomentan reacciones posturales dinámicas adaptativas.(6)

4.9 LA REALIDAD VIRTUAL APLICADA EN LA NEUROREHABILITACIÓN

Los conocimientos actuales sobre las capacidades plásticas de nuestro sistema nervioso central, en condiciones de salud y enfermedad, han revolucionado en estos últimos años la forma de afrontar la recuperación de las deficiencias resultantes tras una lesión neurológica Hoy en día, existe un acuerdo unánime en aceptar que la recuperación y no solo la recuperación motora, tras una lesión neurológica se alcanza de una forma más eficaz a través de una intervención temprana, intensiva y orientada a la tarea que se desea recuperar. Además, sabemos que los resultados son aún más beneficiosos, en términos de

funcionalidad, si a este entrenamiento se le enriquece con un “feedback sensorial” específico.(2)

Los avances en ciencias de la rehabilitación han dado como resultado la disponibilidad de utilizar la retroalimentación visual (feedback) para el reentrenamiento de la función de balance en individuos con lesiones neurológicas que incluyen la enfermedad cerebrovascular, ataxia cerebelar, parálisis cerebral y enfermedad de parkinson.(39); demostrando que el principal efecto positivo se ha atribuido a la integración sensoriomotora. (40)

Este enfoque tan simple y a la vez tan revolucionario ha sido rápidamente asimilado por las nuevas tecnologías, especialmente por aquellos sistemas que permiten generar programas de rehabilitación fieles a los principios de plasticidad cerebral (repetición y especificidad en un entorno ecológico, rico y motivante). Los sistemas de realidad virtual son un buen ejemplo de ello, por lo que han comenzado a expandirse dentro del ámbito de la neurorehabilitación ofreciendo resultados claramente beneficiosos.(2)

La realidad virtual es un sistema o interfaz informático que genera en tiempo real una representación de una realidad perceptiva, sin soporte objetivo, que existe sólo dentro del computador. Esta virtualidad supera barreras espacio temporales y configura un entorno en el que la información y la comunicación se muestran accesibles desde perspectivas hasta ahora desconocidas en cuanto al volumen y posibilidades; constituyendo una tecnología cuya principal característica es la posibilidad de interacción y un feedback sensorial del sujeto con un entorno virtual multidimensional, muy motivante, desarrollándose en actividades o tareas comparables a situaciones reales, permitiendo una gradación en la intensidad y en la dificultad de éstas, y ofreciendo información en tiempo real de los objetivos alcanzados.

Entre las aplicaciones de la realidad virtual comienza a cobrar fuerza el tratamiento de personas con daño cerebral adquirido. Se conoce que la realización de ejercicios en entornos virtuales en pacientes en fase subaguda y crónica postictus puede mejorar la habilidad para realizar tareas motrices y actividades de la vida diaria. (41)

Al hablar de realidad virtual hay que tener en cuenta dos conceptos importantes: interacción e inmersión. Interacción, ya que la realidad virtual no supone una visualización pasiva de la representación gráfica, sino que la persona puede interactuar con el mundo virtual en tiempo real; e inmersión, porque a través de determinados dispositivos una persona tiene la sensación de encontrarse físicamente en el mundo virtual.

Existe una gran variedad de interfaces para interactuar con el entorno virtual, que comprenden desde los dispositivos más comunes, como un ratón, un teclado o un

joystick, hasta complejos sistemas de captura de movimiento o dispositivos hápticos que pueden proporcionar un *feedback* táctil y darle al usuario la sensación de que está manipulando objetos reales. (4)

4.10 LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual se divide entonces en sistemas inmersivos y no inmersivos.

Los sistemas inmersivos son aquellos ligados a un entorno virtual generado por un computador, en el cual el sujeto para interactuar lo hace a través de algún tipo de hardware, como guantes de datos, cascos de visualización estereoscópica (*head mounted displays*), pantallas, cabinas o cuevas virtuales.

En cambio en los sistemas no inmersivos la interacción con el entorno virtual se realiza mediante un teclado, mando o ratón sin que se precise de otro tipo de hardware o periférico adicional conectado al computador.(41)

Se conoce que la práctica reiterada e intensiva de tareas motrices relevantes para el paciente con ictus promueve la recuperación funcional para el paciente con lesión neurológica y estimula la realización autónoma de las habilidades entrenadas como parte de este enfoque de entrenamiento motor orientado a tareas, con terapias que utilizan sistemas de realidad virtual empleados en pacientes con daño cerebral, inicialmente en fase experimental, y luego como coadyuvante de los tratamientos convencionales (41)

Estos sistemas, en virtud de su cada vez mayor accesibilidad y portabilidad, permiten extender el tratamiento al domicilio e intensificar el programa de ejercicios con los beneficios que esto supone desde el punto de vista funcional.

Los sistemas no inmersivos no requieren de un hardware adicional y se pueden usar con un sencillo mando, teclado o ratón; esto hace que estos sistemas resulten más accesibles y rápidamente aceptados por parte de los usuarios. Entre los sistemas no inmersivos de realidad virtual cabe mencionar las consolas comerciales de bajo costo como (Nintendo Wii® y Sony Play Station 2®) (41)

Se ha sugerido que el *feedback* sensorial asociado a estos ejercicios en entorno virtual activaría sistemas de neuronas en espejo que, a través de un mecanismo de aprendizaje por imitación por medio de un mecanismo conocido como resonancia o espejo, serían capaces de guardar, en áreas corticales motrices primarias, una memoria de la representación del movimiento por realizar (4)

Tres elementos son claves en la neurorehabilitación la repetición, el *feedback* y la motivación del paciente. La repetición es importante para el aprendizaje motor y para que tengan lugar los cambios corticales que los originan, pero no es la repetición por sí sola la que causa el aprendizaje motor, sino que debe ir ligada a un *feedback* sensorial sobre el resultado de cada una de las realizaciones(42)

Además para realizar una y otra vez las actividades requeridas para la neurorehabilitación, es fundamental la motivación del sujeto, que se consigue al enfocar las diferentes actividades que conforman la terapia como un videojuego, de forma que las sesiones de tratamiento sean mucho más amenas y atractivas (42)

El uso de aplicaciones de realidad virtual como complemento a la terapia supone, otras importantes ventajas, como son la posibilidad de controlar de forma precisa y repetible cada una de las sesiones, la capacidad de adaptar las interfaces a las limitaciones motoras del usuario, la recreación de entornos virtuales seguros para practicar habilidades con un riesgo potencial en el mundo real y la posibilidad desarrollar plataformas de telerehabilitación donde médicos y terapeutas puedan seguir de forma remota la evolución del paciente a partir de los datos registrados durante cada una de las sesiones de terapia.(4)

La mayoría de los ensayos realizados con realidad virtual en pacientes con lesión neurológica en pacientes postictus incluyen un número limitado de pacientes en fase subaguda o crónica.

En la revisión cochrane de 2012 sobre realidad virtual en enfermedad cerebrovascular, se revisaron 19 estudios con un total de 565 participantes ; las variaciones en las intervenciones y en los resultados obtenidos limitó la comparación entre los estudios, sin embargo se encontró que la realidad virtual fue significativamente más efectiva que la terapia convencional en la mejoría de la función de la extremidad superior (DSM 0.53,95% IC 0.25 a 0.81) basado en 7 estudios. No se encontró diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de agarre ni en la velocidad de la marcha y proponen nuevos estudios para confirmar los hallazgos encontrados y concluyen que hay muy pocos estudios que evalúen el uso de consolas o videojuegos como el Nintendo Wii® .(43)

En un estudio publicado en el año 2012 se evaluó la realización de actividad física a través de realidad virtual en un grupo de 10 pacientes con actividades en tenis, bolos y boxeo, durante 6 semanas con tres sesiones por semana de 1 hora encontrando que el uso del Nintendo Wii® contribuyó en la promoción de la salud, balance de calorías especialmente cuando se practica boxeo, considerándose una actividad segura para realizar en casa y como rutina de ejercicio regular.(44)

El metanálisis sobre realidad virtual en rehabilitación de la enfermedad cerebrovascular publicado en 2011 evaluó 12 estudios , con un total de 195 participantes y concluye que la realidad virtual es una estrategia novedosa y tiene uso potencial en la rehabilitación de la enfermedad cerebrovascular, ,combinada con la rehabilitación convencional en especial en la función del miembro superior (45)

Aunque la mayoría de estudios en el campo de la neurorrehabilitación con realidad virtual se ha centrado en el ictus, algunos investigadores han estudiado la aplicación de esta técnica a la rehabilitación en otras patologías, como la lesión medular.(4)

4.11 REALIDAD VIRTUAL EN REHABILITACIÓN DEL EQUILIBRIO

Se ha sugerido que la incorporación de la realidad virtual en los programas de rehabilitación con el objetivo de acelerar el proceso de adaptación en personas con patología vestibular, lesiones neurológicas y espinales y así capacitar a las reacciones posturales y de equilibrio es hacia donde deberían ir dirigidas las investigaciones en este campo.(46)

Pocos estudios han investigado de forma cuantitativa la estabilidad y el balance postural en sedente de los individuos con lesión medular (10) o asociada con rendimiento funcional(11) (12)

En los pacientes con lesión medular los beneficios de los ejercicios basados en juegos y realidad virtual han demostrado su potencial para mejorar sustancialmente el equilibrio en sedestación(6) (5)

En un estudio llevado a cabo por (Ross A. Clark),en 30 pacientes sanos, se demostró la utilidad del Wii balance board® como instrumento de medición del centro de presión corporal; esto proporciona el impulso de nuevas investigaciones sobre las aplicaciones clínicas de este video juego y en su probable aplicación en el entrenamiento del equilibrio y postura (13)

Kizony (et al). estudiaron la factibilidad de aplicar la tecnología de realidad virtual para el entrenamiento del equilibrio en personas con paraplejia en un estudio con 13 sujetos; usando tres simuladores en 3D dos usados para el alcance de blancos móviles y un tercero para control de tronco con una tabla snowboard ; las puntuaciones de los sujetos se correlacionaron bien con su desempeño en las tareas de alcance lo que sugiere que se pueden construir estrategias de equilibrio real a través de realidad virtual.(6)

En el ámbito de la rehabilitación virtual del control postural y del equilibrio se han desarrollado diversos programas que recrean entornos virtuales mediante gráficos bidimensionales y tridimensionales (2) Más recientemente, otras líneas de trabajo, han optado por dotar de contenidos clínicos a herramientas que emplean el control postural como actividad lúdica haciendo uso de videoconsolas comerciales.(45)

Desde el punto de vista terapéutico, existe todavía una gran necesidad de sistemas de rehabilitación virtual que puedan instalarse fácilmente en el entorno clínico y que cuenten con la suficiente flexibilidad y especificidad de contenidos para abarcar los diferentes estadios clínicos de las patologías como la lesión medular (2)

Se ha postulado el uso de videoconsolas de bajo costo con el Nintendo Wii® para la rehabilitación del control postural basados en dos principios:

1. En primer lugar la realidad virtual puede ser usada para manipular la retroalimentación visual para producir conflictos entre la información visual, somatosensorial y vestibular como una manera de formar diferentes sistemas sensoriales.
2. En segundo lugar, la retroalimentación con realidad virtual puede ser sistemáticamente graduada (en términos de velocidad y complejidad) con el fin de desafiar a una persona hacia el control postural estático y dinámico en el curso del entrenamiento sensoriomotor.

4.12 VIDEO CONSOLA WII NINTENDO

Wii® es una videoconsola de sobremesa producida por Nintendo y en cuyo desarrollo colaboraron IBM y ATI. La característica más distintiva de la consola es su mando inalámbrico, el cual puede usarse como un dispositivo apuntador además y detector de movimiento en tres dimensiones

El mando de Wii® incorpora un acelerómetro que, en combinación con unos LEDs (*Light-Emitting Diode*) infrarrojos situados en la barra de sensores, permiten localizar en un espacio en tres dimensiones al usuario. La interacción se produce mediante gestos físicos y presión sobre los botones. El mando se conecta a la consola de manera inalámbrica mediante el protocolo de comunicación Bluetooth. Incluye además un vibrador y un altavoz interno. Se ofrece con una correa de sujeción para evitar posibles lanzamientos de mando accidentales.

La consola Wii® ofrece un considerable número de accesorios. Los más destacados por tener capacidad propia de toma de datos son el *Nunchuk* y la *Wii*

Balance Board. El Nunchuk es una extensión al mando original y se compone de un control analógico y dos botones de acción, en su interior cuenta con un acelerómetro que le dota de detección de movimiento.

La Wii Balance Board® es una tabla a la cual hay que subirse para interactuar con el juego. Tiene en su interior sensores de presión que la hacen capaz de medir el peso y la posición del centro de gravedad del usuario.

Imagen 1. Tabla de balance (*balance board Wii*)



Fuente. Nintendo.com

La tabla de balance (*balance board Wii*) es un accesorio para la consola Wii de Nintendo® que consiste en una tabla capaz de calcular la presión ejercida sobre ella.

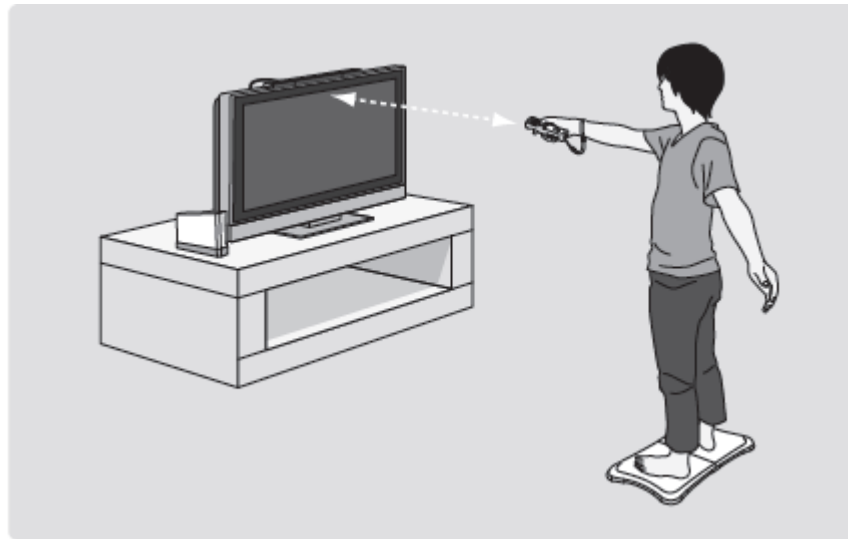
Las características de mayor relevancia son:

- Máximo peso soportado de 150 Kg.
- Cuatro sensores de presión.
- Transmisión de datos vía Bluetooth

La tabla usa cuatro sensores de presión para cumplir su utilidad. Por ejemplo si una persona se inclina hacia la izquierda, ejerce una presión sobre la parte izquierda de la tabla y los sensores se encargan de detectar y evaluar las variaciones de peso.

El medio por el cual la tabla se comunica con el computador es vía *bluetooth*, éste es un mecanismo de transmisión por enlaces de radiofrecuencia, utilizando el Protocolo de Descubrimiento de Servicios Bluetooth (SDP). De esta manera cuando el computador manda una petición a los dispositivos *bluetooth* en su alcance, la tabla manda un bloque de información para dar sus especificaciones al computador y de ahí se establece la conexión.

Imagen 2. Posición frente al televisor



Fuente. Nintendo.com

La Wii® como herramienta clínica, lleva tiempo en uso en las áreas de rehabilitación de hospitales en varios países. Se ha formado un término para la denominación de este tipo de rehabilitación: Wii-Habilitation o Wii-hab. La consola se está utilizando como una actividad para complementar los tratamientos convencionales.

Se puede trabajar para mejorar las habilidades de equilibrio que ayudan a mantener control de la postura y los músculos estabilidad axial; La principal forma para trabajar el equilibrio es utilizar la Wii Balance Board.

Hay dos modalidades para el trabajo del equilibrio:

- En posición erguida sobre la tabla. Se utilizará esta posición si se tiene un equilibrio razonable.

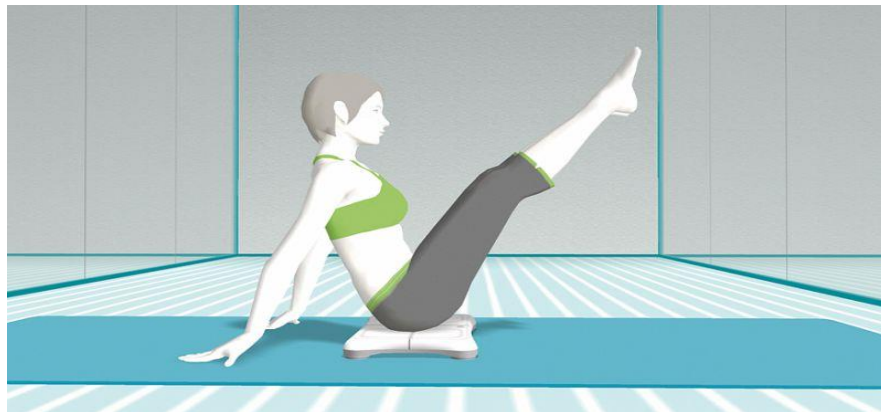
Imagen 3. Posición erguida.



Fuente. Nintendo.com

Sentado sobre la tabla. Si no se tiene suficiente equilibrio, los ejercicios pueden ser realizados sentándose sobre la tabla. Se ganará en estabilidad y se trabajarán los músculos de estabilidad postural.

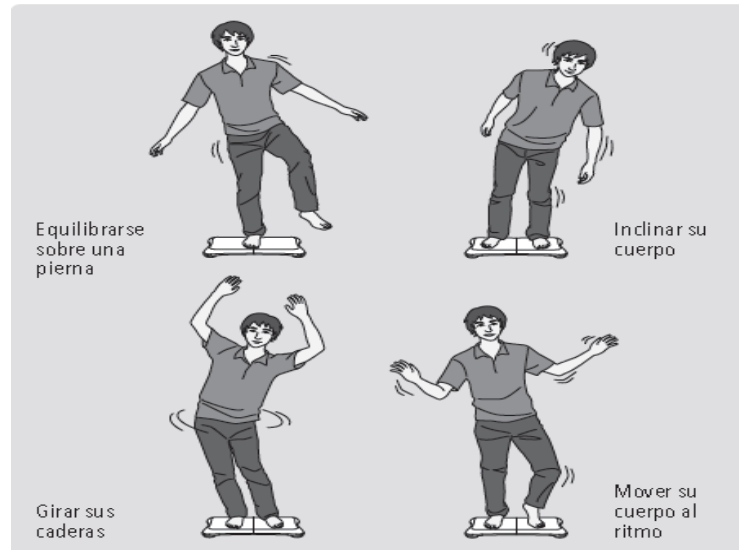
Imagen 4. Posición sentado.



Fuente. Nintendo.com

El programa de video juego asociado a la consola Wii® a través del que funciona la tabla de balance se denomina Wii Fit Plus®, que ofrece juegos y ejercicios diseñados para ayudar a mejorar el equilibrio, tonificar los músculos y mejorar la condición física con yoga y según sus fabricantes “incluye juegos que han sido creados para maximizar la coordinación del cuerpo con la mente.

Imagen 5. Ejercicios de equilibrio.



Fuente. Nintendo.com

4.13 TABLA DE BALANCE NINTENDO WII

El Wit Fit Plus® utiliza la tabla de balance para medir el índice de masa corporal, condición física, equilibrio, coordinación, visualizar el consumo de calorías (kilocalorías); se pueden elegir entre una variedad de distintas categorías para encontrar ejercicios enfocados en las propias necesidades individuales y en este caso en actividades propias para rehabilitación.

La consola Nintendo Wii Fit Plus® ,tiene el potencial de ser utilizada en la rehabilitación del equilibrio, pero su uso requiere investigación; en un estudio realizado en pacientes con patología vestibular de origen neurológico se reportó altos niveles de facilidad de uso y de satisfacción con el uso del Wii Fit Plus® y la mayoría de los pacientes (N=26) preferían la consola Wii al tratamiento convencional.(47)

Un estudio randomizado controlado doble ciego que incluyó dos grupos de pacientes con lesión cerebral adquirida (9 y 8 pacientes respectivamente) evaluó la efectividad de la tabla de balance Wii® en un grupo de pacientes, mientras los otros recibían terapia equilibrio postural convencional, los resultados mostraron que la balance board de Nintendo representa una alternativa segura y efectiva a la rehabilitación postural convencional con mejoría del balance estático en el grupo intervenido.(9)

Con la implementación de la terapia de rehabilitación postural con la tabla de balance surge el interrogante de cómo medir el impacto de estas intervenciones en los pacientes y confirmar si la terapia es efectiva para los objetivos propuestos; hay varios instrumentos de evaluación que miden el control de equilibrio en diferentes posiciones, la mayoría de ellos dirigidos a población geriátrica o a personas con enfermedad cerebrovascular.

Actualmente la forma más común para evaluar el control postural en la clínica es la utilización de escalas de medida; pero son de uso limitado por el sesgo en su aplicación, no son sensibles a las deficiencias leves, y tienen escasa fiabilidad.

Para hacer una buena evaluación del control del balance en pacientes con lesión medular, es importante evaluar tres elementos:

5. Mantenimiento de una postura (estática)
6. Mantenimiento del control del equilibrio durante los movimientos voluntarios (proactiva)
7. Recuperar el control después de la pérdida imprevista de equilibrio (reactiva).

4.14 EVALUACIÓN CLÍNICA DEL EQUILIBRIO

Como el control del equilibrio es una tarea específica, es igualmente importante que la evaluación se lleve a cabo en las posiciones de uso frecuente en la vida diaria.(30)

La prueba de alcance funcional (Functional Reach Test) ha mostrado ser fiable pero no ha sido verificada su validez (48) sólo evalúa la capacidad de hacer alcances anteroposteriores y no otras posiciones como sentarse sin apoyo lo cual es indispensable en la realización de actividades de la vida diaria, no está disponible una versión en español, ni validada para Colombia.

La escala de Berg es un instrumento de 14 ítems originalmente desarrollado para medir el riesgo de caídas en los adultos mayores y se ha extendido su uso a

personas con accidente cerebrovascular, enfermedad de parkinson, esclerosis múltiple y lesión cerebral; el uso en lesión medular es limitado (49)

El rendimiento de la escala de balance de Berg con el paciente en sedestación, contribuye poco a la puntuación total de la escala(36) y no es recomendable su uso para calificar el balance en esta posición.

Test de la camiseta (*T-shirt test*): test descrito en estudios preliminares (50, 51) en entrenamiento del balance en pacientes con lesión medular que consiste en medir el tiempo en segundos, que tarda un paciente en ponerse y quitarse una camiseta.

Test de equilibrio de segmento corporal superior (*Upper Body Sway*): también descrito en estudios preliminares (50, 51), mide el equilibrio estático de los pacientes en sedente al contar el tiempo en segundos que el paciente permanece sin soporte de tronco durante 30 segundos.

4.15 NUEVAS TECNOLOGIAS PARA MEDIR EQUILIBRIO EN LA CLÍNICA

La tecnología actualmente disponible cuenta con un equipo que mide el equilibrio postural estático mediante el análisis de fuerza de centro de presión (*center of pressure*) denominado posturógrafo o estabilómetro; es un equipo de alto costo y gran tamaño y requiere una instalación correcta que podría no ser práctico para el uso clínico.(52)

Los acelerómetros son sensores inerciales que basan su funcionamiento en la Ley Fundamental de la dinámica o Segunda Ley de Newton. Proporcionan una medida de esta derivada de la posición; la medida se obtiene a partir de la fuerza de inercia que sufre una masa dispuesta convenientemente. Existen diversos tipos dependiendo de la naturaleza del transductor, como mecánicos, capacitivos, piezoeléctricos y piezoresistivos.

En el cuerpo humano existen muchos movimientos que se pueden medir; dependiendo del objetivo del estudio se colocarán un número de acelerómetros en una posición concreta; por ejemplo, para la medida del movimiento de la pierna durante la marcha se coloca un acelerómetro en el muslo o tobillo en el segmento corporal que se quiere estudiar.

La acelerometría es una herramienta adecuada para la monitorización de movimientos humanos de una forma objetiva y fiable, aplicable en la vida diaria de los sujetos sin implicar grandes costos.

Los acelerómetros están siendo utilizados en la monitorización de diferentes movimientos. Se pueden obtener un amplio abanico de medidas como:

clasificación de movimientos, valoración del nivel de actividad física, estimación del gasto de energía metabólica, medida del equilibrio, ritmo de marcha y control al levantarse-sentarse.

El acelerómetro utilizado en el control del Wii® es el ADXL330 de la empresa ADI.

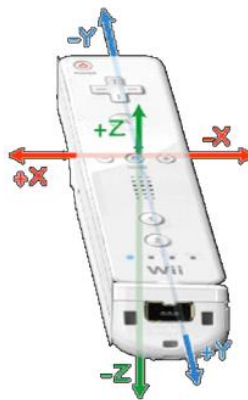
Se eligió este modelo en concreto porque la aplicación tenía unos requerimientos muy específicos, entre ellos capturar movimientos en 3 dimensiones, arriba-abajo, izquierda-derecha y delante-detrás lo se puede hacer con el ADXL330 por ser un acelerómetro de tres ejes; además se necesita un tamaño y peso reducidos, el acelerómetro debe caber en un mando y su movimiento no debe causar cansancio para el usuario. Las dimensiones del ADXL330 son (4mm x 4mm x 1'45mm)

El ADXL 330 puede medir aceleraciones en un rango de +/- 3G. Suficiente para la que un brazo de persona puede generar.

Puede soportar golpes en los que se sufran desaceleraciones de hasta 10 000G. Lo cual es importante en caso de que el mando sufra una caída (lo cual por lo general ocurre con todo tipo de aparatos).

El rango de temperaturas para su funcionamiento es -25°C a 70°C.

Imagen 6. Control ADXL330 del Wii®



Fuente. Nintendo.com

Un estudio evaluó la validez y fiabilidad de la Nintendo Wii balance board® en treinta sujetos sanos y determinó su utilidad como instrumento de medición de equilibrio, concluyendo que la tabla de balance es una herramienta válida para evaluar el equilibrio de pie y no en pacientes en sedente. (13)

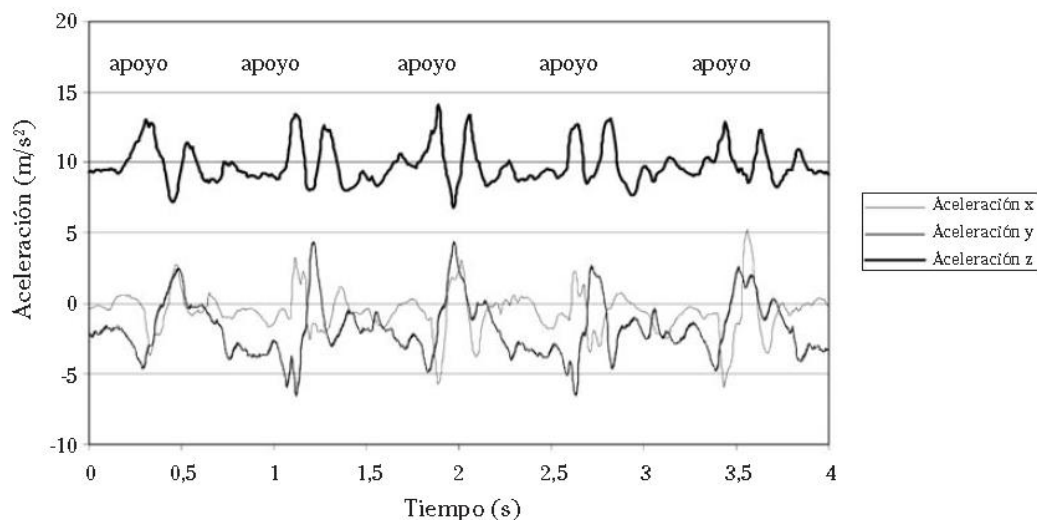
Otro estudio realizado con 20 individuos con enfermedad de parkinson evaluó la validez de la Nintendo balance board como medida de estabilidad postural, sugiriendo que la tabla de balance es una herramienta válida para la cuantificación de la estabilidad postural en individuos con enfermedad de parkinson (53)

De forma reciente se ha registrado la incorporación a este conjunto de herramientas el uso de acelerómetros con respuesta tridimensional. Estos aparatos se convierten en una fuente ideal de información ya que detectan simultáneamente la posición espacial y el cambio de velocidad.

La amplitud de las aceleraciones registradas en un acelerómetro triaxial, cuando se miden movimientos humanos, varía mucho dependiendo del eje del acelerómetro observado, de la posición de éste sobre el cuerpo y de la actividad desarrollada por el sujeto observado.

Tabla 3. Parámetros característicos calculados a partir de la acelerometría (52)

	Velocidad marcha	Balaceo postural	Ratio de variabilidad de pasos	Sentado levantado	Caminar	Actividad diaria
Riesgo caída	X	X	X			
Nivel de funcionalidad				X	X	X
Clínica	X	X	X	X	X	

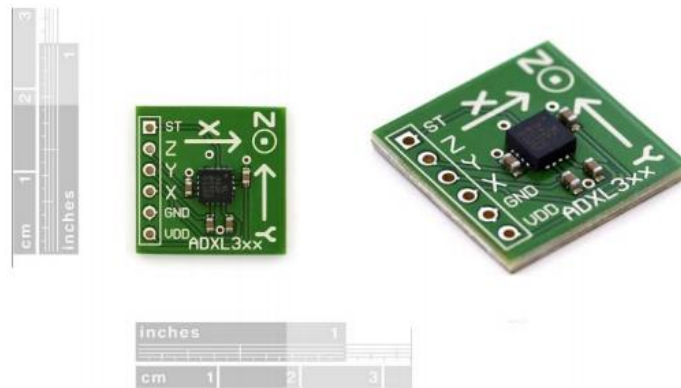


Fuente. Kamen G, Patten C, Du CD, Sison S. An accelerometry-based system for the assessment of balance and postural sway. *Gerontology*. 44. Switzerland 1998. p. 40-5.

Aceleraciones obtenidas durante unas medidas preliminares con un acelerómetro triaxial colocado en la zona lumbar del sujeto durante la marcha.(52)

La amplitud y la frecuencia de la señal son parámetros importantes para la valoración del balanceo postural. Amplitudes grandes y frecuencias altas son síntoma de inestabilidad en el individuo. Se ha postulado que el contenido armónico de la señal del balanceo postural contiene información referente a la disminución del control del balanceo debida a la edad y patologías relacionadas con el control del equilibrio(54)

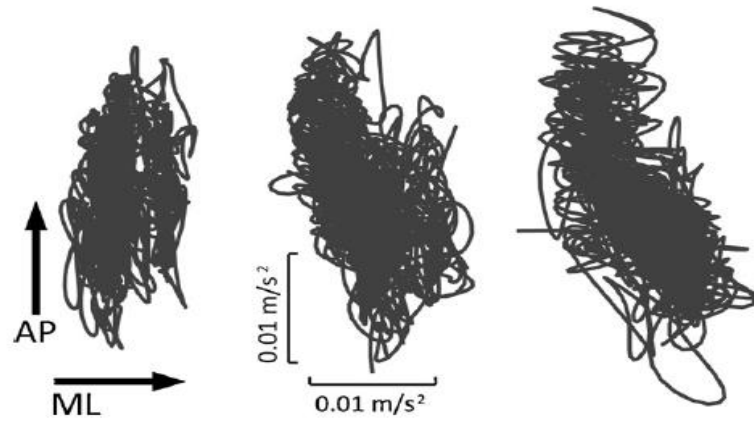
Imagen 7. Acelerómetro ADXL3xx



Fuente. Kamen G, Patten C, Du CD, Sison S. An accelerometry-based system for the assessment of balance and postural sway. Gerontology. 44. Switzerland 1998. p. 40-5.

Los acelerómetros usados en el cuerpo humano se han propuesto como una alternativa portátil, de bajo costo, como un instrumento de medición útil para trastornos de equilibrio y capaz de detectar deficiencias sutiles de estabilidad postural en el ámbito clínico, siendo una herramienta sensible, fiable y válida.(55).(56-58)

Imagen 8. Cambios en las aceleraciones anteroposteriores medidas a través del tiempo en un grupo de pacientes con enfermedad de parkinson (n=13) (línea de base, 6 meses y 12 meses) (59)



Fuente. Mancini M, Carlson-Kuhta P, Zampieri C, Nutt JG, Chiari L, Horak FB. Postural sway as a marker of progression in Parkinson's disease: a pilot longitudinal study. *Gait Posture*. 36. England: 2012 Elsevier B.V; 2012. p. 471-6.

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE ESTUDIO

Estudio piloto descriptivo, tipo serie de casos clínicos

5.2 BUSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

La búsqueda bibliográfica de la literatura de estudios clínicos relacionados con el uso de realidad virtual y la tabla de balance Wii ® en las bases de datos de literatura médica (pubmed®, md consult®, y sciencedirect®)

Dicha búsqueda se realizó utilizando los siguientes términos: *Nintendo wii balance board*, arrojando 31 resultados relacionados, 20 contenían la palabra *Wii balance board®* y tres de ellos estaban relacionados específicamente con el uso de la tabla de balance en rehabilitación (62,63,64), ningún estudio encontrado evalúa el efecto del uso de la *Nintendo Wii Balance Board ®* en la rehabilitación postural de pacientes con lesión medular .

5.3 POBLACIÓN

5.3.1 Población blanco: Pacientes con lesión medular instaurada de etiología no progresiva

5.3.2 Población de estudio: Pacientes con lesión medular de etiología no progresiva de más de 1 año de evolución que han sido sometidos al programa interdisciplinario de rehabilitación de la clínica universidad de la Sabana por un periodo mínimo de 3 meses. Los pacientes se seleccionaran entre aquellos que hayan recibido PIR entre 1 de enero de 2010 hasta 31 de marzo de 2012.

5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Adultos mayores de 18 años que cumplan con los criterios diagnósticos de lesión medular instaurada, no progresiva , clasificados dentro de la *Spinal Cord Injuries* (ASIA) internacional, de más de 1 año de evolución, que hayan recibido mínimo tres meses de programa interdisciplinario de rehabilitación en la Clínica Universidad de la Sabana entre enero de 2010 hasta marzo de 2012

Confirmación diagnóstica de la lesión medular por imágenes de TAC o Resonancia magnética simple

Pacientes con lesiones medulares nivel sensitivo y vertebral desde T1 hasta L2 con lesión medular completa o incompleta.

Contar con disponibilidad de tiempo para asistir a las sesiones de rehabilitación programadas durante las 6 semanas de intervención

5.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Tener otras discapacidades por causa diferente a la lesión medular antes o después de ésta.

Haber recibido terapia de rehabilitación integral en otra institución o terapia de rehabilitación con realidad virtual previamente.

Pacientes con lesiones espinales cervicales o lumbares por debajo de L3

Otras lesiones ortopédicas en columna o articulaciones de miembros superiores que limiten la participación en el programa de rehabilitación

5.6 SELECCIÓN DE PACIENTES

Selección de los pacientes: pacientes con lesión medular no progresiva de más de 1 año de evolución, que hayan realizado mínimo 3 meses de programa interdisciplinario de rehabilitación con rehabilitación convencional, que deseen participar del estudio y que cumplan los criterios de elegibilidad.

5.7 VARIABLES

Tabla 4. Variables consolidadas

Variable	Nivel de medición	Definición operativa	Categorías
Género	Nominal	Sexo del paciente	0. Femenino 1. Masculino
Edad	Razón	Años cumplidos en la actualidad	Número de años
Nivel educativo	Ordinal	Nivel de estudio más alto logrado en el momento del ingreso al estudio	0. Sin escolaridad 1. Primaria 2. Bachillerato 3. Técnico/Universitario 4. Postgrado
Estado civil	Nominal	Estado civil en el momento actual	0. Soltero 1. Casado/Unión Libre 2. Separado 3. Viudo
Lateralidad	Nominal	Mano dominante	0. Derecho 1. Izquierdo 2. Ambidiestra
Peso del paciente	Razón	Peso en Kg al inicio de terapia con WWB	Registro de peso en kilogramos
Etiología de lesión medular	Ordinal	Según fisiopatología	0. Traumática 1. No traumática
Clasificación	Ordinal	Según ASIA	0. Asia A 1. Asia B 2. Asia C 3. Asia D 4. Asia E
Diagnósticos asociados	Nominal	Enfermedades concomitantes relevantes para el pronóstico funcional	0. Vejiga e intestino neurogénico 1. Espasticidad Miembros inferiores 2. Dolor crónico 3. Inestabilidad postural/tronco 4. Osteoporosis 5. Calcificaciones heterotópicas 6. Disreflexia autonómica 7. Cardiopatía 8. Patología pulmonar 9. ITU 10. Ninguno

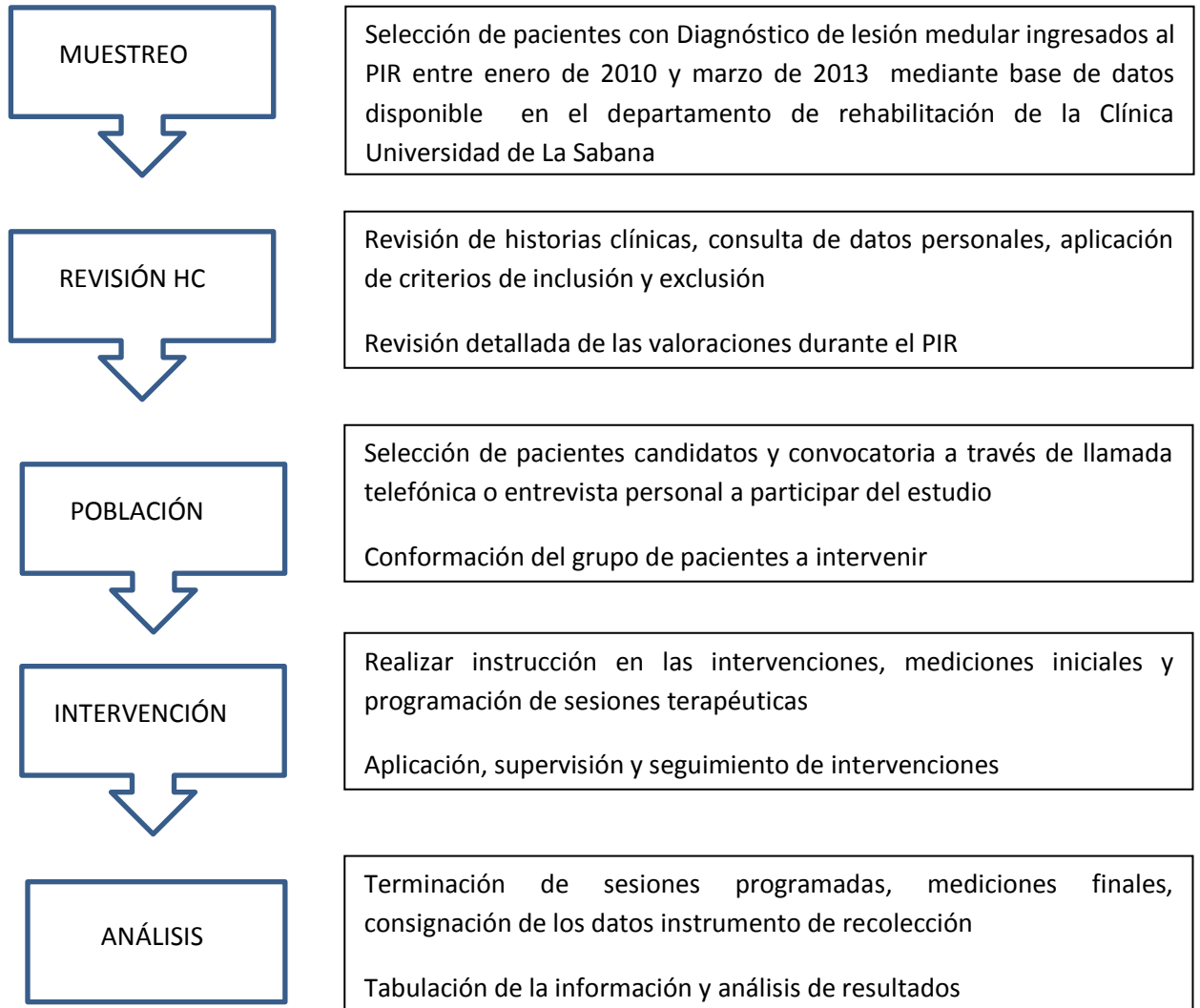
Tiempo de la lesión	Razón	Tiempo transcurrido desde la lesión hasta el momento	0. Menor de 1 año ____ 1. 1-2 años ____ 2. 2-3 años ____ 3. 3-4 años ____ 4. 4-5 años ____ 5. Mayor a 5 años ____
Tipo de tratamiento	Nominal	Tipo de tratamiento de la lesión medular	0. Ninguno 1. Médico/neurología 2. Qx de descompresión sin instrumentación 3. Fijación quirúrgica 1 o más segmentos
Duración del PIR	Cuantitativa Discreta	Tiempo de tratamiento	0. 3 meses 1. 4 meses 2. 5 meses 3. 6 meses 4. 7 meses 5. 8 meses 6. 9 meses 7. 10 meses 8. 11 meses 9. 12 meses Hace cuanto lo realizó? _____
Ayudas técnica para movilidad	Nominal	Tipo de ayuda técnica para traslado al momento ingreso al estudio	0. Ninguna 1. Camilla 2. Silla de ruedas autopropulsada 3. Silla de ruedas propulsada por cuidador 4. Silla de ruedas motorizada 5. Caminador 6. Bastones canadienses
Medición de excursión torácica (alcance) anteroposterior y lateral con acelerómetro previo inicio de terapia con WBB	Razón	Medición m/seg	Registro de acelerometría en metros por segundo
Medición de excursión torácica (alcance) anteroposterior y lateral con acelerómetro posterior a terapia con WBB	Razón	Medición en mm de la excursión torácica con acelerómetro	Registro de acelerometría en metros por segundo
Medición de T-shirt test previo inicio de terapia	Cuantitativa discreta	Medición en segundos del tiempo que toma al paciente ponerse y quitarse una camiseta	10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30-34 seg

			35-39 seg
Medición de T-shirt test al final de terapia	Cuantitativa discreta	Medición en segundos del tiempo que toma al paciente ponerse y quitarse una camiseta final intervención	10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30-34 seg 35-39 seg
Medición de prueba de balance de segmento superior inicio de intervención terapéutica	Cuantitativa discreta	Medición del tiempo que dura el paciente sentado sin soporte de tronco durante 30 segundos	1-4 seg 5-9 seg 10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30 seg
Medición de prueba de balance de segmento superior final de intervención terapéutica	Cuantitativa discreta	Medición del tiempo que dura el paciente sentado sin soporte de tronco durante 30 segundos	1-4 seg 5-9 seg 10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30 seg
Medición promedio de kilocalorías alcanzadas durante sesiones terapéuticas	Razón	Medición en Kilocalorías (informados por la consola Wii) promedio por paciente sesiones realizadas	Kilocalorías reportados por cada sesión y al final registro del promedio de Kilocalorías por sesiones
Satisfacción con la terapia con realidad virtual	Ordinal	Opinión acerca de la terapia con realidad virtual al terminar las sesiones de terapia	0.Excelente 1.Buena 2.Regular 3.No cumplió expectativas 4.Deficiente

ND: no hay datos; NI: no informa.

Fuente. El Autor

Diagrama 1. Metodología



Fuente. El autor

El grupo de pacientes fue seleccionado de acuerdo al cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión de los pacientes, con previa revisión de las historias clínicas, exámenes paraclínicos y seguimiento durante el programa interdisciplinario de rehabilitación; el número de casos clínicos que conformó el grupo se definió durante la etapa de selección de pacientes y teniendo en cuenta la disposición y consentimiento informado de estos para participar.

El protocolo de investigación planteado se llevó a cabo con un tiempo de ejecución total de 10 semanas iniciando el 24 de junio de 2013 y terminando el 31 de agosto de 2013; durante las primeras 2 semanas se realizó la revisión de historias clínicas y la aplicación de criterios de inclusión (con un formato predeterminado), de los pacientes potenciales a participar en el estudio, con la colaboración de registros médicos de la Clínica Universidad de La Sabana recolectando un total de 34 pacientes candidatos a quienes se les realizó llamada telefónica y se les comunicó los objetivos del estudio, el tiempo de intervención y se les indagó sobre su interés en participar, 20 pacientes aceptaron participar en el estudio y a todos ellos se les programó una cita inicial en la clínica para valoración y firma de consentimiento informado; en esta primera cita se realizó el diligenciamiento del formato de recolección de datos y la medición de los instrumentos mencionados como el t-shirt test, la prueba de balance de segmento superior y la acelerometría previa al inicio de las intervenciones, además se programaron las sesiones terapéuticas (18 horas en total por cada paciente).

Imagen 9. Sesión terapéutica



Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

Se realizó la adecuación del consultorio destinado para la intervención de los pacientes en el área de electroterapia de la Clínica Universidad de La Sabana, los equipos instalados fueron los siguientes: Televisor 22”, consola Nintendo Wii ® + sensor, tabla de balance: Wii balance board ® como se muestra a continuación:

Imagen 10. Consultorio Electroterapia. Clínica Universidad de la Sabana.



Fuente. El autor.

Durante las siguientes 8 semanas se llevó a cabo la intervención terapéutica a los 20 pacientes mencionados, de los cuales 14 terminaron con las sesiones programadas y 6 desertaron (30%) de las intervenciones por diferentes motivos:

Tabla 5. Retiro de pacientes

Motivo retiro	Número de pacientes
No adherencia	4
Complicaciones médicas	1
Cambio de ciudad	1

Fuente. El autor.

Las intervenciones que se realizaron fueron basadas en un protocolo diseñado en juegos de la vídeo- consola Nintendo Wii® previamente entrenados y ensayados por los investigadores y que incluían actividades específicas de equilibrio en sedestación sobre la tabla de balance incluyó los siguientes juegos:

Tabla 6. Juegos empleados en la intervención

JUEGO	ACTIVIDAD
Wit Fit plus ®	Yoga, aeróbico, tonificación, equilibrio, ejercicios plus
Go vacation ®	Motos de agua, Lanza tortas
Rayman Raving Rabbids Tv party ®	Tractonejos, snowboard, ladys night, rabbit garden
Tetris party deluxe ®	Todas las actividades
Super monkey ball step and roll ®	6 Mundos

Fuente. El autor.

Imagen 11. Actividades y retos



Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

Previo al inicio de cada sesión los pacientes recibían las instrucciones y el entrenamiento en cada juego por parte del investigador y eran informados de los objetivos terapéuticos de cada actividad.

Durante las sesiones los pacientes realizaban sentados en la tabla las actividades retos de equilibrio propuestos en cada uno de los juegos con duración de una hora por cada sesión, se tomaron todas las medidas de seguridad del paciente previamente determinadas por el programa de seguridad del paciente de la Clínica Universidad de La Sabana y se utilizaron los elementos de protección dado el riesgo de caída de los pacientes en intervención.

Los pacientes iniciaban con las actividades de equilibrio de menor complejidad a medida que mejoraba el conocimiento y el rendimiento del juego, se aumentaba el grado de dificultad de la actividad a los niveles avanzado, profesional y estrella, clasificados de esta manera por el video juego.

Imagen 12. Actividades de equilibrio de menor complejidad.



Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

Las actividades de cada juego estaban encaminadas a la mejoría del equilibrio en sedente; donde con movimientos de los músculos del tronco se lograba la activación de los sensores de la tabla de balance que en este caso funcionan como controles para realizar las actividades propuestas; durante las sesiones en la mayoría de juegos se realiza una retroalimentación visual guiada por un punto en la pantalla del televisor que indica la localización del centro de gravedad del paciente (CG) con respecto a su posición en la tabla, permitiendo hacer ajustes posturales y alinear el centro de gravedad mientras se juega; en otros juegos la consola muestra un gráfico de los movimientos alcanzados del centro de gravedad del paciente durante la actividad realizada mostrando el trabajo alcanzado en el lado derecho e izquierdo del paciente, permitiendo conocer el lado más o menos comprometido.

Imagen 13. Actividades mejoría del equilibrio



Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

No sólo se realizaron actividades que incluían el trabajo de tronco sobre la tabla, también se trabajó con ejercicios de coordinación mano tronco usando el control Wii remote® y la combinación de coordinación viso-manual con movimientos de tronco.

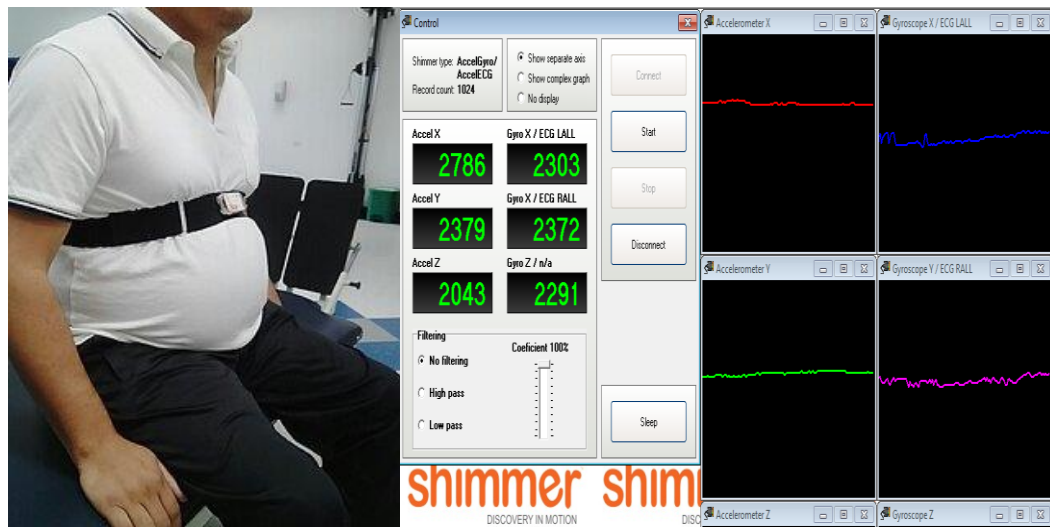
Al final de cada sesión se totalizaba el número de kilocalorías alcanzadas por el paciente y se programaba la nueva sesión terapéutica.

Se emplearon 4 instrumentos para la medición del impacto de las intervenciones, que fueron aplicados por un médico residente previamente entrenado y que realizó las mediciones previo a intervención y finalizadas las 8 semanas de terapia con realidad virtual :

1. Acelerómetro: triaxial que mide aceleraciones en tres planos A-P, lateral, arriba abajo.
2. Test de de la camiseta (T-shirt test): test descrito en estudios preliminares (50, 51) en entrenamiento del balance en pacientes con lesión medular que consiste en medir el tiempo en segundos, que tarda un paciente en ponerse y quitarse una camiseta.
3. Test de equilibrio de segmento corporal superior (Upper Body Sway): también descrito en estudios preliminares (50, 51), mide el equilibrio estático de los pacientes en sedestación al contar el tiempo en segundos que el paciente permanece sin soporte de tronco durante 30 segundos.
4. Promedio de kilocalorias alcanzadas durante las sesiones terapéuticas: de manera individual se registrará las kilocalorias alcanzadas por cada paciente durante las sesiones terapéuticas y se registrará un promedio.

Se empleó para las mediciones una acelerómetro digital (Marca *Shimmer Discovery Motion*®), que es un pequeño sensor portátil o dispositivo integrado de 3 ejes, con gran capacidad de almacenamiento(memoria micro SD) y bajo consumo de energía que permiten la captura de movimiento en tres planos, x (anteroposterior), y (lateral) y z (arriba y abajo), la adquisición de datos a largo plazo y la supervisión del movimiento en tiempo real, la conexión al ordenador es totalmente inalámbrica (*bluetooth*) y funciona bajo un software prediseñado por los fabricantes con una guía de instalación predeterminada para computadores con diversos sistemas operativos.

Imagen 14. Acelerómetro digital



Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

Fuente: [Http://www.shimmersensing.com/](http://www.shimmersensing.com/)

Imagen 15. Botón acelerómetro

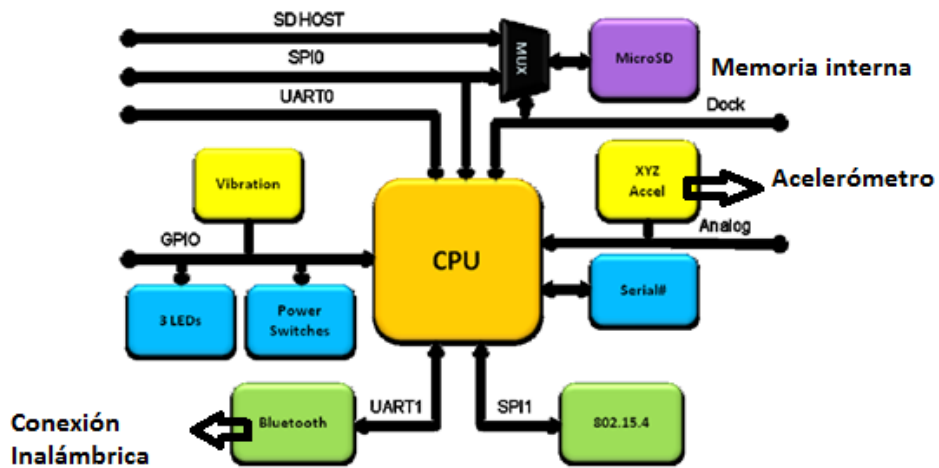


Fuente: [Http://www.shimmersensing.com/](http://www.shimmersensing.com/)

Este dispositivo funciona con baterías de litio y es recargable en conexión directa al computador a través de un cable USB y un cargador propio donde se conecta, la duración de la batería en uso inalámbrico es de 135 minutos.

Este dispositivo está diseñado específicamente para ser colocado en el tórax del paciente a nivel del proceso cifoideo del esternón y contiene una correa ajustable a la medida del tórax del paciente con resortes y velcro; además de una luz LED (de color verde) que indica el estado de encendido y registro activo de acelerometría.

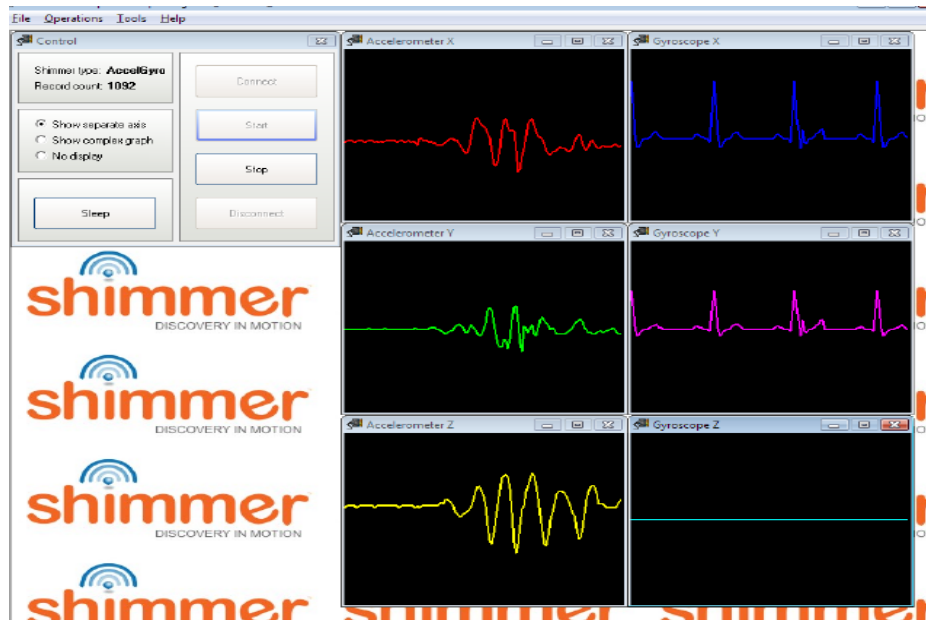
Imagen 16. Hardware utilizado por el acelerómetro.



Fuente: [Http://www.shimmersensing.com/](http://www.shimmersensing.com/)

El hardware que utiliza el acelerómetro está diseñado por la misma compañía que suministró el dispositivo *Shimmer Discovery Motion*®, donde existe una herramienta de calibración para el equipo y evitar los errores de fabricación que se pueden generar al realizar la medición; La recomendación de los fabricantes es realizar la calibración del dispositivo a diario durante los días que se estén registrando mediciones.

Imagen 17. Medición de la acelerometría



Fuente: [Http://www.shimmersensing.com/](http://www.shimmersensing.com/)

Las mediciones se hacen en sedestación desde la denominada posición neutra con el tórax centrado en la tabla de balance y con brazos libres sin apoyo y se solicita al paciente que realice un movimiento de inclinación de tronco anteroposterior regresando a la posición neutra, el dispositivo mide la excursión torácica anteroposterior en un solo movimiento reportando un valor en m/seg^2 ; del mismo modo y en un solo movimiento se hicieron las mediciones con inclinación de tronco lateral con brazos libres.

La medición de la acelerometría se hizo en el grupo de pacientes con lesión medular (pacientes con lesión entre T1 y L2) previa y posterior a la intervención de balance con Nintendo Wii®; previa a la medición se explicó detalladamente el movimiento objetivo a los pacientes y realizaron ensayos antes de la medición definitiva. Se realizaron tres mediciones por cada arco de movimiento (anteroposterior y lateral) y se promedió el valor de la acelerometría en los tres casos para fijar una medida final.

5.8 RECOLECCIÓN DATOS

La recolección de los datos se hizo mediante un formato previamente diseñado para este fin (ANEXO 1) por parte de un médico residente del programa de medicina física y rehabilitación de La Universidad de La Sabana, investigador principal de este proyecto

5.8.1 PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Ver formato de recolección de datos ANEXO 1

5.8.2 PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS

Análisis univariado

Variables cualitativas: Frecuencias, percentiles. Tablas, gráficos de tortas, gráficos de barras

Variables cuantitativas discretas: Frecuencias absolutas, relativas, medidas de tendencia central y dispersión

Cuantitativas continuas tipo razón: tablas e histogramas

El propósito del trabajo fué estimar las diferencias entre las mediciones antes y después de la intervención. La prueba que se usó fue la de rangos de signo de Wilcoxon. El programa estadístico que se utilizó fue STATA 11.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Investigación realizada teniendo en cuenta la siguiente normatividad internacional:

6.1 CÓDIGO DE NÚREMBERG

6.1.1 Experimentos médicos permitidos (60)

- 1) El consentimiento voluntario del sujeto humano es absolutamente esencial.
- 2) El experimento debe realizarse con la finalidad de obtener resultados fructíferos para el bien de la sociedad que no sean asequibles mediante otros métodos o medios de estudio, y no debe ser de naturaleza aleatoria o innecesaria.
- 4) El experimento debe ser conducido de manera tal que evite todo sufrimiento o daño innecesario físico o mental.
- 8) El experimento debe ser conducido únicamente por personas científicamente calificadas. En todas las fases del experimento se requiere la máxima precaución y capacidad técnica de los que lo dirigen o toman parte en el mismo.
- 9) Durante el curso del experimento el sujeto humano deber tener la libertad de poder finalizarlo si llega a un estado físico o mental en el que la continuación del experimento le parece imposible.

6.2 EL INFORME BELMONT

6.2.1 Principios éticos y orientaciones para la protección de sujetos humanos en la experimentación.(61)

Tres principios básicos, entre los generalmente aceptados, son particularmente relevantes para la ética de la investigación con humanos; ellos son: respeto por las personas, beneficio y justicia.

- **Respeto a las personas:** protegiendo la autonomía de todas las personas y tratándolas con cortesía, respeto y teniendo en cuenta el consentimiento informado.

- **Beneficencia:** maximizar los beneficios para el proyecto de investigación mientras se minimizan los riesgos para los sujetos de la investigación, y
- **Justicia:** usar procedimientos razonables, no explotadores y bien considerados para asegurarse que se administran correctamente (en términos de costo-beneficio).

6.3 DECLARACIÓN DE HELSINKI. ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL (2008)

6.3.1 (59a Asamblea General de la WMA, Seúl, Octubre de 2008)

La investigación médica que involucre una población o comunidad vulnerable o en desventaja, se justifica solamente si la investigación se hace en respuesta a necesidades de salud y a las prioridades de esta población o comunidad y si existe una probabilidad razonable de que esta población o comunidad se pueda beneficiar de los resultados de la investigación.

6.4 DECLARACIÓN DE LA ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL SOBRE LA ÉTICA MÉDICA Y LA TECNOLOGÍA AVANZADA

Adoptada por la 53^a Asamblea General de la AMM, Washington, octubre 2002 y enmendada por la 63^a Asamblea General de la AMM, Bangkok, Tailandia, octubre 2012

Es fundamental mantener un equilibrio entre los beneficios y los riesgos que representan para las personas el desarrollo y la aplicación de la tecnología médica avanzada. Esto está confiado a la opinión del médico.

Por lo tanto:

La tecnología médica debe utilizarse para promover la salud, el médico debe considerar la seguridad del paciente en el desarrollo y la aplicación de la tecnología médica.

A fin de guiar a los médicos capaces de prestar una atención médica apropiada, se debe tratar de asegurar la entrega de una educación médica completa, enfocada en un uso y desarrollo seguros de la tecnología médica.

6.5 NORMATIVIDAD NACIONAL

6.5.1 RESOLUCIÓN 8430/1993

ARTICULO 5. En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del ex

ARTICULO 6. La investigación que se realice en seres humanos se deberá desarrollar conforme a los siguientes criterios:

- a) Se ajustará a los principios científicos y éticos que la justifiquen.
- d) Deberá prevalecer la seguridad de los beneficiarios y expresar claramente los riesgos (mínimos), los cuales no deben, en ningún momento, contradecir el artículo 11 de la resolución.
- e) Contará con el Consentimiento Informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal con las excepciones dispuestas en la resolución. **(ANEXO 2)**

Deberá ser realizada por profesionales con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano bajo la responsabilidad de una entidad de salud, supervisada por las autoridades de salud, siempre y cuando cuenten con los recursos humanos y materiales necesarios que garanticen el bienestar del sujeto de investigación.

- g) Se llevará a cabo cuando se obtenga la autorización: del representante legal de la institución investigadora y de la institución donde se realice la investigación; el Consentimiento Informado de los participantes; y la aprobación del proyecto por parte del Comité de Ética en Investigación de la institución.

ARTICULO 8. En las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo, sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

ARTICULO 10.

El grupo de investigadores o el investigador principal deberán identificar el tipo o tipos de riesgo a que estarán expuestos los sujetos de investigación.

ARTICULO 11

Se considera que esta investigación corresponde a la categoría de riesgo mínimo.

6.5.2 DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

No se recibió para la realización de esta investigación ningún aporte económico de la industria farmacéutica o de ayudas técnicas, ni de ninguna institución académica o asistencial.

El diseño, ejecución y publicación de los resultados de la presente investigación se realizan a título de la Universidad de La Sabana, así como de La Clínica Universidad de La Sabana y estos organismos no tendrán injerencia en el análisis de los resultados. El investigador principal no recibe salario o cualquier otra contraprestación económica por parte de la Institución donde se realizará el estudio, no hace parte de la nómina de trabajadores de la misma, pero sí desarrolla sus prácticas como médico residente en sus instalaciones.

7. CRONOGRAMA

		SEMANAS (desde el 10 septiembre de 2012)																														
		2	3	4	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
FASE 1. CONCEPCION	Revisión de la literatura																															
	Concepción de la idea preliminar																															
	Planteamiento de la pregunta y los objetivos																															
	Construcción del marco teórico																															
FASE 2. PLANIFICACION	Definición de la Hipótesis y las variables																															
	Selección del diseño																															
	Selección de la muestra																															
	Definición de intervenciones y la medición																															

FASE 3. IMPLEMENTACION	Recolección de datos																			
FASE 4. ANALISIS	Análisis de los datos																			
	Interpretación de los resultados																			
FASE 5. COMUNICACION	Determinación de los hallazgos																			

Fuente. El autor.

8. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

Tabla 7. Presupuesto

ASPECTO	COSTO	FINANCIACIÓN
Consola Wii Nintendo	\$ 600.000	Recursos propios
Balance board + Wii fit	\$ 250.000	Recursos propios
Acelerómetro triaxial	\$ 1'200.000	Recursos propios
Televisor pantalla plana LCD 32"	\$ 900.000	Recursos propios
Papelería, formatos, fotocopias	\$ 100.000	Recursos propios
Llamadas telefónicas	\$ 100.000	Recursos propios
Honorarios fisioterapeuta colaboradora	\$ 1200.000	Recursos propios
Honorarios investigador	\$1'000.000	Recursos propios
PRESUPUESTO TOTAL	\$ 5'350.000	

Fuente. El autor.

9. PRODUCTOS ESPERADOS

- Culminación del protocolo e implementación del proyecto en el departamento de rehabilitación de la Clínica Universidad de La Sabana.
- Retroalimentación y publicación de resultados como artículo en revista científica.
- Fomentar la realidad virtual como línea de investigación en otros residentes de la Especialidad de Medicina Física y Rehabilitación y como alternativa terapéutica en la Clínica Universidad de la Sabana en su departamento de rehabilitación.

10. RESULTADOS

10.1 Caracterización de la población intervenida

La edad promedio de los 14 pacientes que participaron en el estudio fue de 43 años, el paciente más joven tenía 25 años y el mayor 67 años

Tabla. Promedio edad de pacientes participantes

Edad	No retiraron	Retiraron	Total
Promedio	43.86	34.33	41.00
Desviación estándar	14.54	9.75	13.77
Mínimo	25	23	23
máximo	67	49	67

Fuente. El autor.

De los 14 pacientes intervenidos 12 eran de sexo masculino (85.7%) y 2 de sexo femenino (14.3%), el peso en kilogramos promedio fue de 75.2 kg, peso mínimo 60kg máximo peso 90 kg, el nivel educativo de los participantes: primaria 1 (7.1%), bachillerato 3 (21.4%), universitario 7 (50%), posgrado 3 (21.4%).

En cuanto al estado civil la mayoría eran solteros 8 (57.1%) mientras que casados eran 6 (42.9%), 12 de los pacientes son diestros (85,7%), la etiología de la lesión medular fue traumática en el 57,1 % de los casos, en cuanto a la clasificación de la lesión medular Asia A 4 pacientes (28.6%), B en 2 pacientes (14.3%), Asia C en 4 casos (28.6%), y Asia D 4 pacientes 28.6%.

4 pacientes (42.9%) tenían lesión entre 1 -2 años de evolución, 3 pacientes entre 2-3 años, 2 pacientes entre 3-4 años, 3 pacientes entre 4-5 años, el 50% de los pacientes eran usuarios de sillas de ruedas.

El tratamiento que recibieron previamente los participantes fué médico en 5 de ellos (35.7%), cirugía sin instrumentación 4 (28.6%), y cirugía con instrumentación 5 (35.7%).

Todos los pacientes que fueron intervenidos habían recibido previamente rehabilitación en un proceso interdisciplinario de rehabilitación en la Clínica Universidad de La Sabana con más de tres meses de intervención previa.

Durante la intervención con la terapia de balance con Nintendo Wii® algunos pacientes fueron puestos en bípeda, apoyados en un caminador anterior para promover las descargas de peso y el equilibrio en bipedestación realizando actividades sobre la tabla de balance, estableciéndose esta como una alternativa de intervención terapéutica en aquellos pacientes con lesión Asia C, D o E.

Imagen 18. Intervención con la terapia de balance



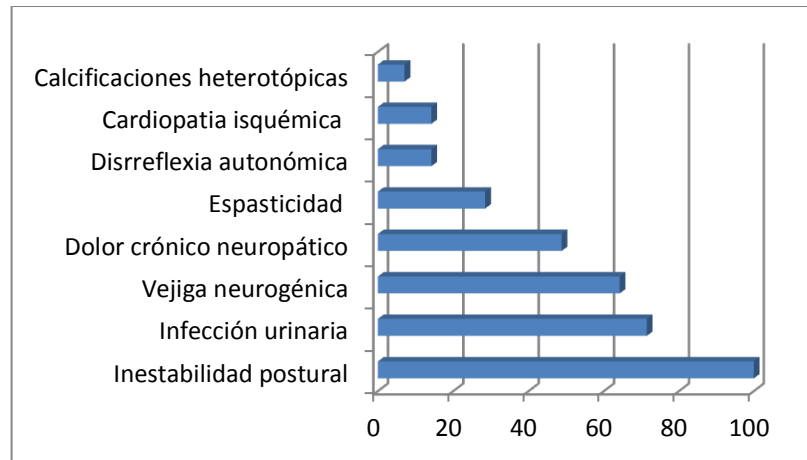
Fuente. El autor. Los pacientes aceptaron tomarse la foto y que se publicara en la tesis bajo los protocolos del consentimiento informado.

Tabla 9. Consolidado de Diagnostico asociado

Diagnóstico Asociado	Número de pacientes	%
Inestabilidad de tronco	14/14	100
Infección urinaria recurrente	10/14	71.4
Vejiga neurogénica	9/14	64.2
Dolor neuropático crónico miembros inferiores	6/14	42.8
Espasticidad miembros inferiores	4/14	28.5
Disreflexia autonómica	2/14	14.2
Cardiopatía isquémica	2/14	14.2
Calcificaciones heterotópicas	1/14	7.1

Fuente. El autor.

Gráfico. 1. Frecuencia de Diagnostico asociado



Fuente. El autor.

De esta manera la totalidad de los pacientes tenían una inestabilidad de tronco en sedente y las complicaciones médicas más frecuentes fueron la infección urinaria recurrente 71.4%, la vejiga e intestino neurogénicos 64.2%, y el dolor neuropático crónico en miembros inferiores 42.8%%

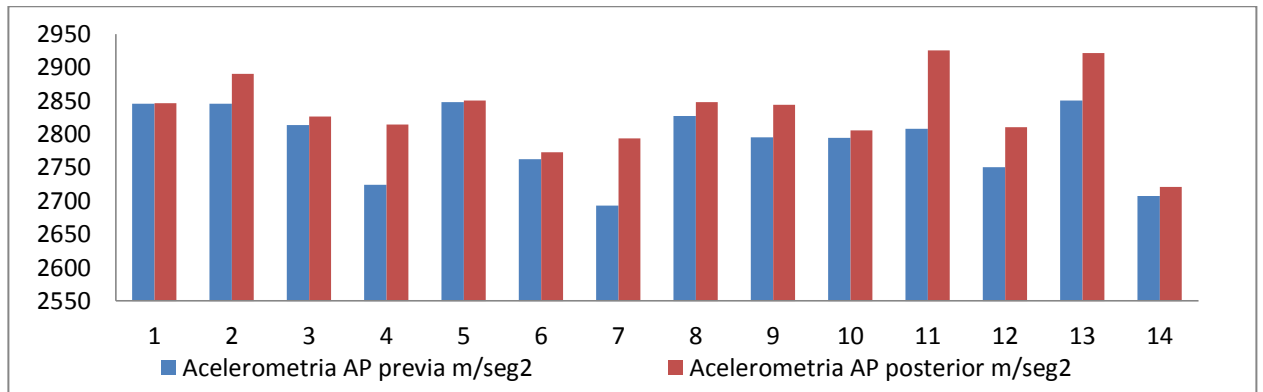
Tabla 10. Resumen de medidas de desenlace.

Acc previa AP m/seg ²	Acc post AP m/seg ²	Acc previa lat m/seg ²	Acc post lat m/seg ²	Tshirt Test previo	Tshirt test post/ seg	Test balance previo/ seg	Test balance posterior /seg
2845	2846	2024	2083	40	31	22	30
2845	2890	2000	2016	14	12	30	30
2813	2826	2015	2131	20	17	30	30
2724	2814	2053	2075	20	14	30	30
2848	2850	1984	2013	45	35	19	28
2762	2773	1914	1983	14	12	30	30
2693	2793	2028	2040	8	8	30	30
2827	2848	2014	2066	15	12	30	30
2795	2844	2037	2063	7	7	30	30
2794	2805	2054	2101	25	18	30	30
2808	2925	1974	2016	18	14	17	22
2750	2810	2026	2056	13	11	30	30
2850	2921	1964	2011	18	14	26	30
2707	2721	2027	2068	13	11	30	30

<p>Acc: Acelerometría AP: Anteroposterior Lat: Lateral m/seg²: Metros por segundo cuadrado Seg: Segundos</p>
--

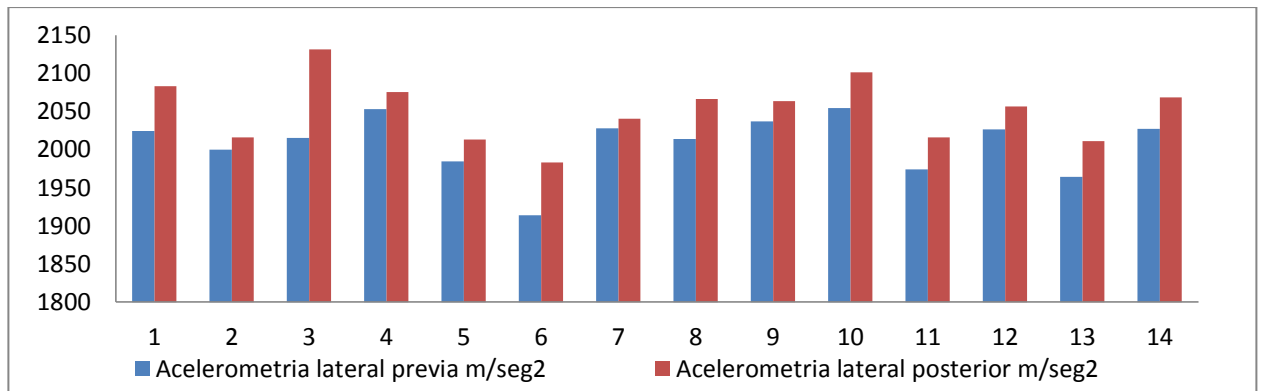
Fuente. El autor.

Gráfico. 2. Acelerometría AP previa y posterior a intervención



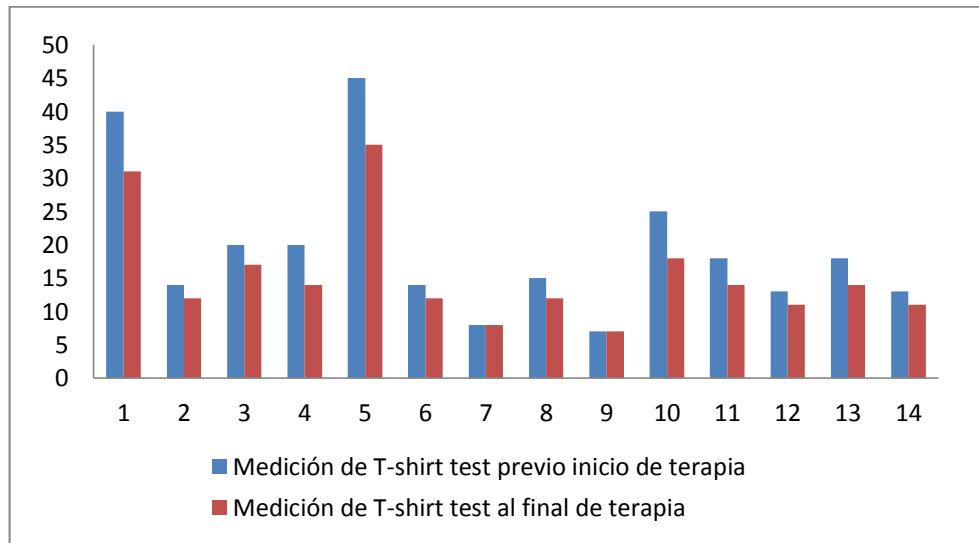
Fuente. El autor.

Gráfico 3. Acelerometría lateral previa y posterior a intervención



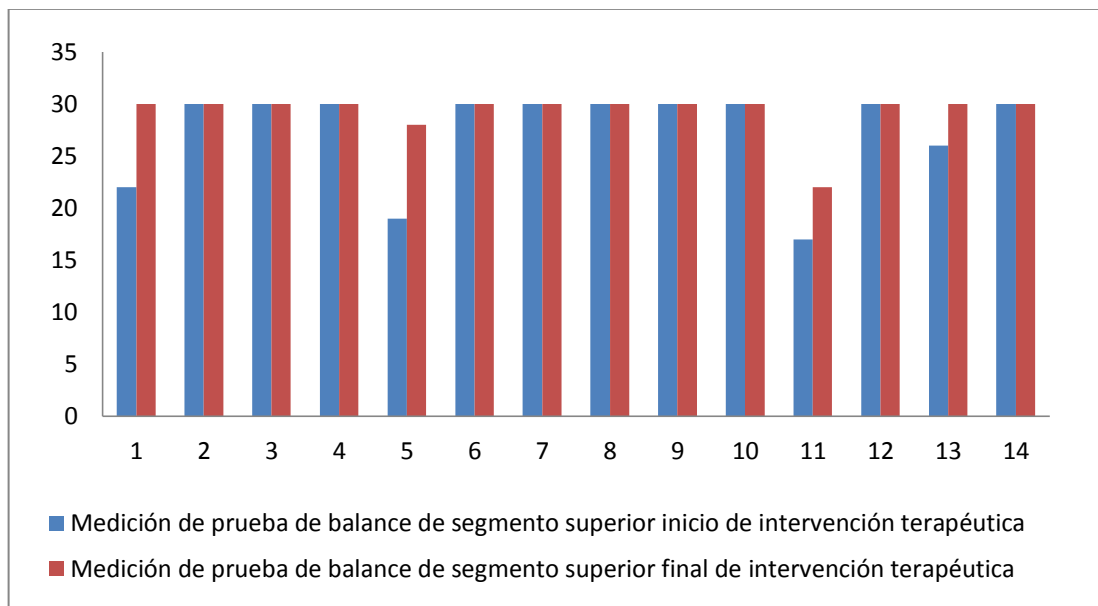
Fuente. El autor.

Grafico 4. T shirt test previo y posterior a intervención (medida en segundos)



Fuente. El autor.

Grafico 5. Test del balance superior previo y posterior a terapia (medida en segundos)



Fuente. El autor.

En la tabla 10 se presentan los resultados en m/seg^2 de la acelerometría anteroposterior previa a la intervención y lateral previa a la intervención por cada paciente (14 registros) y las acelerometrías después de la intervención, también el resultado en segundos de cada paciente en el Tshirt test y del test del balance superior, se compararon las cuatro mediciones antes y después de la intervención con la prueba de rangos de signo de Wilcoxon obteniéndose los siguientes resultados:

Acelerometría AP previa a terapia frente a acelerometría AP posterior a terapia

Estadística prueba: -3.297

Valor de P = 0.0010

Se rechaza la hipótesis nula, encontrando un cambio estadísticamente significativo entre la acelerometría anteroposterior previa y la posterior a intervención (valor de p 0.0010).

Acelerometría lateral previa a terapia frente a acelerometría lateral posterior a terapia

Estadística prueba: -3.297

Valor de P = 0.0010

Se rechaza la hipótesis nula, encontrando un cambio estadísticamente significativo entre la acelerometría lateral previa y la posterior a intervención (valor de p 0.0010).

En cuanto al T shirt test previo y posterior a la intervención:

Estadística prueba: 3.219

Valor de P: 0.0013

En este caso también, se rechaza la hipótesis nula, encontrando un cambio estadísticamente significativo entre el T shirt test previo y la posterior a intervención (valor de p 0.0013).

Medición del test del balance superior previo y posterior a la intervención terapéutica

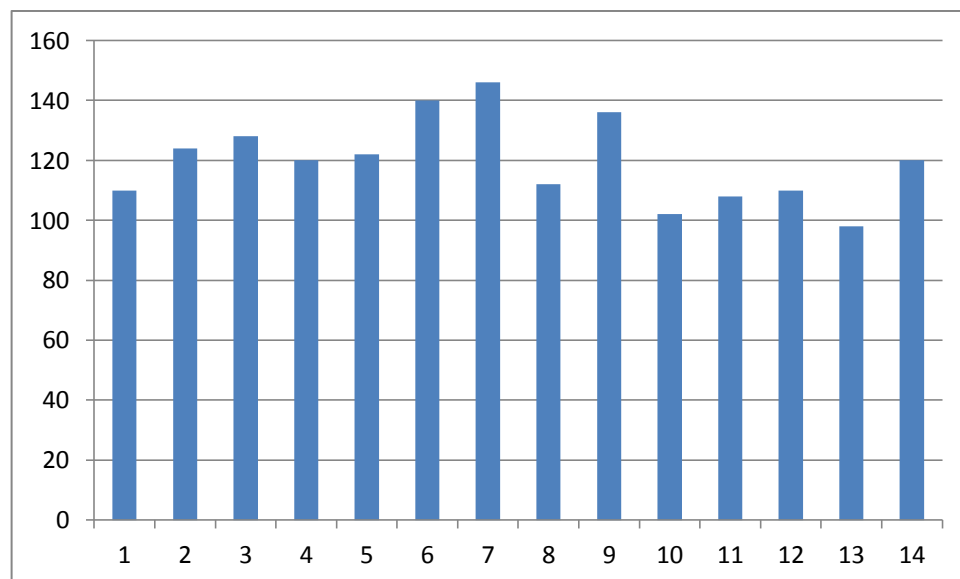
Estadística de la prueba: -1.992

Valor de P: 0.0464

Por último en el test del balance superior, se encontró un cambio estadísticamente significativo entre el test previo y posterior a las terapias de balance con un (valor de p 0.0464).

Se calcularon además las kilocalorías alcanzadas por cada sesión realizada y se presentan los resultados del promedio logrado por cada paciente:

Grafico 6. Kilocalorías alcanzadas por cada sesión realizada



Fuente. El autor.

La video consola Wii® informa por cada ciclo de juego el número de kilocalorías alcanzadas durante la intervención; el promedio de kilocalorías alcanzadas por el grupo de pacientes fue de 119 con un valor mínimo de 98 kilocalorías y un máximo valor de 146 kilocalorías.

Se preguntó a los pacientes sobre su opinión de la terapia de balance con Nintendo Wii® en una escala de respuestas desde excelente, buena, regular, no cumplió con expectativas y deficiente; 12 pacientes a esta pregunta respondieron excelente y 2 de ellos buena; además todos respondieron que recomendarían a otros pacientes la terapia de balance con Nintendo Wii® y que participarían en una nueva fase del estudio si llegara a presentarse.

11. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue investigar si la intervención con Nintendo Wii Balance Board® tenía una influencia positiva sobre las actividades de equilibrio postural en un grupo de pacientes con lesión medular establecida.

Los 14 pacientes que se entrenaron en la tabla de balance durante 8 semanas, con 18 horas de intensidad por cada paciente mostraron un aumento significativo en sus rangos de movilidad en la posición sedente (mejoría en la acelerometría) como también en sus habilidades de equilibrio (medido con t-shirt test y test balance superior) con respecto a las mediciones iniciales.

En todos los casos estudiados se registró un aumento significativo en todas las medidas de desenlace, sin registrarse casos donde las medidas disminuyeran.

Estos resultados están en consonancia con los obtenidos en otros estudios donde se usó la tabla de balance de Nintendo® como estrategia terapéutica:

Un estudio realizado en Holanda (62) evaluó el efecto del entrenamiento del equilibrio con la Nintendo Wii Balance Board ® en un grupo de 29 niños caminantes con alteraciones motoras de origen neurológico en un estudio de casos y controles en una intervención de 6 semanas, y sesiones tres veces por semana de 30 minutos de duración, entrenando el equilibrio con los juegos contenidos en el video juego Wi fit ® de Nintendo (*ski-jump, segway circuit, obstacle course and skate boarding*) demostrando mejorías significativas en el grupo de casos y concluyendo que la tabla de balance es una intervención eficaz para los niños con trastornos en el equilibrio, proponiendo esta modalidad terapéutica como una alternativa de trabajo en casa de pacientes con lesiones neurológicas en la vida diaria y con la posibilidad de realizar una retroalimentación inmediata de la actividad motora realizada (*feedback*).

Otro estudio (63) probó la mejoría en la marcha y en el equilibrio en un grupo de 10 pacientes con enfermedad de Parkinson intervenidos durante 8 semanas, practicando 3 juegos de la Wii balance board® en sesiones de 30 minutos de entrenamiento con mejoría de la puntuación de la escala de Berg posterior a la intervención ($p = 0,016$).

En un estudio (64) con 12 adultos mayores sanos, se evaluó el efecto de la tabla de balance de Nintendo Wii® en el entrenamiento del equilibrio en bipedestación, los pacientes estaban divididos en 2 grupos de 6 pacientes, un grupo de casos y un grupo de controles, el grupo experimental recibió la terapia de balance con Nintendo Wii®, la intervención duró 3 semanas con sesiones de media hora tres veces por semana, al final del estudio se reportó una mejoría en la puntuación de la escala de Berg aplicada para el grupo experimental, considerándose una intervención efectiva para este grupo de pacientes; es de anotar que este estudio

contó con un número reducido de pacientes y que no se aplicaba a pacientes con patología neurológica asociada, por tanto los resultados no son equiparables.

Uno de los aspectos más relevantes en el desarrollo de esta investigación es que dentro de la literatura revisada en las bases de datos científicas (pubmed®, Medline®, Science direct®) no se encontraron estudios que evalúen el efecto de la terapia con Nintendo Wii® en la rehabilitación del balance postural de pacientes con lesión medular establecida, siendo este un estudio pionero en su categoría; con la desventaja que se realizó en un pequeño grupo de pacientes y en la modalidad de reporte de casos con resultados individuales comparando el rendimiento de cada paciente frente a sus propios logros; es de anotar que el tiempo de intervención en este grupo de pacientes fue mayor (sesiones de 1 hora), se realizó la acelerometría que resulta ser un instrumento de medición novedoso y preciso y se trabajaron objetivos terapéuticos en sedestación principalmente.

Teniendo en cuenta que durante las sesiones terapéuticas se midió el promedio de kilocalorías alcanzadas por cada uno de los pacientes la terapia de balance con la video consola Wii® se constituye como una alternativa de entrenamiento aeróbico en pacientes que tienen limitada su movilidad o la posibilidad de asistir a un gimnasio o centro de entrenamiento.

Aunque se midieron desenlaces con tareas específicas como el test de la camiseta y el del balance superior, la principal medida de desenlace es la acelerometría, esto es una ventaja del presente estudio ya que elimina las dificultades de otras escalas empleadas en otros estudios que solo miden tareas específicas del equilibrio o la necesidad de realizar una grabación para análisis dinámico de movimiento; haciendo una estimación en tiempo real del movimiento y cuantificando en m/seg^2 el rango de movilidad.

Del mismo modo, aunque se trabajaron algunas actividades de coordinación visomanual y tronco, no se tomaron medidas para medir estos avances, por tanto no se pueden sacar conclusiones de este aspecto intervenido.

En cuanto al número de pacientes intervenidos en total (n=14) de 20 convocados se resaltan las dificultades de mantener al grupo completo ya que esta terapia no hace parte del programa convencional instaurado para rehabilitación en la Clínica Universidad de La Sabana y los pacientes participantes asistían voluntariamente a realizar las sesiones sin que se les financiara por parte del estudio su transporte ni viáticos, este factor perjudicó la adherencia total al estudio (4 pacientes se retiraron).

Según los resultados de acuerdo al sexo 12 de los 14 pacientes eran hombres de esta manera y de acuerdo a las proporciones encontradas no es posible generalizar los efectos de la intervención de acuerdo al sexo.

Otra de las limitaciones del estudio es que la terapia fue siempre aplicada por un sólo profesional (médico residente) quien escogía las actividades a trabajar en las sesiones terapéuticas de acuerdo al grado de dificultad pero también teniendo en cuenta las condiciones físicas y la capacidad del paciente de realizar la actividad y no se contó con la participación de otros profesionales como fisioterapeutas o terapeutas ocupacionales que también apoyaran con sus conocimientos la aplicación de las sesiones terapéuticas.

Tomando en conjunto los resultados del estudio son alentadores para continuar investigando en el campo de la realidad virtual con nuevos estudios encaminados a corroborar los resultados obtenidos en esta oportunidad y a la implementación y diseño de nuevas herramientas como video juegos con objetivos terapéuticos en otras áreas de la rehabilitación humana. El bajo costo de esta intervención combinado con la posibilidad de usarla en el hogar, el trabajo, las instituciones de salud, su portabilidad y el reducido espacio que ocupa para su instalación permiten al video juego Nintendo Wii® inmensas posibilidades para convertirse en una herramienta bastante útil en procesos de rehabilitación intra y extrahospitalarios.

Además del trabajo en equilibrio de tronco que se realizó con el grupo de pacientes los participantes durante la intervención tuvieron la oportunidad de entrenar funciones mentales superiores como la atención, la concentración y la memoria de acuerdo a la exigencia de cada juego.

Otra de las ventajas más importantes encontradas es la motivación y la variedad de actividades que se pueden jugar durante las sesiones terapéuticas con diferentes grados de intensidad y que generan a los pacientes la oportunidad de entrenar su equilibrio con múltiples alternativas, además la capacidad de integrar otros jugadores convirtiéndose en un espacio de unión familiar.

Se requiere continuar más investigación médica en el área de la realidad virtual con mayor número de pacientes, con ensayos clínicos controlados, que permitan determinar la efectividad esta modalidad terapéutica a corto y a largo plazo.

12. CONCLUSIONES

La terapia de realidad virtual con Nintendo Wii® balance board , es una modalidad terapéutica novedosa en la que se ha venido investigando en los últimos años, y cada vez más se encuentra en la literatura médica la tendencia mundial en la investigación en este campo.

En tal sentido, se demuestra a partir de esta serie de casos el efecto positivo sobre el balance en sedente de un grupo de pacientes con lesión medular toracolumbar establecida (>1 año de lesión),

Vale la pena resaltar la capacidad que tiene esta modalidad terapéutica para generar motivación en los pacientes, toda vez que es entretenida y variada, permitiendo realizar un trabajo aeróbico con un gasto energético demostrado.

Además permite la integración de las funciones mentales superiores como la atención, la concentración, la memoria y el seguimiento instruccional;

Del mismo modo, la portabilidad, bajo costo y facilidad de uso, lo convierten en una excelente herramienta para entrenamiento y rehabilitación de pacientes con lesiones neurológicas en el hogar como terapia de mantenimiento, y en instituciones de salud con programas interdisciplinarios de rehabilitación.

La aplicación de la terapia con realidad virtual es una alternativa para el entrenamiento aeróbico de los pacientes con algún grado de discapacidad que tienen limitada su movilidad o la posibilidad de asistir a un centro de entrenamiento o gimnasio, siendo además una fuente de entretenimiento y diversión en el hogar.

Se demuestra entonces la utilidad de la video consola Wii® toda vez que proporciona una alternativa como terapia de mantenimiento de las condiciones mioarticulares en pacientes con movilidad comprometida, con intervenciones variadas con diferentes grados de dificultad, con objetivos definidos y que no requiere ningún conocimiento previo o entrenamiento para su uso; además de esto la posibilidad de crear registros gráficos en la consola que permiten realizar un seguimiento de los logros alcanzados durante la intervención.

Finalmente, este tipo de intervenciones generan gran motivación, interés y adherencia en los individuos intervenidos toda vez que le permiten al paciente empoderarse de su proceso de rehabilitación y fijarse metas personales en el logro de objetivos terapéuticos a corto plazo.

Por lo anteriormente expuesto, incluir la terapia de balance con Nintendo Wii ® en los servicios de rehabilitación interdisciplinario podría ser una estrategia costo efectiva que hace parte de las nuevas líneas de rehabilitación humana basadas en tecnología.

Del mismo modo, se debe continuar la investigación médica con estudios clínicos controlados enfocados a demostrar la utilidad de la realidad virtual en otros campos de la rehabilitación en patologías del área del conocimiento como la neurología, neurocirugía ,ortopedia y reumatología.

ANEXO 1 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

REHABILITACIÓN VIRTUAL CON NINTENDO WII BALANCE BOARD EN LESIÓN MEDULAR ESTABLECIDA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE LA SABANA: UN ESTUDIO PILOTO

Edad	Género	Masculino	Femenino
Nivel Educativo	Sin Escolaridad ___ Primaria ___ Bachillerato ___ Técnico ___ Universitario ___ Postgrado ___		
Estado civil	Soltero ___ Casado ___ Unión libre ___ Separado ___ Viudo ___		
Lateralidad	Diestro ___ Zurdo ___		Peso:
Etiología Lesión medular	Traumática ___ No traumática ___	Clasificación lesión medular ASIA: A ___ B ___ C ___ D ___ E ___	
Diagnósticos asociados Vejiga e intestino neurogénico ___ Espasticidad MII ___ MSUP ___ Dolor Crónico ___ Inestabilidad postural/tronco ___ Osteoporosis ___ Calcificaciones heterotópicas ___ Disreflexia autonómica ___ Cardiopatía ___ Neuropatía ___ No patología asociada ___	Ayuda técnica para movilidad 0.Ninguna 1.Camilla 2.Silla de ruedas autopropulsada 3.Silla de ruedas propulsada por cuidador 4.Silla de ruedas motorizada 5.Caminador Anterior ___ Posterior ___ 6.Bastones canadienses		
Tiempo de lesión medular años: Menor de 1 año ___ 1-2 años ___ 2-3 años ___ 3-4 años ___ Mayor a 5 años ___	Duración PIR en meses: 3 meses ___ 9 meses ___ 4 meses ___ 10 meses ___ 5 meses ___ 11 meses ___ 6 meses ___ 12 meses ___ 7 meses ___ Mayor a 12 meses 8 meses ___ ¿Cuánto duró? _____		
Tipo de tratamiento 0.Ninguno 1. Médico/neurología 2.Qx de descompresión sin instrumentación 3.Fijación quirúrgica 1 o más segmentos	Medicamentos actuales		

Medida excursión torácica con acelerometría previa terapia		Medida excursión torácica con acelerometría posterior terapia	
Anteroposterior	m/seg ²	Anteroposterior	m/seg ²
Lateral	m/seg ²	Lateral	m/seg ²
T- shirt test previo inicio terapia	10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30-34 seg 35-39 seg	T- shirt test posterior terapia	10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30-34 seg 35-39 seg
Prueba de balance segmento superior previo a terapia	1-4 seg 5-9 seg 10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30 seg	Prueba de balance de segmento superior posterior a terapia	1-4 seg 5-9 seg 10-14 seg 15-19 seg 20-24 seg 25-29 seg 30 seg

Kilocalorias alcanzadas durante sesiones de rehabilitación

Sesión	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sesión	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Promedio de kilocalorias alcanzadas								TOTAL	

¿Cómo le pareció la terapia de balance con rehabilitación virtual Nintendo Wii ®? Marque con una X									
Excelente		Buena		Regular		No cumplió expectativas		Deficiente	



Universidad de
La Sabana



CLÍNICA
UNIVERSIDAD DE
LA SABANA

ANEXO 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO

REHABILITACIÓN POSTURAL NITENDO WII BALANCE BOARD® LESIÓN MEDULAR

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La Rehabilitación postural con Nintendo Wii balance board, es un proyecto de investigación médica que busca determinar el efecto del uso la consola Nintendo Wii® en la rehabilitación del balance postural en pacientes con lesión medular establecida, mediante el uso de la tabla de balance. (Wii balance board®)

INTERVENCIONES

Se trata de un estudio piloto de carácter experimental y se llevará a cabo en la Clínica Universidad de La Sabana con una duración de 6 semanas; con sesiones de una hora tres veces por semana con un total de 18 sesiones por paciente.

Las sesiones consisten en 6 tipos de ejercicios de yoga del videojuego Wii fit ® que el paciente practicará sobre la tabla de balance frente al televisor y con el que se pretende entrenar y rehabilitar su equilibrio postural.

RIESGOS ESPERADOS

Es un estudio de con amplio margen de seguridad para los pacientes, y cuenta con el acompañamiento de un profesional médico durante su implementación; sin embargo en el transcurso de las sesiones podría existir riesgo de caída desde la posición sentado de aquel paciente que está bajo intervención.

Se aclara además el riesgo de fractura, lesiones óseas, articulares otendinosas.

DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES

Los pacientes podrán realizar preguntas y aclarar dudas con respecto a la investigación y a los logros obtenidos en el transcurso del estudio.

El participante podrá retirarse del estudio en el momento que así lo considere, sin que por ello se creen perjuicios para continuar su cuidado y tratamiento.

Se mantendrá la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad.

Recibir información actualizada durante el estudio.

No correr con ningún gasto relacionado con la investigación, su aplicación y sus resultados potenciales. En caso de que existan gastos adicionales, éstos serán cubiertos por el presupuesto de la investigación.

Los participantes no recibirán una contraprestación económica ni de otro tipo por la participación en el estudio.

FIRMA DE CONSENTIMIENTO DE PARTICIPAR EN ESTUDIO

Yo _____ mayor de edad identificado con CC _____ expreso mi consentimiento de participar en el estudio piloto de rehabilitación postural con Nintendo Wii balance board en la Clínica Universidad de La Sabana.

Autorizó además que las imágenes, videos y/ o fotografías tomadas durante la realización de la investigación puedan ser usadas y publicadas con fines de la investigación.

TESTIGO 1

DIRECCIÓN

PARENTESCO

FIRMA INVESTIGADOR

JUAN BERNARDO HOYOS GUTIERREZ

RESIDENTE MEDICINA FISICA Y REHABILITACIÓN

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

13. BIBLIOGRAFIA

1. Seelen HA, Potten YJ, Huson A, Spaans F, Reulen JP. Impaired balance control in paraplegic subjects. *J Electromyogr Kinesiol.* 7. England 1997. p. 149-60.
2. Llorens R, Colomer-Font C, Alcaniz M, Noe-Sebastian E. BioTrak virtual reality system: effectiveness and satisfaction analysis for balance rehabilitation in patients with brain injury. *Neurologia: 2011 Sociedad Espanola de Neurologia.* Published by Elsevier Espana; 2012.
3. Behrman AL, Harkema SJ. Physical rehabilitation as an agent for recovery after spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 18. United States 2007. p. 183-202, v.
4. Penasco-Martin B, de los Reyes-Guzman A, Gil-Agudo A, Bernal-Sahun A, Perez-Aguilar B, de la Pena-Gonzalez AI. [Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation]. *Rev Neurol.* 51. Spain 2010. p. 481-8.
5. Betker AL, Desai A, Nett C, Kapadia N, Szturm T. Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Phys Ther.* 87. United States 2007. p. 1389-98.
6. Kizony R, Raz L, Katz N, Weingarden H, Weiss PL. Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev.* 2005;42(5):595-608.
7. Monge Pereira E, Molina Rueda F, Alguacil Diego IM, Cano De La Cuerda R, De Mauro A, Miangolarra Page JC. Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy: clinical practice guideline. *Neurologia: A 2011 Sociedad Espanola de Neurologia.* Published by Elsevier Espana; 2012.
8. Levac D, Pierrynowski MR, Canestraro M, Gurr L, Leonard L, Neeley C. Exploring children's movement characteristics during virtual reality video game play. *Hum Mov Sci.* 29. Netherlands: 2010 Elsevier B.V; 2010. p. 1023-38.
9. Gil-Gomez JA, Llorens R, Alcaniz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil.* 8. England 2011. p. 30.
10. Janssen-Potten YJ, Seelen HA, Drukker J, Reulen JP. Chair configuration and balance control in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 81. United States 2000. p. 401-8.
11. Boswell-Ruys CL, Sturnieks DL, Harvey LA, Sherrington C, Middleton JW, Lord SR. Validity and reliability of assessment tools for measuring unsupported sitting in people with a spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 90. United States 2009. p. 1571-7.
12. Grangeon M, Gagnon D, Gauthier C, Jacquemin G, Masani K, Popovic MR. Effects of upper limb positions and weight support roles on quasi-static seated postural stability in individuals with spinal cord injury. *Gait Posture.* 36. England: 2012 Elsevier B.V; 2012. p. 572-9.

13. Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture*. 31. England: 2009 Elsevier B.V; 2010. p. 307-10.
14. Sipski ML, Richards JS. Spinal cord injury rehabilitation: state of the science. *Am J Phys Med Rehabil*. 85. United States 2006. p. 310-42.
15. Avances fisiopatológicos para el entendimiento de la lesión medular traumática. 2013.
16. Henao-Lema CP, Pérez-Parra JE. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. *Aquichan*. 2013(2):157-72.
17. Branco F, Cardenas DD, Svircev JN. Spinal cord injury: a comprehensive review. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 18. United States 2007. p. 651-79, v.
18. Mexico drni. Daños Trazadores. Bellavista, Callao: Instituto Nacional de Rehabilitación 2004.
19. Lugo LH, Salinas F, Garcia HI. Out-patient rehabilitation programme for spinal cord injured patients: evaluation of the results on motor FIM score. *Disabil Rehabil*. 29. England 2007. p. 873-81.
20. A C. Lesiones no fatales en accidentes de tránsito Accidentes de tránsito. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Colombia; 2006.
21. Enrique JH. Traum Raquimedular, Guías para manejo de urgencias. fapafem. 2009.
22. Garzón M. Trauma Raquimedular, factores predictivos de recuperación neurológica a largo plazo. *Repertorio de Medicina y Cirugía* 2005. p. 74-8.
23. Sharma A. Pharmacological management of acute spinal cord injury. *J Assoc Physicians India*. 2012;60 Suppl:13-8.
24. Krause JS, Coker JL. Aging after spinal cord injury: A 30-year longitudinal study. *J Spinal Cord Med*. 2006;29(4):371-6.
25. Henao CP. Situación de discapacidad de la población adulta con lesión medular de la ciudad de Manizales. Hacia la promoción de la salud. In: Pérez JE, editor. 2011. p. 52-67.
26. Organization WH. World Health Organization - Classification, Assessment, and Terminology Team (CAT) -Department for Measurement and Health Information Systems. WHODAS II. . Training manual: a guide to administration, Geneva (Switzerland): Disability Assessment Schedule. ; 2004. p. 1-65.
27. Guttmann SL. Lesionados medulares: tratamiento global e investigación. Barcelona: Editorial JIMS. 1985.
28. Gandolfo Conceição MI, Silva Gimenes LD. La utilización de la biorretroalimentación en el aprendizaje motor de personas con lesión medular. *Avances en psicología latinoamericana*, ISSN 1794-4724, Vol 27, N° 1, 2009, págs 177-191. 2009.
29. Fehlings MG, Wilson JR, Dvorak MF, Vaccaro A, Fisher CG. The challenges of managing spine and spinal cord injuries: an evolving consensus and opportunities for change. *Spine (Phila Pa 1976)*. 35. United States 2010. p. S161-5.
30. Jorgensen V, Elfving B, Opheim A. Assessment of unsupported sitting in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 49. England 2011. p. 838-43.

31. Taube W, Gruber M, Gollhofer A. Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiol (Oxf)*. 193. England2008. p. 101-16.
32. Bove M, Trompetto C, Abbruzzese G, Schieppati M. The posture-related interaction between Ia-afferent and descending input on the spinal reflex excitability in humans. *Neurosci Lett*. 397. Ireland2006. p. 301-6.
33. Jacobs JV, Horak FB. Cortical control of postural responses. *J Neural Transm*. 2007;114(10):1339-48.
34. Seelen HA, Potten YJ, Drukker J, Reulen JP, Pons C. Development of new muscle synergies in postural control in spinal cord injured subjects. *J Electromyogr Kinesiol*. 8. England1998. p. 23-34.
35. Field-Fote EC, Ray SS. Seated reach distance and trunk excursion accurately reflect dynamic postural control in individuals with motor-incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*. 48. England2010. p. 745-9.
36. Harkema SJ, Schmidt-Read M, Lorenz DJ, Edgerton VR, Behrman AL. Balance and ambulation improvements in individuals with chronic incomplete spinal cord injury using locomotor training-based rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 93. United States: 2012 American Congress of Rehabilitation Medicine. Published by Elsevier Inc; 2012. p. 1508-17.
37. Sayenko DG, Alekhina MI, Masani K, Vette AH, Obata H, Popovic MR, et al. Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*. 48. England2010. p. 886-93.
38. Bjerkefors A, Carpenter MG, Thorstensson A. Dynamic trunk stability is improved in paraplegics following kayak ergometer training. *Scand J Med Sci Sports*. 17. Denmark2007. p. 672-9.
39. Barclay-Goddard R, Stevenson T, Poluha W, Moffatt ME, Taback SP. Force platform feedback for standing balance training after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004(4):CD004129.
40. Mulder T, Hulstyn W. Sensory feedback therapy and theoretical knowledge of motor control and learning. *Am J Phys Med*. 1984;63(5):226-44.
41. Bayón M, Martínez J. Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual. *Rehabilitación*. 2010;44(3):256-60.
42. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav*. 2005;8(3):187-211; discussion 2-9.
43. Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*. 48. Italy2012. p. 523-30.
44. Gaffurini P, Bissolotti L, Calza S, Calabretto C, Orizio C, Gobbo M. Energy metabolism during activity-promoting video games practice in subjects with spinal cord injury: evidences for health promotion. *Eur J Phys Rehabil Med*2012.
45. Saposnik G, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke*. 42. United States2011. p. 1380-6.
46. Adamovich SV, Fluett GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*. 25. Netherlands2009. p. 29-44.

47. Meldrum D, Glennon A, Herdman S, Murray D, McConn-Walsh R. Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii((R)) Fit Plus. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2012;7(3):205-10.
48. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*. 1990;45(6):M192-7.
49. Datta S, Lorenz DJ, Harkema SJ. Dynamic longitudinal evaluation of the utility of the Berg Balance Scale in individuals with motor incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 93. United States: 2012 American Congress of Rehabilitation Medicine. Published by Elsevier Inc; 2012. p. 1565-73.
50. Chen CL, Yeung KT, Bih LI, Wang CH, Chen MI, Chien JC. The relationship between sitting stability and functional performance in patients with paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 84. United States 2003. p. 1276-81.
51. Boswell-Ruys CL, Harvey LA, Barker JJ, Ben M, Middleton JW, Lord SR. Training unsupported sitting in people with chronic spinal cord injuries: a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 48. England 2010. p. 138-43.
52. Izquierdo M, Martinez-Ramirez A, Larrion JL, Irujo-Espinosa M, Gomez M. [Functional capacity evaluation in a clinical and ambulatory setting: new challenges of accelerometry to assessment balance and muscle power in aging population]. *An Sist Sanit Navar*. 2008;31(2):159-70.
53. Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Hunt MA, Clark RA. Validity of the Nintendo Wii(R) balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clin Rehabil* 2012.
54. Kamen G, Patten C, Du CD, Sison S. An accelerometry-based system for the assessment of balance and postural sway. *Gerontology*. 44. Switzerland 1998. p. 40-5.
55. Mancini M, Salarian A, Carlson-Kuhta P, Zampieri C, King L, Chiari L, et al. ISway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *J Neuroeng Rehabil*. 9. England 2012. p. 59.
56. Seimetz C, Tan D, Katayama R, Lockhart T. A comparison between methods of measuring postural stability: force plates versus accelerometers. *Biomed Sci Instrum*. 2012;48:386-92.
57. Whitney SL, Roche JL, Marchetti GF, Lin CC, Steed DP, Furman GR, et al. A comparison of accelerometry and center of pressure measures during computerized dynamic posturography: a measure of balance. *Gait Posture*. 33. England: 2011 Elsevier B.V; 2011. p. 594-9.
58. Moe-Nilssen R. Test-retest reliability of trunk accelerometry during standing and walking. *Arch Phys Med Rehabil*. 79. United States 1998. p. 1377-85.
59. Mancini M, Carlson-Kuhta P, Zampieri C, Nutt JG, Chiari L, Horak FB. Postural sway as a marker of progression in Parkinson's disease: a pilot longitudinal study. *Gait Posture*. 36. England: 2012 Elsevier B.V; 2012. p. 471-6.
60. **Tribunal Internacional de Núremberg. CÓDIGO DE NÚREMBERG**. 1947.
61. Departamento de Salud EyBdIEU. Principios éticos y pautas para la protección de los seres humanos en la investigación. 1979.
62. Mombarg R, Jelsma D, Hartman E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Res Dev Disabil*. 2013;34(9):2996-3003.

63. Mhatre PV, Vilares I, Stibb SM, Albert MV, Pickering L, Marciniak CM, et al. Wii Fit Balance Board Playing Improves Balance and Gait in Parkinson Disease. Pm r. 2013.
64. Bieryla KA, Dold NM. Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. Clin Interv Aging. 2013;8:775-81.