Universidad San Jorge

Facultad de ciencias de la salud

Grado de Fisioterapia

Proyecto Final

Efectividad del entrenamiento de marcha asistido por robot de un paciente tetrapléjico: a propósito de un caso

Autor del proyecto: Ihintza Gardos

Director del proyecto: Aitor Garay

Zaragoza, 17 de mayo de 2019

universidad SANJORGE

GRUPO SANVALERO

DECLARACIÓN DE HONOR

Este trabajo constituye parte de mi candidatura para la obtención del título de Grado Universitario en Fisioterapia de la Universidad San Jorge y no ha sido entregado previamente (o simultáneamente) para la obtención de cualquier otro título.

Este documento es el resultado de mi propio trabajo, excepto donde de otra manera esté indicado y referido.

Doy mi consentimiento para que se archive este trabajo en la biblioteca universitaria de Universidad San Jorge, donde se puede facilitar su consulta.

Firma:

Ihintza Gardos, 17 de mayo de 2019



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de los cuatro años del grado de Fisioterapia.

Quiero agradecer más especialmente a todas las personas que me han ayudado, directa o indirectamente, a la elaboración de este proyecto final de carrera.

Primero, quiero agradecer a mi familia y sobretodo a mis queridos padres, que me han apoyado desde el inicio de mis estudios hasta el final, porque sin ellos no estaría en este grado de Fisioterapia. No tengo suficientes palabras para expresarles mi infinito agradecimiento. Les agradezco que hayan confiado en mí y en mi esfuerzo, además de su paciencia a lo largo de los años. Gracias por el constante apoyo recibido, por la fuerza transmitida a lo largo de mi vida y gracias, porque sin ellos no podría haber alcanzado mi sueño.

Al centro de reeducación que me ha permitido realizar las prácticas y encontrar a mi sujeto para mi proyecto de fin de grado.

A mi paciente tan excepcional, S.B, por la rabia que tenia para superar su patología, gracias al cual cambié mi forma de ver la vida, de superar los diferentes acontecimientos y obstáculos de la vida. Por todos los momentos que hemos pasado juntos, riendo y trabajando duro y por enseñarme a creer en mí misma y a confiar en mis capacidades.

A los profesores de la Universidad San Jorge, que me han enseñado sus conocimientos y acompañado a lo largo de estos cuatro años.

A mis amigos tanto del País Vasco como de Zaragoza, por el apoyo que me dieron en cada momento, por sus consejos, por su apoyo y por todos los momentos increíbles y memorables que hemos vivido juntos.

Y para terminar, agradezco a mi tutor de la Universidad San Jorge, Aitor Garay, por su apoyo, constancia y profesionalidad.

TABLA DE CONTENIDOS

1. **RESUMEN** **p.1**

2. **ABSTRACT** **p.2**

3. **INTRODUCCIÓN** **p.3-6**

   3.1 Marco teórico p.3-5
   3.2 Objetivos p.5-6

4. **PACIENTE Y MÉTODOS p.6-11**

   4.1 Anamnesis del paciente y antecedentes p.6
   4.2 Variables medidas p.6-9
   4.3 Plan de intervención p.9-11

5. **RESULTADOS** **p.12-15**

6. **DISCUSIÓN** **p.15-16**

7. **LIMITACIONES, FORTALEZAS**. **p.16**

8. **CONCLUSIÓN** **p.17**

9. **BIBLIOGRAFÍA** .....**p. 17-22**

10. **ANEXOS** .....**p. 22-34**

1. RESUMEN

Introducción y objetivo: Las lesiones de la médula espinal interrumpen las vías ascendentes y descendentes que transportan la información entre el cerebro y la médula espinal, lo que provoca graves deficiencias en las funciones motoras, sensoriales y autónomas en el lugar de la lesión y debajo de esta. El objetivo del presente estudio es valorar la efectividad del entrenamiento de marcha asistido por robot en un paciente tetrapléjico.

Metodología: Se realizó un tratamiento fisioterapéutico durante 5 semanas, compuesto esencialmente del Lokomat con realidad virtual, pero también de estiramientos, fortalecimiento muscular y verticalización. Se realizaron valoraciones al inicio y al final del tratamiento. Se evaluaba la velocidad de marcha mediante la prueba de 10-meter walk test; la distancia de marcha mediante la prueba de 6-minute walk test; el grado de deterioro en relación con la función de marcha mediante las adaptaciones necesarias con la prueba de Walking Index for Spinal Cord Injury II; la fuerza muscular con la escala Lower Extremity Motor Score; la independencia funcional con la escala The Spinal Cord Independence Measure y la espasticidad con la escala de Ashworth Modificada.

Resultados: Los resultados muestran una mejoría en todas las variables, sobretodo en la capacidad funcional de la marcha (mejoría tanto en la velocidad como la distancia de marcha) y en la fuerza muscular.

Conclusiones: El estudio demostró que el uso del entrenamiento de la marcha asistido por robot con realidad virtual aportó beneficios a nivel de marcha, pero también a nivel de fuerza muscular, espasticidad e independencia funcional en un paciente tetrapléjico.

Palabras claves: Lesión de la médula espinal, entrenamiento de marcha asistido por robot, tetrapléjico, fisioterapia, realidad virtual.

2. ABSTRACT

Introduction and objective: Spinal cord injuries disrupt the ascending and descending pathways that carry information between the brain and spinal cord, resulting in severe deficiencies in motor, sensory, and autonomic functions at and below the site of injury. The aim of this study is to assess the effectiveness of robot-assisted gait training of a quadriplegic patient.

Methods: A physiotherapeutic treatment was carried out for 5 weeks, consisting essentially of Lokomat with virtual reality, but also of stretching, muscle strengthening and verticalization. Evaluations were carried out initially and finally at the treatment, as well as 5 weeks after the end of the treatment. The walking speed was evaluated with the 10-meter walk test; the walking distance with the 6-minute walk test; the degree of deterioration in relation to the walking function through the necessary adaptations with the Walking Index for Spinal Cord Injury II test; the muscle strength with the Lower Extremity Motor Score; the functional independence with the Spinal Cord Independence Measure scale and the spasticity with the Ashworth Modified scale.

Results: The results show an improvement in all variables, especially in the functional capacity of the gait (improvement in speed such as walking distance) and muscle strength.

Conclusions: The study demonstrated that the use of robot-assisted gait training with virtual reality provided benefits at the gait level, but also for muscle strength, spasticity, and functional independence of the patient in a quadriplegic patient.

Keywords: Spinal cord injury, robot-assisted gait training, quadriplegic, physiotherapy, virtual reality

3. INTRODUCCIÓN

3.1. MARCO TEÓRICO

Las lesiones de la médula espinal interrumpen las vías ascendentes y descendentes que transportan la información entre el cerebro y la médula espinal, lo que provoca graves deficiencias en las funciones motoras, sensoriales y autónomas en el lugar de la lesión y debajo de esta [1].

Esta lesión desequilibra la comunicación entre el cerebro y el cuerpo y conduce a la parálisis total o parcial de las extremidades y del tronco.

El grado de parálisis depende de la ubicación de la lesión en la columna vertebral y de su gravedad. Una lesión baja conduce a la paraplejía, es decir, a la parálisis de las extremidades inferiores, mientras que una lesión alta, por ejemplo, en las vértebras cervicales, conduce a la tetraplejía, es decir, conduce a la parálisis de las cuatro extremidades y del tronco (Anexo 1).

Los estudios demuestran que, entre los lesionados medulares, la proporción de tetrapléjicos está aumentando, representando alrededor del 50% de las lesiones medulares, o cerca de 700 nuevos casos al año en Francia [2].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre 250.000 y 500.000 personas sufren lesiones en la médula espinal cada año en todo el mundo. La OMS no dispone de estimaciones fiables de la prevalencia mundial, pero estima que la incidencia mundial anual oscila entre 40 y 80 casos por cada millón de habitantes [3].

Las causas más comunes son traumáticas, como los accidentes de tráfico que son la causa principal, las caídas y las lesiones relacionadas con el trabajo, los delitos violentos y las lesiones deportivas [4]. Sin embargo, es importante que no se olviden las causas médicas, que, en menor medida, aumentan con el envejecimiento de la población y la atención médica avanzada [5]. Pueden deberse a complicaciones infecciosas, vasculares, tumorales o incluso a complicaciones quirúrgicas [6].

La evaluación de las deficiencias se basa en un examen clínico neurológico, pero también en un examen ortopédico y general. Está basado en la clasificación ASIA, que permite desafiar los diferentes niveles neurológicos (motor, sensorial) y adoptar un lenguaje claro y común a nivel internacional. El grado de la lesión distingue las lesiones completas de las incompletas. Una lesión completa implica que toda la información está interrumpida y no hay sensibilidad ni movilidad por debajo del nivel de la lesión. En las lesiones incompletas, algunas vías nerviosas han quedado indemnes o solo parcialmente dañadas, por lo que pueden

transmitir algo de información (Anexo 2).

Las lesiones de la médula espinal conducen a menudo a una parálisis completa o incompleta, afectando a la capacidad de caminar y de realizar actividad física. Como resultado, estas personas tienen un estilo de vida sedentario que lleva a varias complicaciones, incluyendo que se comprometa la función cardiovascular, las úlceras de decúbito y la osteoporosis. Por lo tanto, los profesionales de la salud se han centrado en tratamientos para mejorar la función motora de las lesiones en la médula espinal [7]. La capacidad de caminar es un aspecto clave en el funcionamiento independiente que representa un objetivo importante de la rehabilitación. El reaprendizaje de los movimientos al caminar implica el desarrollo de cambios relativamente estables en las redes espinales y supraespinosas que, para que sean funcionalmente útiles, deben estar formados por información sensorial específica de la tarea (propioceptiva, somatosensorial).

En el pasado, la fisioterapia convencional se centraba en el estiramiento, el fortalecimiento y el entrenamiento de la marcha asistida manualmente. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha creado el entrenamiento de la marcha asistido por robot para mejorar la marcha porque el entrenamiento manual era exigente y agotador para los terapeutas, lo que resultaba en patrones de marcha menos reproducibles con un tiempo de tratamiento más corto. Por lo tanto, este nuevo entrenamiento locomotor se centra en la rehabilitación de la función motora mediante un cambio plástico [8]. Este último induce varios mecanismos neurofisiológicos diferentes para restaurar la capacidad de caminar, incluyendo la activación de los generadores del modelo central, así como la mejora del aporte aferente a la médula espinal a través de la práctica de ejercicios de pasos específicos y el ejercicio en masa [9]. Como resultado, los cambios plásticos pueden ser inducidos tanto en la médula espinal como en la corteza motora sensorial mediante un entrenamiento locomotor intensivo.
El entrenamiento de la marcha robótica se introdujo a finales de los años 90 con varias ventajas, entre ellas la capacidad de aumentar la intensidad y la duración total del entrenamiento al mismo tiempo que se mantiene una marcha fisiológica [10]. Este sistema incluye una cinta de correr, un sistema de soporte de peso corporal que utiliza un arnés y dos brazos robóticos ligeros que se adhieren a las piernas del sujeto y las balancean. Este exoesqueleto motorizado nos proporciona información sobre la evolución de la marcha, la zancada, la velocidad, la elevación, etc.

Paralelamente, se ha combinado la realidad virtual con este sistema para mejorar aún más la marcha en pacientes con lesión en la médula espinal[11]. La realidad virtual es la estimulación de un entorno real generado por un programa informático y experimentado por el

usuario a través de una interfaz hombre-máquina [12]. Esta interfaz permite que el paciente perciba el entorno como real aumentando así el compromiso y proporcionando al mismo tiempo un entrenamiento repetitivo y específico a un ejercicio eficaz para las funciones de aprendizaje motor [13]. De hecho, la realidad virtual proporciona al paciente unas retroacciones multisensoriales que pueden potenciar los procesos de plasticidad dependiendo del uso en la corteza sensoriomotora, promoviendo la recuperación motora funcional [14, 15]. Además, puede aumentar la motivación del paciente durante la rehabilitación al reducir la percepción del esfuerzo, lo que permite a los pacientes ejercitarse con mayor facilidad y con más regularidad [16].

Es posible amplificar la sensación de presencia manipulando las características de la realidad virtual como por ejemplo, el uso de un avatar puede reforzar los cambios plásticos dependientes del uso en las zonas sensomotoras superiores pertenecientes al sistema neural del espejo [17]. En efecto, la observación de una acción, incluso simulada en la pantalla como en este caso, permite el reclutamiento de programas motorizados almacenados que, a su vez, favorecerían la recuperación en la ejecución del movimiento.

Varios estudios han evaluado el entrenamiento de la marcha asistida por robot en pacientes con lesión en la médula espinal. Aunque algunos de los resultados son alentadores, sigue habiendo cierta incertidumbre sobre el momento adecuado de su introducción después de la lesión, así como sobre su eficacia en los resultados funcionales de la marcha. Por ello, nuestro principal objetivo será medir su eficacia en la mejora de la capacidad funcional a través de este caso clínico.

3.2 OBJETIVOS

❖ Objetivo general

- Valorar la efectividad de un programa de tratamiento con el entrenamiento de marcha asistido por robot asociado a la realidad virtual en la mejora de la capacidad funcional de la marcha, en un paciente tetrapléjico.

❖ Objetivos específicos

- Observar cambios en velocidad de marcha a través de la prueba de los 10-meter walk test.
- Observar cambios en la distancia caminada mediante la prueba de los 6-minute walk test.
- Identificar cambios en la necesidad de asistencia física para la marcha a través de la escala Walking Index for Spinal Cord Injury II.
- Determinar cambios de la fuerza muscular de los miembros inferiores mediante la escala Lower Extremity Motor Score.

- Identificar cambios de la independencia funcional a través de la escala The Spinal Cord Independence Measure, Version III.
- Observar cambios en el tono muscular de las extremidades inferiores mediante la escala Modified Ashworth.

4. PACIENTE Y METODOS

4.1 Anamnesis del paciente y antecedentes

Nuestro paciente, hombre, de 38 años que trabaja como agricultor, fue víctima de un accidente de tráfico mientras conducía su coche el 10/06/2018. Este accidente causó una grave luxación en las vértebras C5-C6 con retirada de la pared posterior, lo que provocó una compresión espinal. El mismo día, tuvo una operación de emergencia, artrodesis por vía anterior, para eliminar la compresión de las estructuras nerviosas y lograr la consolidación de las estructuras de la columna vertebral. Le diagnosticaron como tetrapléjico completo del nivel ASIA A (ninguna motricidad en el territorio S4-S5), (Anexo 1), y lo mantuvieron en observación en el servicio de reanimación del hospital durante 12 días. El 22/06/2018 fue admitido en el Centre de Rééducation et Réadaptation Fonctionnelle Marienia donde se ha realizado el estudio.

Nuestro paciente no tiene alergias ni antecedentes de enfermedades. La única operación quirúrgica a la que se ha sometido es una apendicectomía cuando era joven.

4.2 Variables medidas

El seguimiento del tratamiento se realizó mediante dos valoraciones (al inicio y al final del tratamiento) según 6 escalas de valoración.

En relación con las variables principales:

- **10-meter walk test (10MWT)**

El 10MWT es una prueba esencial durante nuestra rehabilitación porque evalúa la velocidad de marcha en metros por segundo en un corto periodo de tiempo (Anexo 3). En este caso, se utiliza para evaluar la movilidad funcional, así como la velocidad y la agilidad al caminar. La prueba es una medida de la capacidad funcional más que de la discapacidad física, y después de una lesión medular, las alteraciones en la mecánica de la marcha, la fuerza y la propiocepción tendrán un efecto directo en la velocidad de la marcha [18]. El paciente debe caminar una distancia de 10 metros [19]. La distancia recorrida se divide por el tiempo que le

tomó al individuo caminar esta distancia. Se realizan dos pruebas a la velocidad de marcha del paciente, seguidas de dos pruebas a la velocidad de marcha rápida del paciente. Se pueden utilizar dispositivos de asistencia, esta es la razón por la cual esta prueba se combinará con WISCI II, con el fin de proporcionar la medida más válida de mejoría y del paseo en la función ambulatoria de las lesiones de la medula espinal porque se encontró que WISCI II y 10MWT son las pruebas más válidas y clínicamente útiles para medir la mejoría en la marcha de los pacientes con lesión medular. [20]

- **6-minute walk test (6MWT)**

Esta prueba evalúa el nivel submáximo de la capacidad funcional del paciente, esto es la capacidad de caminar y su resistencia [21]. Esta herramienta nos permite medir la distancia que el paciente puede caminar sobre una superficie plana durante 6 minutos (Anexo 4). [22]
Así, la prueba en su conjunto evalúa la respuesta integrada de los sistemas respiratorio, cardiovascular y circulatorio, además del nivel de control motor, unidades neuromusculares funcionales y músculos, que reflejan el estado funcional de las actividades diarias.
La prueba de marcha de 6 minutos es una prueba fiable, sensible, y válida para cuantificar la capacidad ambulatoria de los pacientes. [23, 24, 25]
El objetivo es conseguir la distancia más larga a pie en estos 6 minutos. La puntuación oscila entre 0 metros para una persona no ambulatoria y unos 900 metros para una persona sana.
Se le permite detenerse y descansar durante la prueba si el sujeto lo necesita.
La prueba se realizó en el interior, a lo largo de un largo pasillo plano, recto y cerrado con una superficie dura. El recorrido tenia una longitud de 30m con marcas cada 5m y un cono en el centro de los dos puntos de giro. [22]
El paciente podía usar sus aparatos habituales durante la prueba y andar sin calentamiento.
Antes de empezar la prueba se explicó a S.B el planteamiento general como la expectativa del resultado, se tomaba el pulso y la saturación antes, durante y al final de la prueba, así como la tensión arterial.

En relación con las variables secundarias;

- **Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI-II)**

El Índice de Caminata por Lesiones de la Médula Espinal II es una escala que mide la mejoría en la caminata después de una lesión de la médula espinal descrito con 21 niveles. Incorpora asistencia física, así como el uso de dispositivos ambulatorios y aparatos ortopédicos.
Conceptualmente, capta el espectro de adaptaciones necesarias para caminar con diferentes grados de deterioro después de una lesión de la médula espinal (por ejemplo, debilidad de las extremidades inferiores). Esta escala es importante porque demuestra una relación entre la

deficiencia subyacente (debilidad, por ejemplo) y la actividad funcional relacionada (marcha). En esta población, se ha demostrado que tiene una buena validez internacional, confiabilidad y validez concurrente. [26]

No es un cuestionario sino una tabla de observación con un puntaje de 0 que corresponde a una posición de pie y a una marcha imposible y se le asigna el puntaje más alto, de 20, si puede caminar más de 10 metros sin ayuda o asistencia para caminar. [27]

Esta puntuación, refleja los grados de deterioro y su relación con la función de caminar en los pacientes con lesiones de la medula espinal. El WISCI II ha demostrado su fiabilidad y su relación tanto en la gravedad de la lesión como en la velocidad al caminar (Anexo 5). [28]

- **Lower Extremity Motor Score (LEMS)**

El LEMS es una puntuación muscular del miembro inferior, de acuerdo con la evaluación neurológica estándar desarrollada por ASIA, que evalúa la fuerza muscular voluntaria de cinco músculos claves (flexores de cadera, extensores de rodilla, dorsiflexores de tobillo, extensores del dedo largo del pie y flexores plantares del tobillo) de las dos extremidades inferiores de nuestro paciente (Anexo 2). [29]

Representa la suma de la potencia muscular bilateral de los miembros inferiores, desde la parálisis total (0) hasta el movimiento activo normal con todo el rango de movimiento contra la gravedad y la resistencia total, con una puntuación posible de 50. El LEMS es un factor importante para predecir la capacidad de caminar en pacientes con lesión medular como S.B. [30]

- **The Spinal Cord Independence Measure, Version III (SCIM III)**

El SCIM es una rejilla de medición de independencia funcional dedicada al sujeto parapléjico y tetrapléjico después de una lesión en la médula espinal. En la última versión (versión III), la cuadrícula se ha ampliado a 19 artículos divididos en 4 áreas funcionales: cuidado personal, respiración y control de esfínteres, movilidad en habitaciones y aseos y movilidad interior y exterior.[31] La puntuación total siempre oscila entre 0 y 100. SCIM III fue reconocido como una de las mejores medidas completas disponibles del estado funcional específico en lesión medular espinal.[32]

Esta escala desarrollada específicamente para personas con una lesión medular espinal, evalúa su desempeño en la actividad diaria y hacer evaluaciones funcionales en esta población sensible al cambio (Anexo 6). [33]

- **Modified Ashworth Scale (MAS)**

La escala de Ashworth Modificada es una escala clínica de uso frecuente que evalúa la espasticidad. La espasticidad, una complicación a largo plazo de las lesiones de la médula

espinal, es una característica esencial a valorar durante la reeducación porque puede interferir con las actividades diarias, tales como las transferencias, la ambulación y la posición corporal estable. [34]

Es una escala ordinal de cinco puntos que evalúa subjetivamente el tono muscular. Las puntuaciones se obtuvieron de los músculos de la cadera, rodillas y tobillos de los miembros inferiores. Nuestro paciente fue evaluado tumbado en posición supina (excepto para los extensores de rodilla que se realizo en posición prona), con los miembros superiores paralelos al tronco en posición neutral y con los miembros inferiores paralelos entre sí. Se movieron pasivamente las articulaciones de S.B con una gama completa de movimientos a una velocidad de estiramiento estandarizada (Anexo 7). [35]

4.3 Plan de intervención

La intervención que ofrecimos a nuestro paciente en fisioterapia se hizo en conjunto con los tratamientos de los terapeutas ocupacionales como de los terapeutas APA (actividad física adaptada): era una rehabilitación multidisciplinar y pluricotidiana.

El entrenamiento de la marcha asistido por robot se hacía de forma paralela a la fisioterapia manual que consistía en estiramientos, fortalecimiento muscular y verticalización.

Nuestro paciente S.B disponía de dos sesiones de fisioterapia al día, aproximadamente de una hora cada una. El entrenamiento de la marcha asistido por robot duró 5 semanas, con 25 sesiones exactamente, trabajando 5/7días. Como S.B era un paciente muy concienzudo y trabajador, le dejamos también, bajo petición suya, ejercicios para que realizase en casa los fines de semana.

Tabla 1. Sesión tipo de tratamiento durante un día

Mañana: 9h-10h	**Estiramientos:** 25minutos **Fortalecimiento muscular:** 35minutos **Verticalización:** la duración variaba con su progresión
Tarde: 13h-14h	**Entrenamiento de la marcha asistido por robot con realidad virtual**

- **Estiramientos**

Cuando el cuerpo deja de moverse repentinamente, las articulaciones y los músculos se vuelven rígidos, e incluso pueden provocar contracturas que se pueden acumular y limitar al

paciente. Para prevenir esto le hacíamos estiramientos regulares a nuestro paciente. El estiramiento tiene muchos beneficios como el hecho de sentirse bien, de reducir la espasticidad, de ayudar con la postura y de reducir la inflamación en las extremidades inferiores. [36]
En el centro hay una disposición particular donde los terapeutas ocupacionales tratan los miembros superiores y los fisioterapeutas los miembros inferiores. Antes de estirarle por la mañana, le movilizábamos un poquito para mantener las amplitudes articulares como la flexibilidad. Después estirábamos el psoas iliaco, los aductores, los abductores, los rotadores internos, los rotadores externos, los isquiotibiales, los cuádriceps, el tríceps y la movilización tanto de los tobillos como de los pies.

- **Fortalecimiento muscular**

Al inicio, las primeras semanas, se trabajaba la fuerza muscular con contracciones isométricas, que progresaban a trabajos de contracciones concéntricas con el tiempo. Sin embargo, al inicio del entrenamiento de la marcha asistido por robot, empezamos paralelamente un fortalecimiento muscular que se realizaba en el suelo.
S.B empezaba el trabajo tumbado sobre un tatami, en pronación intentando de mantener su cuello erguido. Después trabajaba para ponerse más erguido sobre los codos hasta llegar a la posición de esfinge. Seguíamos centrándonos en los volteos y los pivotes, hasta progresar al arrastre. De ahí se ponía a cuatro patas hasta gatear. El objetivo luego fue subir hasta un plan Bobath, pasando de cuatro patas a las rodillas, a la posición caballero hasta subir sobre el plan de arriba ayudado de sus miembros superiores para elevar su tronco y sus extremidades inferiores. En cada posición de este desarrollo trabajábamos la resistencia de la postura hasta llegar a un nivel que estimábamos bueno para seguir al siguiente paso.

- **Verticalización**

La verticalización es una etapa esencial de la rehabilitación del tetrapléjico. En efecto, este trabajo mantiene la integridad ósea, disminuye la progresión de la escoliosis, fortalece el sistema cardiovascular aumentando su resistencia, mejora la circulación, reduce la inflamación, mejora la función intestinal y su regularidad, ayuda en las funciones de los riñones y la vejiga, mantiene el rango de movimiento, maneja la atrofia en el tronco y las extremidades inferiores, controla úlceras a través de cambios de posición y ayuda a prevenir retracciones en las caderas, rodillas y tobillos.[37] Por eso acabábamos las sesiones de las mañanas con la verticalización manual de S.B (Anexo 8), que intentaba mantenerse por si solo el máximo tiempo posible, empezando los primeros meses manteniéndose poquitos segundos, hasta minutos poco a poco.

- **Entrenamiento de la marcha asistido por robot con realidad virtual**

Este entrenamiento de la marcha asistido por robot se realizaba con el aparato locomotor "Lokomat" (Hocoma; Zurich, Suiza).
El primer día, S.B en una silla de ruedas, fue conducido hasta la cinta a través de una rampa de acceso que permitía su fácil instalación en el Lokomat.
Tardamos dos a tres días en realizar los ajustes específicos de nuestro paciente, recogiendo la talla, el peso, todas las medidas para las órtesis, así como sus características antropométricas (anchura de cadera, la longitud de la parte superior e inferior de las piernas, la posición de los tobillos, etc.).
En el Lokomat, las limitaciones relacionadas con las tareas locomotoras (por ejemplo, apoyo, propulsión, estabilidad y desbloqueo de los pies) pueden simplificarse proporcionando apoyo del peso corporal y guía de movimiento como la velocidad de marcha, de modo que los pacientes que son incapaces de adaptarse voluntariamente a estas limitaciones pueden seguir estando expuestos a información sensorial específica para las tareas necesarias para volver a aprender a caminar, como fue el caso de S.B al inicio. [38]

Al inicio empezábamos con un soporte corporal casi completo, una velocidad lenta (0,8km/h) con una fuerza de guía casi completa. La realidad virtual proporciona un avatar que creábamos para nuestro paciente con diferentes juegos para motivarle a andar activamente como un juego de carrera en el que tenía que recoger o evitar obstáculos cambiando de dirección, o un juego de velocidad donde tenía que acelerar o disminuir su velocidad o incluso juegos de diferentes soportes de carga. El movimiento de piernas del avatar coincidía con la que hacía el paciente lo que le sumergía totalmente.
Poco a poco progresábamos cambiando el nivel de las variables siguiendo su evolución gracias a este exoesqueleto que está equipado de sensores de fuerza a nivel de las articulaciones que miden la actividad del paciente y así permiten cuantificar el progreso y guían la rehabilitación al fisioterapeuta.

Al inicio de la segunda semana, S.B se sentía muy cómodo y lograba las mejores calificaciones posibles en cada juego con estas variables. Por eso progresamos cambiando el soporte corporal a un 70%, con una fuerza de guía al 60% siguiendo con la misma velocidad. Durante la tercera semana aumentamos solo la velocidad pasando de 0,8km/h a 1km/h ya que no asimilaba los otros parámetros. El paciente trabajaba mucho para conseguir estos nuevos parámetros que fueron muy difíciles. De este modo seguíamos la cuarta semana disminuyendo

aún un poquito más el soporte corporal pasando a un 40% y la fuerza de guía al 40% cuando S.B nos comentaba que llegaba a su nivel.

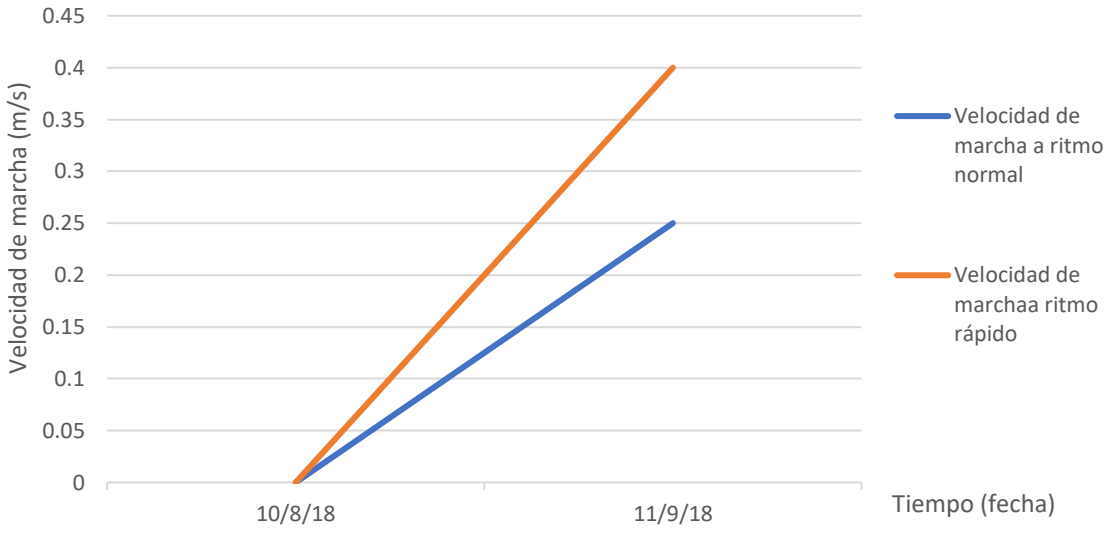
S.B tenia tantas ganas de progresar que el primer día de la quinta semana triunfaba en un juego específico al soporte corporal. Este juego se trataba solo el soporte corporal, donde este último varió de su máximo del momento, 40%, al mínimo posible, 0% durante todo el juego sin cambiar las otras variables. Además, después de este ejercicio, trabajó solo su fuerza de guía en otro juego, disminuyendo de un 40% a un 20%. Por fin, al final del entrenamiento trabajaba un juego de velocidad, haciendo aceleraciones hasta una velocidad de 1,5km/h.

5. RESULTADOS

En la prueba de 10-meter walk test es necesario un cambio de 0,13m/s para detectar cambios clínicos importantes [39].

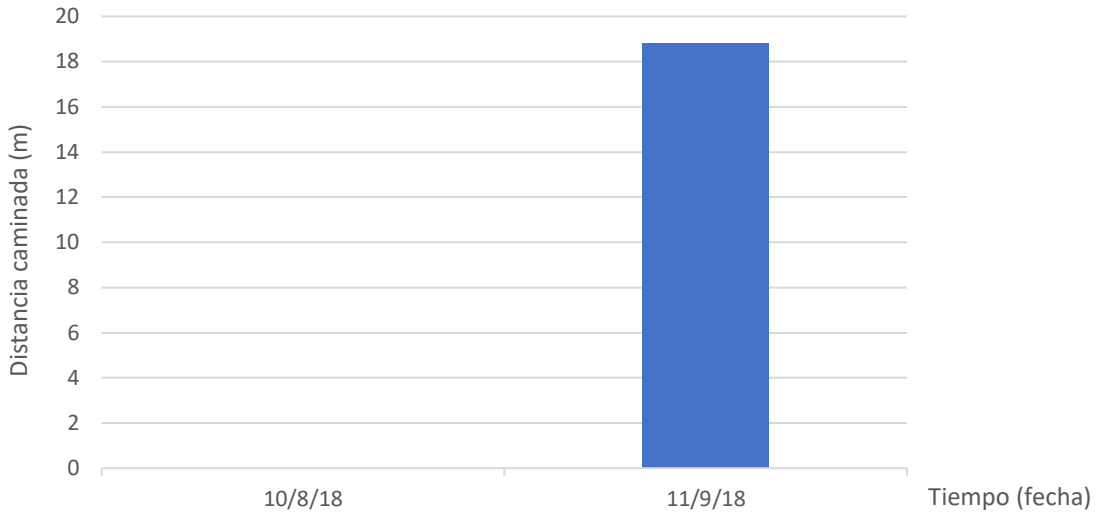
Como podemos ver en el gráfico 1, la velocidad de marcha del paciente ha cambiado durante las semanas de rehabilitación gracias al Lokomat. Nuestro paciente que no pudo realizar la evaluación en la semana 0, pudo hacerla al final del tratamiento con una mejora en la velocidad a ritmo de deambulación normal de 0,25 m/s y a ritmo de deambulación rápido de 0,4 m/s.

Gráfico 1. Evolución de la velocidad de marcha con la prueba de los 10MWT en función del tiempo



Podemos decir que la distancia caminada ha aumentado significativamente mediante el tratamiento. S.B no pudo hacer la prueba en la semana 0. Sin embargo, una vez seguido el tratamiento con el Lokomat, se mejoró esta distancia caminada de 18,8 m como se puede ver en el gráfico 2.

Gráfico 2. Evolución de la distancia caminada con la prueba de 6MWT en función del tiempo



Gracias a la prueba de Walking Index for Spinal Cord Injury II observamos una gran mejoría en los grados de deterioro en relación con la función de marcha mediante las adaptaciones necesarias. En la primera evaluación, tenía un nivel de 0/20 porque no podía levantarse ni participar en la caminata asistida. En la segunda evaluación, tenia un nivel de 5/20, ya que ambulaba en barras paralelas, sin tirantes y sin asistencia física, a lo largo de 10 metros. Una diferencia de un nivel en la prueba de Walking Index for Spinal Cord Injury II es suficiente para considerar un cambio real. [40]

En la tabla 1, se observa el aumento de su fuerza muscular, más claramente en los flexores de cadera, extensores de rodilla y flexores plantares de tobillo teniendo una deficiencia más marcada en el miembro inferior derecho. Con el tiempo, esta diferencia de fuerza muscular entre los miembros inferiores disminuye, llegando a los mismos niveles.

Tabla 1. Evolución de la fuerza muscular con la escala LEMS.

	Inicial: 08/10/18		Final: 09/11/18	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
Flexores de cadera	0	0	4	2
Extensores de rodilla	0	0	4	4
Dorsiflexores de tobillo	0	0	2	1
Extensores del dedo largo del pie	0	0	3	0
Flexores plantares de tobillo	0	0	3	3
TOTAL	0/50	0/50	16/50	10/50

Como podemos ver en el anexo 5 con la escala The Spinal Cord Independence Measure, Version III, nuestro paciente ha aumentado su independencia funcional durante su rehabilitación. Tenia una evolución de su puntuación que iba de 23/100 al inicio del tratamiento hasta 68/100 al finalizar el tratamiento.

En relación con la espasticidad, aparecieron cambios significativos a lo largo de la intervención con el Lokomat, sobretodo en los músculos del psoas iliaco, glúteo mayor, aductores de cadera, isquiotibiales y el cuádriceps como muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la escala de Ashworth modificada

		Inicial: 08/10/18		Final: 09/11/18	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
Cadera	Psoas iliaco	1+	1+	0	0
	Glúteo mayor	2	1	1	0
	Aductores	2	1+	1	1
	Abductores	0	0	0	0
	Rotadores externos	0	0	0	0
	Rotadores internos	0	0	0	0
Rodilla	Isquiotibiales	2	1+	1	0
	Cuádriceps	2	2	1	1
Tobillo	Gastrocnemio	1+*E	1+*E	1+	1+
	Solear	1+*E	1+*E	1	1+
	Flexor largo del dedo	1	1	0	0
	Extensor largo del dedo	0	0	0	0

	Flexor largo del dedo gordo	0	0	0	0
	Extensor largo del dedo gordo	0	0	0	0

6. DISCUSIÓN

Como se ve en los resultados, la capacidad funcional de la marcha, la fuerza muscular, la espasticidad y la independencia funcional han mejorado gracias al entrenamiento de la marcha asistido por robot con realidad virtual, asociado a las técnicas fisioterapéuticas manuales junto con el trabajo del equipo multidisciplinar.

Una vez acabadas las 5 semanas de tratamiento, el paciente podía andar con una muleta en un perímetro de 500 metros y con dos muletas en un perímetro no limitado tanto sobre un plano estable como inestable. Además, podía subir y bajar escaleras, así como andar en planos inclinados. Todo esto se desarrollaba al mismo tiempo que mejoraba el fortalecimiento muscular gracias al Lokomat. El apoyo de estos resultados están basados en el estudio de Nam et al.[41] que demostró la efectividad del tratamiento tanto en la mejoría de la capacidad funcional como de la musculatura después de una lesión medular.

Se ha demostrado que el entrenamiento de marcha asistido por robot causa cambios en muchas vías reflejas de la columna vertebral que se comportan de forma más parecida a los controles sanos después del entrenamiento con robot en pacientes con lesión medular. Es importante señalar especialmente que, entre otros cambios en los circuitos de reflejos de la columna vertebral, el entrenamiento paso a paso asistido por robot en pacientes con lesión medular ha dado lugar al resurgimiento de la modulación de fase fisiológica del reflejo H del sóleo en movimiento.

Siguiendo con la realidad virtual, que se realizaba a la vez que el entrenamiento de la marcha asistido por robot, el siguiente estudio de Calabrò et al.[42] demuestra que la asociación de la realidad virtual a este tratamiento resulta una activación más evidente de varias zonas que el tratamiento por si solo sin realidad virtual. Además, concluye que la retroalimentación de la realidad virtual durante la asistencia temporal general da lugar a activaciones corticales potencialmente más fuertes en las zonas fronto-parieto-occipitales y que participan en la intención y la planificación motoras. Estas activaciones fueron acompañadas de una clara mejora en la capacidad de caminar. Por lo tanto, podemos argumentar que el uso de una tarea más exigente e interactiva durante el Lokomat que utiliza la realidad virtual puede ser beneficioso para los pacientes.

Aunque la espasticidad puede ayudar a caminar en las primeras etapas del tratamiento, al ayudar las deficiencias musculares, como por ejemplo la espasticidad de los músculos de la rodilla que la estabilizan, puede eventualmente interferir en la marcha cuando el paciente progresa. Como se observa en este caso, el Lokomat ha disminuido la espasticidad que limitaba al paciente cuando aprendió la marcha de nuevo. En efecto este tratamiento es útil para disminuir la modulación anormal de las propiedades neuromusculares que ocurre, así como efectos secundarios después de una lesión medular que serían más eficaces que el medicamento tizanidina, como lo demuestran varios artículos. [43, 44, 45]

7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

Este tipo de entrenamiento presenta unos puntos positivos considerables tanto para los pacientes muy dependientes (como fue el inicio del caso actual para S.B.) con un inicio precoz del entrenamiento a la marcha, como para los fisioterapeutas, ya que presenta un menor esfuerzo para el profesional al aumentar la duración y la intensidad de la marcha. También introduce modelos de marcha más fisiológicos y reproducibles y da la posibilidad de medir el rendimiento del paciente[46].

Sin embargo, el estudio necesita avanzar para lograr determinar el momento óptimo de inicio y sería necesario crear un protocolo, lo que maximizaría la eficacia y los resultados a largo plazo en los pacientes neurológicos.

Otra limitación importante es la falta de disponibilidad y el alto coste de estos aparatos, ya que actualmente su uso está limitado a los centros especializados que dispongan del espacio y los recursos necesarios.

También hay que tener en cuenta que, en estos tipos de sistemas robóticos, la estrategia de control de la trayectoria es fija, pudiendo fomentar un entrenamiento pasivo en vez de activo, con la consecuencia de una pérdida de la variabilidad cinemática en los miembros inferiores, la cual es esencial para una buena adaptación motora. Como última limitación, encontramos que el grado de libertad en el exoesqueleto, el cual permite el movimiento únicamente en plano sagital, puede limitar el modelo de marcha natural, afectando a su dinámica [46].

8. CONCLUSIÓN

El uso del entrenamiento de la marcha asistido por robot en un paciente tetrapléjico, muestra resultados prometedores para futuras aplicaciones clínicas en la mejora de la

capacidad funcional de la marcha. El estudio demostró que este tratamiento aportó beneficios al nivel de la marcha, pero también en la fuerza muscular, la espasticidad, y la independencia funcional del paciente.
Por eso, seria interesante promover la necesidad de estos sistemas robóticos en neurología, para intentar lograr futuros sistemas más accesibles a nivel tanto económico como espacial.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Nardone R, Orioli A, Golaszewski S, Brigo F, Sebastianelli L, Höller Y, Frey V, Trinka E. Passive cycling in neurorehabilitation after spinal cord injury: A review. J Spinal Cord Med. 2017 Jan;40(1):8-16.

2. Mailhan L, Genêt F, Raibaut P, Ismael S, Roche N, Demaille-Wlodyka S, Amarenco G, Laffont I, Revol M, Rech C, Lavanant S, Dizien O. Paraplégie et tétraplégie d'origine traumatique. http://www.paratetra.apf.asso.fr/IMG/pdf/Neuro45Dossier.pdf. 2002. (último acceso noviembre 2017)

3. Organización Mundial de la Salud. Lesiones medulares. http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2014/fr.2013. (último acceso 19 noviembre 2013).

4. Ho CH, Wuermser LA, Priebe MM, Chiodo AE, Scelza WM, Kirshblum SC. Spinal cord injury medicine. 1. Epidemiology and classification. Arch Phys Med Rehabil. 2007 Mar;88(3 Suppl 1):S49-54.

5. Chiodo AE, Sitrin RG, Bauman KA. Sleep disordered breathing in spinal cord injury: A systematic review. J Spinal Cord Med. 2016 Jul;39(4):374-82.

6. Kim YH, Ha KY, Kim SI. Spinal Cord Injury and Related Clinical Trials. Clin Orthop Surg. 2017 Mar;9(1):1-9.

7. Hwang S, Kim HR, Han ZA, Lee BS, Kim S, Shin H, Moon JG, Yang SP, Lim MH, Cho DY, Kim H, Lee HJ. Improved Gait Speed After Robot-Assisted Gait Training in Patients With Motor Incomplete Spinal Cord Injury: A Preliminary Study. Ann Rehabil Med. 2017 Feb;41(1):34-41.

8. Morawietz C, Moffat F. Effects of locomotor training after incomplete spinal cord injury: a systematic review. Arch Phys Med Rehabil. 2013 Nov;94(11):2297-308.

9. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017 Mar 23;14(1):24.

10. Winchester P, McColl R, Querry R, Foreman N, Mosby J, Tansey K, Williamson J. Changes in supraspinal activation patterns following robotic locomotor therapy in motor-incomplete spinal cord injury. Neurorehabil Neural Repair. 2005 Dec;19(4):313-24.

11. Yeo E, Chau B, Chi B, Ruckle DE, Ta P. Virtual Reality Neurorehabilitation for Mobility in Spinal Cord Injury: A Structured Review. Innov Clin Neurosci. 2019 Jan 1;16(1-2):13-20.

12. Kirshblum, S, Priebe, MM, Ho, CH. Spinal cord injury medicine: rehabilitation phase after acute spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil. 2007;81:S62-S70.

13. Wirz, M, Zemon, DH, Rupp, R. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86:672-680.

14. Field-Fote, E, Roach, K. Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. Phys Ther. 2011;91:48-60

15. Vaney, C, Gattlen, B, Lugon-Moulin, V. Robotic-assisted step training (Lokomat) not superior to equal intensity of over-ground rehabilitation in patients with multiple sclerosis. Neurorehabil Neural Repair. 2012;26:212-221

16. Nooijen, C, Ter Hoeve, N, Field-Fote, E. Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach. J Neuroeng Rehabil. 2009;6:36.

17. Burns, AS, Delparte, JJ, Patrick, M, Marino, RJ, Ditunno, JF. The reproducibility and convergent validity of the Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI) in chronic spinal cord injury. Neurorehabil Neural Repair. 2011;25:149-157.

18. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR, Williams SR, Donovan WH; Gait and Ambulation Subcommittee. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. J Spinal Cord Med.2008;31(5):487-99.

19. Bowden MG, Behrman AL. Step Activity Monitor: accuracy and test-retest reliability in persons with incomplete spinal cord injury. J Rehabil Res Dev. 2007;44(3):355-62.

20: Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR, Williams SR, Donovan WH; Gait and Ambulation Subcommittee. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. J Spinal Cord Med. 2008;31(5):487-99.

21: Kristin E. Musselman, Karim Fouad, John E. Misiaszek, Jaynie F. Yang, Training of Walking Skills Overground and on the Treadmill: Case Series on Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury, *Physical Therapy*, Volume 89, Issue 6, 1 June 2009, Pages 601–611, https://doi.org/10.2522/ptj.20080257

22. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. Am J Respir Crit Care Med. 2002 Jul 1;166(1):111-7. Erratum in: Am J Respir Crit Care Med. 2016 May 15;193(10):1185.

23. Barbeau H, Elashoff R, Deforge D, Ditunno J, Saulino M, Dobkin BH. Comparison of speeds used for the 15.2-meter and 6-minute walks over the year after an incomplete spinal cord injury: the SCILT Trial. Neurorehabil Neural Repair. 2007 Jul-Aug;21(4):302-6.

24. Datta S, Lorenz DJ, Morrison S, Ardolino E, Harkema SJ. A multivariate examination of temporal changes in Berg Balance Scale items for patients with ASIA Impairment Scale C and D spinal cord injuries. Arch Phys Med Rehabil. 2009 Jul;90(7):1208-17.

25. Ditunno JF Jr, Barbeau H, Dobkin BH, Elashoff R, Harkema S, Marino RJ, Hauck WW, Apple D, Basso DM, Behrman A, Deforge D, Fugate L, Saulino M, Scott M, Chung J; Spinal Cord Injury Locomotor Trial Group. Validity of the walking scale for spinal cord injury and other domains of function in a multicenter clinical trial. Neurorehabil Neural Repair. 2007 Nov-Dec;21(6):539-50.

26. Burns AS, Delparte JJ, Patrick M, Marino RJ, Ditunno JF. The reproducibility and convergent validity of the walking index for spinal cord injury (WISCI) in chronic spinal cord injury. Neurorehabil Neural Repair. 2011 Feb;25(2):149-57.

27. van Hedel HJ, Wirz M, Dietz V. Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: validity and reliability of 3 walking tests. Arch Phys Med Rehabil. 2005 Feb;86(2):190-6.

28. Ditunno JF Jr, Ditunno PL, Scivoletto G, Patrick M, Dijkers M, Barbeau H,Burns AS, Marino RJ, Schmidt-Read M. The Walking Index for Spinal Cord Injury(WISCI/WISCI II): nature, metric properties, use and misuse. Spinal Cord. 2013 May;51(5):346-55.

29. Shin JC, Yoo JH, Jung TH, Goo HR. Comparison of lower extremity motor score parameters for patients with motor incomplete spinal cord injury using gait parameters. Spinal Cord. 2011 Apr;49(4):529-33.

30. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training(Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017 Mar 23;14(1):24.

31. Itzkovich M, Shefler H, Front L, Gur-Pollack R, Elkayam K, Bluvshtein V, Gelernter I, Catz A. SCIM III (Spinal Cord Independence Measure version III): reliability of assessment by interview and comparison with assessment by observation. Spinal Cord. 2018 Jan;56(1):46-51.

32. Anderson K, Aito S, Atkins M, Biering-Sørensen F, Charlifue S, Curt A, Ditunno J, Glass C, Marino R, Marshall R, Mulcahey MJ, Post M, Savic G, Scivoletto G, Catz A; Functional Recovery Outcome Measures Work Group. Functional recovery measures for spinal cord injury: an evidence-based review for clinical practice and research. J Spinal Cord Med. 2008;31(2):133-44.

33. Catz A, Itzkovich M, Tesio L, Biering-Sorensen F, Weeks C, Laramee MT, Craven BC, Tonack M, Hitzig SL, Glaser E, Zeilig G, Aito S, Scivoletto G, Mecci M,Chadwick RJ, El Masry WS, Osman A, Glass CA, Silva P, Soni BM, Gardner BP, Savic G, Bergström EM, Bluvshtein V, Ronen J. A multicenter international study on the Spinal Cord Independence Measure, version III: Rasch psychometric validation.Spinal Cord. 2007 Apr;45(4):275-91.

34. Fleuren JF, Voerman GE, Snoek GJ, Nene AV, Rietman JS, Hermens HJ. Perception of lower limb spasticity in patients with spinal cord injury. Spinal Cord. 2009 May;47(5):396-400. doi: 10.1038/sc.2008.153.

35. Akpinar P, Atici A, Ozkan FU, Aktas I, Kulcu DG, Sarı A, Durmus B. Reliability of the Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in patients with spinal cord injuries. Spinal Cord. 2017 Oct;55(10):944-949.

36. SpinalCord.com. The Importance of Stretching for Wheelchair Users. https://www.spinalcord.com/blog/the-importance-of-stretching-for-wheelchair-users. 2017. (último acceso 27 diciembre 2017).

37. Easystand. Les bienfaits de la verticalisation. https://easystand.com/fr/why-stand/. 2019.

38. Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V (2000) Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. J Rehabil Res Dev 37: 693–700.

39. Lam T, Noonan VK, Eng JJ; SCIRE Research Team. A systematic review of functional ambulation outcome measures in spinal cord injury. Spinal Cord. 2008 Apr;46(4):246-54.

40. Academy of neurologic hysical therapy. Spinal Cord Injury EDGE Task Force Outcome Measures Recommendations. http://www.neuropt.org/docs/sci-edge-/sci-edge-complete-recommendations.pdf?sfvrsn=2. 2018.

41. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017 Mar 23;14(1):24.

42. Calabrò RS, Naro A, Russo M, Leo A, De Luca R, Balletta T, Buda A, La Rosa G, Bramanti A, Bramanti P. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. J Neuroeng Rehabil. 2017 Jun 7;14(1):53.

43. Duffell LD, Brown GL, Mirbagheri MM. Interventions to Reduce Spasticity and Improve Function in People With Chronic Incomplete Spinal Cord Injury: Distinctions Revealed by Different Analytical Methods. Neurorehabil Neural Repair. 2015 Jul;29(6):566-76.

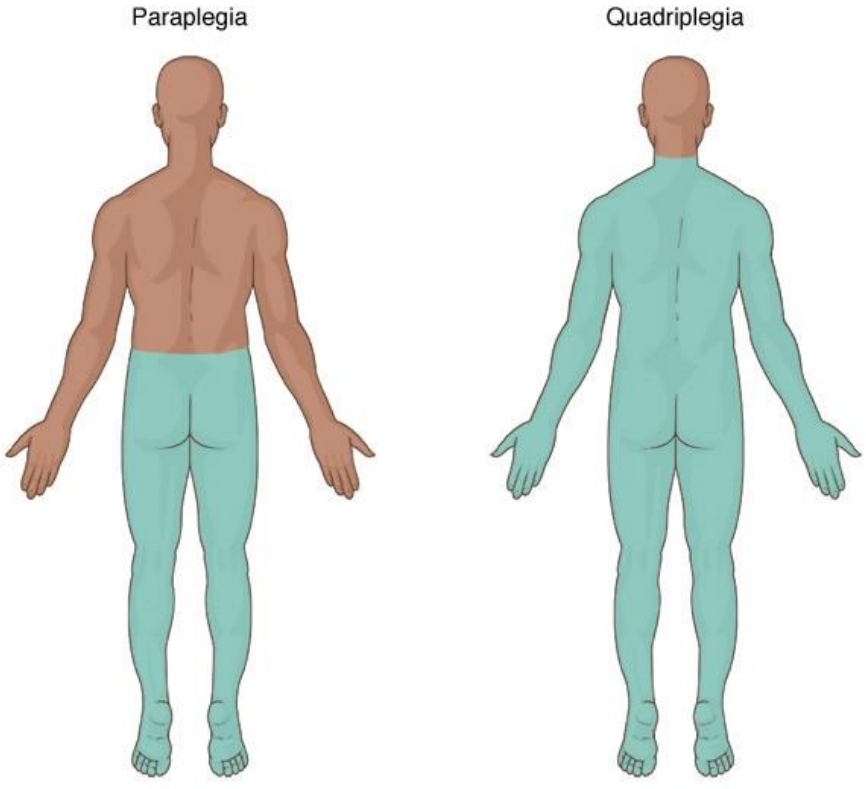
44. Mirbagheri MM. Comparison between the therapeutic effects of robotic-assisted locomotor training and an anti-spastic medication on spasticity. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2015;2015:4675-8.

45. Mirbagheri MM, Kindig M, Niu X, Varoqui D, Conaway P. Robotic-locomotor training as a tool to reduce neuromuscular abnormality in spinal cord injury: the application of system identification and advanced longitudinal modeling. IEEE Int Conf Rehabil Robot. 2013 Jun;2013:6650497.

46. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017 Mar 23;14(1):24.

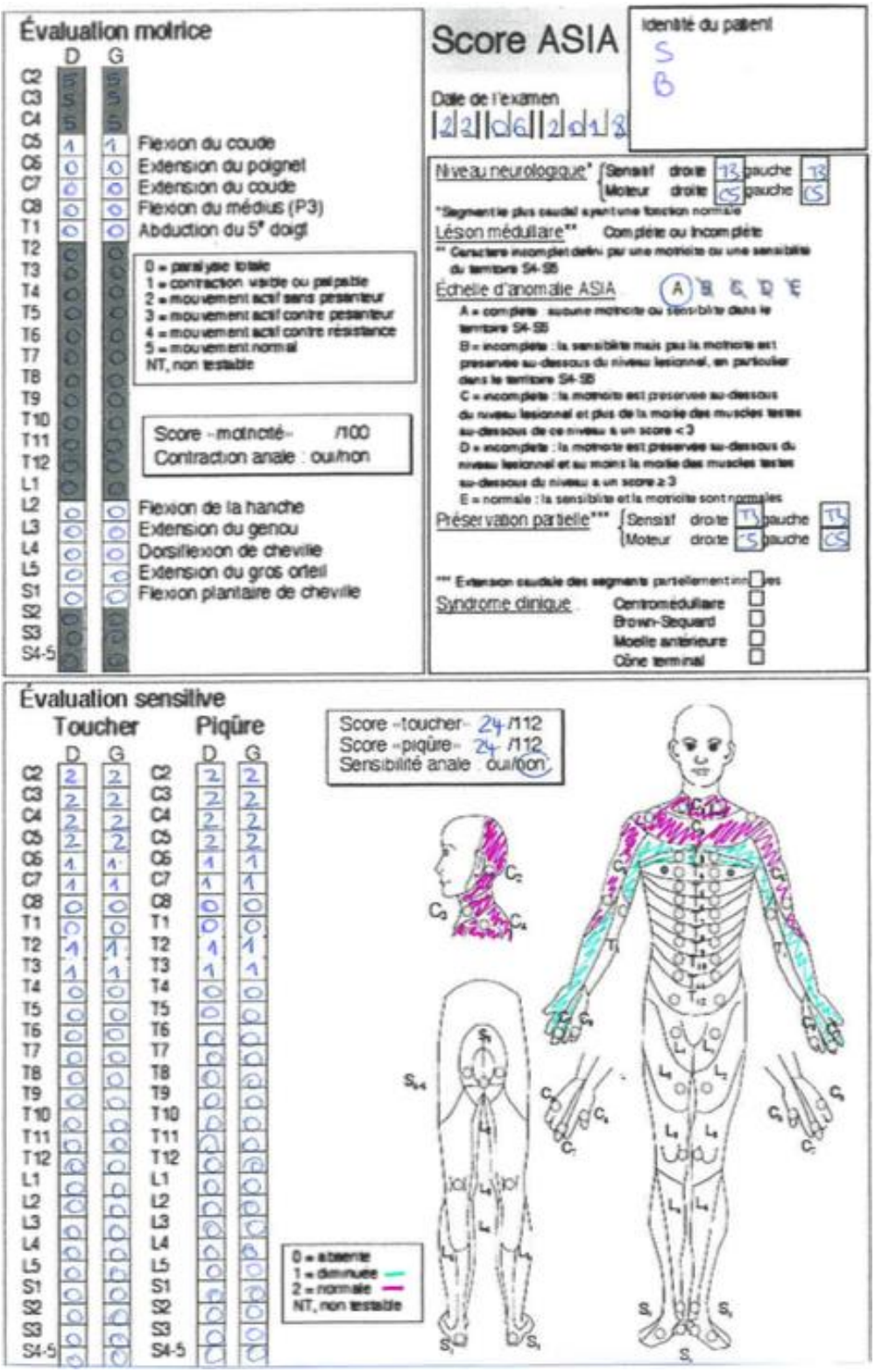
10. ANEXOS

Anexo 1 – Paraplejia y tetraplejia



© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

Anexo 2 – La clasificación ASIA



Anexo 3 – La prueba de los 10-meter walk test

10 Meter Walk Test (10mWT)

Overview	The 10mWT is used to assess walking speed in meters/second (m/s) over a short distance.
Number of Test Items	1item
Scoring	The total time taken to ambulate 10 meters (m) is recorded to the nearest hundredth of a second. 10 m is then divided by the total time (in seconds) taken to ambulate and recorded in m/s
Equipment	Stopwatch A clear pathway of at least 14 m in length in a designated area over solid flooring
Time (new clinician) **Time (experienced clinician)**	5 minutes or less 5 minutes or less
Cost	Free
Logistics-Setup	A clear pathway of at least 14 m in length in a designated area over solid flooring is required. Measure and mark the start and end point of a 14-m walkway. Add a mark at 2 m and 12 m (identifying the central 6 m which will be timed). Quiet conditions
Logistics-Administration	Comfortable walking speed: o Have the patient start on the 0-mmark(startline) o Instructions to patient: "Walk at your own comfortable walking pace and stop when you reach the far mark." Fast walking speed: o Have the patient start on the 0-mmark(startline) o Instructions to patient:"Walk as fast as you can safely walk and stop when you reach the far mark." Two trials are administered at the patient's comfortable walking speed, followed by 2 trials at his/her fast walking speed, per the below instructions. The 2 trials, for each speed, are averaged and the 2 gait speeds are documented in meters/second. Patients may use any assistive device or bracing that they are currently using. The type of device and/or bracing must be documented. When administering the test, do not walk in front of or directly beside the patient, as this may "pace" the patient and influence the speed and distance they walk. Instead, walk at least a half step behind the patient.
Logistics-Scoring	The time is measured for the middle 10 m to allow for patient acceleration and deceleration. The time is started when any part of the leading foot crosses the plane of the 2-m mark. The time is stopped when any part of the leading foot crosses the plane of the 12-m mark. Document the time to walk the middle 10m, the level of assistance, and type of assistive device and/or bracing used.

Anexo 4 – La prueba de los 6-minutes walk test

INSTRUCTIONS FOR SIX MINUTE WALK TEST FORM SMW, VERSION 1.0 (QxQ)

I. GENERAL INSTRUCTIONS

The Six Minute Walk Test Form is filled out by the study clinician conducting the test. Using a paper copy of the form to record the data while the test is in progress is recommended. Prepare the area by applying markers for the endpoints and 5m intervals to the baseboard on one side of the hall, with special attention to avoid doorways, etc. Use the provided 30m metric tape measure. If a pre-existing 100 ft. (30.48m) course with 10ft. markers has been previously laid out, it may be used. If available, place the traffic cones at the center of the proximal and distal turn points. Place the turn signs at the proximal and distal turn points of the course.

Have ready the following materials: stopwatch/timer, worksheet for counting laps, oximeter, Borg breathlessness and exertion scales, a chair that can be easily moved along the walking course, emergency equipment (according to local policy): telephone, sphygmomanometer, oxygen source.

A "warm-up" period before the test should not be performed. Participants should use their usual walking aids during the test (cane, walker, etc.) and be dressed in comfortable clothing and walking shoes. In general, it is preferable to use room air. If the participant is on long-term oxygen therapy with a resting saturation off oxygen of less than 88%, supplemental oxygen may be used during the test.

Prior to the test, the participant should sit in a chair, located near the starting position for at least 10 minutes before assessing pulse and SpO2 (and Blood Pressure if not taken and recorded within 4 hours prior to test). If systolic BP is > 200mmHg or < 60mmHg, or diastolic blood pressure > 110mmHg discontinue the test.

If resting SpO2 is < 88% the participant is not eligible to continue the test (exception noted above for participants on long-term oxygen therapy).
Reasons for immediately stopping the test include:

- if SpO2 falls below 80%
- the participant asks to stop the test
- if the participant experiences chest pain
- intolerable dyspnea
- leg cramps
- staggering
- diaphoresis
- pale or ashen appearance

II. DETAILED INSTRUCTIONS FOR CHALLENGE

Explain the use of the modified Borg scale (0-10) for assessing breathlessness.
Explain the use of the Borg rating of perceived exertion scale (6-20) for rating perceived exertion.
Read the following instructions to the participant:

"The object of this test is to walk as far as possible for 6 minutes. You will walk back and forth in this hallway. Six minutes is a long time to walk, so you will be exerting yourself. You will probably get out of breath or become exhausted. You are permitted to slow down, to stop, and to rest as necessary. You may lean against the wall while resting, but resume walking as soon as you are able. You will be walking back and forth around the cones. You should pivot briskly around the cones and continue back the other way without hesitation. Now I'm going to show you. Please watch the way I turn without hesitation."

Demonstrate by walking one lap yourself. Walk and pivot around a cone briskly. Record completed and partial laps on the lap count worksheet.
Say to the participant:

"Are you ready to do that? I am going to use this counter to keep track of the number of laps you complete. I will click it each time you turn around at this starting line. Remember that the object is to walk AS FAR AS POSSIBLE for 6 minutes, but don't run or jog. Start now, or whenever you are ready."

Standardized Encouragement read in a steady voice:

After the 1st minute: "You are doing well. You have 5 minutes to go."

When the timer shows 4 minutes remaining: "Keep up the good work. You have 4 minutes to go."

When the timer shows 3 minutes remaining: "You are doing well. You are halfway done.

When the timer shows 2 minutes remaining: "Keep up the good work. You have only 2 minutes left.

When the timer shows 1 minute remaining: "You are doing well. You only have 1 minute to go.

With 15 seconds to go: "In a moment I'm going to tell you to stop. When I do, just stop right where you are and I will come to you."

At 6 minutes: "Stop"
If the participant stops at any time prior, you can say: "You can lean against the wall if you would like; then continue walking whenever you feel able."

Do not use other words of encouragement (or body language) to influence the patient's walking speed. Accompany the participant along the walking course, but keep just behind them. Do not lead them.

If available record the distance at which the oxygen saturation drops < 88%.

Anexo 5 – Walking Index for Spinal Cord Injury II

Instructions for the Use of the Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II) – March 2005

Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI II) Descriptors

Physical Limitation for walking secondary to impairment is defined at the person level and indicates the ability of a person to walk after spinal cord injury. The development of this assessment index required a rank ordering along a dimension of impairment, from the level of most severe impairment (0) to least severe impairment (20) based on the use of devices, braces and physical assistance of one or more persons. The order of the levels suggests each successive level is a less impaired level than the former. The ranking of severity is based on the severity or the impairment and not on functional independence in the environment. The following definitions standardize the terms used in each item:

Physical assistance:	'Physical assistance of two persons' is moderate to maximum assistance. 'Physical assistance of one person' is minimal to moderate assistance.
Braces:	'Braces' means one or two braces, either short or long leg. (Splinting of lower extremities for standing is considered long leg bracing). 'No braces' means no braces on either leg.
Walker:	'Walker' is a conventional rigid walker without wheels.
Crutches:	'Crutches' can be Lofstrand (Canadian) or axillary.
Cane:	'Cane' is a conventional straight cane.

Level	Description
0	Client is unable to stand and/or participate in assisted walking.
1	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, less than 10 meters
2	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, 10 meters.
3	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
4	Ambulates in parallel bars, no braces and physical assistance of one person, 10 meters
5	Ambulates in parallel bars, with no braces and no physical assistance, 10 meters.
6	Ambulates with walker, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
7	Ambulates with two crutches, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
8	Ambulates with walker, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
9	Ambulates with walker, with braces and no physical assistance, 10 meters.
10	Ambulates with one cane/crutch, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
11	Ambulates with two crutches, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
12	Ambulates with two crutches, with braces and no physical assistance, 10 meters.
13	Ambulates with walker, no braces and no physical assistance, 10 meters.
14	Ambulates with one cane/crutch, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
15	Ambulates with one cane/crutch, with braces and no physical assistance, 10 meters.
16	Ambulates with two crutches, no braces and no physical assistance, 10 meters.
17	Ambulates with on devices, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
18	Ambulates with on devices, with braces and no physical assistance, 10 meters.
19	Ambulates with one cane/crutch, no braces and no physical assistance, 10 meters.
20	Ambulates with no devices, no braces and no physical assistance, 10 meters.

Copy Freely – Do Not Alter

Copyright 2004-5. Thomas Jefferson University. All rights reserved

Anexo 6 – The Spinal Cord Independence Measure, Version III

CLALIT Rasch analysis of SCIM III
A Catz et al

Appendix: The Spinal Cord Independence Measure, Version III

Patient Name: S B _____ **ID**: _____
Examiner Name: Diana Gálvez

(Enter the score or each function in the adjacent square, below the date. The form may be used for up to 6 examinations).

SCIM – SPINAL CORD INDEPENDENCE MEASURE Version III, Sept 14, 2002

Self Care

1. Feeding (cutting, opening containers, pouring, bringing food to mouth, holding cup with fluid). Date:_____

Exam 1	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Ex. 6
1	2	2			

0. Needs parenteral, gastronomy, or fully assisted oral feeding
1. Needs partial assistance for eating and/or drinking, or for wearing adaptive devices.
2. Eats independently; needs adaptive devices or assistance only for cutting food and/or pouring and/or opening containers.
3. Eats and drinks independently; does not require assistance or adaptive devices.

2. Bathing (soaping washing, drying body and head, manipulating water tap). A – upper body; B – lower body.

A. 0. Requires total assistance | 0 | 2 | 2 | | | |
1. Requires partial assistance
2. Washes independently with adaptive devices or in a specific setting (e.g. bars, chair)
3. Washes independently; does not require adaptive devices or in a specific setting (not customary for healthy people) (adss)

B. 0. Requires total assistance | 0 | 2 | 2 | | | |
1. Requires partial assistance
2. Washes independently with adaptive devices or in a specific setting (e.g. bars, chair)
3. Washes independently; does not require adaptive devices or in a specific setting (not customary for healthy people) (adss)

3. Dressing (clothes, shoes, permanent orthoses: dressing, wearing, undressing). A – upper body; B – lower body.

A. 0. Requires total assistance | 0 | 3 | 4 | | | |
1. Requires partial assistance with clothes without buttons, zippers or laces (cwobzl)
2. Independent with cwobzl; requires adaptive devices and/or specific settings (adss)
3. Independent with cwobzl; does not require adss; needs assistance or adss only for bzl
4. Dresses (any cloth) independently; does not require adaptive devices or specific setting

B. 0. Requires total assistance | 0 | 3 | 4 | | | |
1. Requires partial assistance with clothes without buttons, zipps or laces (cwobzl)
2. Independent with cwobzl; requires adaptive devices and/or specific settings (adss)
3. Independent with cwobzl; does not require adss; needs assistance or adss only for bzl
4. Dresses (any cloth) independently; does not require adaptive devices or specific setting

4. Grooming (washing hands and face, brushing teeth, combing hair, shaving, applying makeup). | 0 | 2 | 2 | | | |

A. 0. Requires total assistance

LOEWENSTEIN HOSPITAL REHABILITATION CENTER
Affiliated with Sackler Faculty of Medicine, Tel-Aviv University Department IV, Medical Director: Dr Amiram Catz
Tel: 972-9-7709090 Fax: 972-9-7709986 Email: amiramc@clalit.org.il

CLALIT Rasch analysis of SCIM III
A Catz et al

1. Requires partial assistance
2. Grooms independently with adaptive devices
3. Washes independently without adaptive devices

SUBTOTAL (0-20)	1	14	16			

Respiration and Sphincter Management

Date:_____

	Exam 1	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Ex. 6
5. Respiration	8	10	10			

0. Requires tracheal tube (TT) and permanent or intermittent assisted ventilation (IAV).
2. Breathes independently with TT; requires oxygen, much assistance in coughing or TT management.
4. Breathes independently with TT; requires little assistance in coughing or TT management.
6. Breathes independently without TT; requires oxygen, much assistance in coughing, a mask (e.g. peep) or IAV (bipap).
8. Breathes independently without TT; requires little assistance or stimulation for coughing.
10. Breathes independently without assistance or device.

6. Sphincter Management – Bladder	6	9	11			

0. Indwelling catheter.
3. Residual urine volume (RUV) > 100cc; no regular catheterization or assisted intermittent catheterization.
6. Residual urine volume (RUV) < 100cc or intermittent self- catheterization; needs assistance for applying drainage instrument.
9. Intermittent self-catheterization; uses external drainage instrument; does not need assistance for applying.
11. Intermittent self-catheterization; continent between catheterizations; doe not use external drainage instrument.
13. RUV <100cc; needs only external urine drainage; no assistance is required for drainage
15. RUV <100cc; continent; does not use external drainage instrument.

7. Sphincter Management – Bowel	5	10	10			

0. Irregular timing or very low frequency (less than once in 3 days) of bowel movements.
5. Regular timing, but requires assistance (e.g., for applying suppository); rare accidents (less than twice a month).
8. Regular bowel movements, without assistance; rare accidents (less than twice a month)
10. Regular bowel movements, without assistance, no accidents.

8. Use of Toilet (perineal hygiene, adjustment of clothes before/after, use of napkins or diapers).	0	4	4			

0. Requires total assistance.
1. Requires partial assistance; does not clean self
2. Requires partial assistance; cleans self independently
4. Uses toilet independently in all tasks but needs adaptive devices or special setting (e.g. bars)
5. uses toilet independently; does not require adaptive devices or special setting.

SUBTOTAL (0-40)	19	33	35			

LOEWENSTEIN HOSPITAL REHABILITATION CENTER
Affiliated with Sackler Faculty of Medicine, Tel-Aviv University Department IV, Medical Director: Dr Amiram Catz
Tel: 972-9-7709090 Fax: 972-9-7709986 Email: amiramc@clalit.org.il

CLALIT

Rasch analysis of SCIM III

A Catz et al

Mobility Date:_____

Exam 1	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Ex. 6
0	6	6			

9. Mobility (room and toilet)

0. Needs assistance in all activities: turning upper body in bed, turning lower body in bed, sitting up in bed, doing push-ups in wheelchair, with or without adaptive devices, nut not with electronic aids.
2. Performs one of the activities without assistance.
4. Performs two or three of the activities without assistance.
6. Performs all the bed mobility and pressure release activities independently.

10. Transfers: bed – wheelchair (locking wheelchair, lifting footrests, removing and adjusting arm rests, transferring, lifting feet). 0 | 2 | 2 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs partial assistance and/or supervision, and/or adaptive devices (e.g. sliding board)
2. Independent (or does not require wheelchair)

11. Transfers: wheelchair- toilet-tub (if uses toilet wheelchair: transfers to and from; if uses regular wheelchair: locking wheelchair, lifting footrests, removing and adjusting armrests, transferring, lifting feet) 0 | 2 | 2 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs partial assistance and/or supervision, and/or adaptive devices (e.g. grab - bars)
2. Independent (or does not require wheelchair)

Mobility (indoors and outdoors, on even surface)

12. Mobility Indoors 1 | 3 | 6 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
2. Moves independently in manual wheelchair
3. Requires supervision while walking (with or without devices)
4. Walks with a walking frame or crutches (swing)
5. Walks with a crutches or two canes (reciprocal walking)
6. Walks with one cane
7. Needs leg orthosis only
8. Walks without walking aids

13. Mobility for Moderate Distances (10-100 mtrs) 1 | 3 | 5 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
2. Moves independently in manual wheelchair
3. Requires supervision while walking (with or without devices)
4. Walks with a walking frame or crutches (swing)
5. Walks with a crutches or two canes (reciprocal walking)
6. Walks with one cane
7. Needs leg orthosis only
8. Walks without walking aids

14. Mobility Outdoors (more than 100 meters) 1 | 2 | 5 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
2. Moves independently in manual wheelchair
3. Requires supervision while walking (with or without devices)
4. Walks with a walking frame or crutches (swing)
5. Walks with a crutches or two canes (reciprocal walking)
6. Walks with one cane
7. Needs leg orthosis only
8. Walks without walking aids

LOEWENSTEIN HOSPITAL REHABILITATION CENTER
Affiliated with Sackler Faculty of Medicine, Tel-Aviv University Department IV, Medical Director: Dr Amiram Catz
Tel: 972-9-7709090 Fax: 972-9-7709986 Email: amiramc@clalit.org.il

CLALIT

Rasch analysis of SCIM III
A Catz et al

15. Stair Management | 0 | 1 | 2 | | | |

0. Unable to ascend or descend stairs
1. Ascends and descends at least 3 steps with support or supervision of another person
2. Ascends and descends at least 3 steps with support of handrail and/or crutch or cane
3. Ascends and descends at least 3 steps without any support or supervision

16. Transfers: Wheelchair-car (approaching car, locking wheelchair, removing arm- and footrests, transferring to and from car, bringing wheelchair into and out of car) | 0 | 1 | 2 | | | |

0. Requires total assistance
1. Needs partial assistance and/or supervision and/or adaptive devices
2. Transfers independent; does not require adaptive devices (or does not require wheelchair)

17. Transfers: ground – wheelchair | 0 | 1 | 1 | | | |

0. Requires assistance
1. Transfers independent with or without adaptive devices (or does not require wheelchair)

SUBTOTAL (0-40) | 3 | 21 | 31 | | | |

TOTAL SCIM SCORE (0 – 100): | 23 | 68 | 82 | | | |

LOEWENSTEIN HOSPITAL REHABILITATION CENTER
Affiliated with Sackler Faculty of Medicine, Tel-Aviv University Department IV, Medical Director: Dr Amiram Catz
Tel: 972-9-7709090 Fax: 972-9-7709986 Email: amiramc@clalit.org.il

Anexo 7 – Modified Aswoth Scale

Grade	Description
0	No increase in muscle tone
1	Slight increase in muscle tone, manifested by a catch and release or by minimal resistance at the end of the range of motion when the affected part(s) is moved in flexion or extension
1+	Slight increase in muscle tone, manifested by a catch, followed by minimal resistance throughout the remainder (less than half) of the range of motion
2	More marked increase in muscle tone through most of the range of motion, but affected part(s) easily moved
3	Considerable increase in muscle tone, passive movement difficult
4	Affected part(s) rigid in flexion or extension
*E	Finite clonus

Anexo 8 – Verticalizador manual



Anexo 9 – Consentimiento informado

Modelo de Consentimiento Informado

Dans le respect des droits du patient, en tant qu'instrument favorisant l'usage correct des processus diagnostiques et thérapeutiques, et conformément à la loi générale sur la santé :

Moi, M. / Mme S B _____,
patient-e/volontaire, sain-e d'esprit,

J'EXPOSE de façon libre et volontaire : avoir été convenablement INFORMÉ-E par M. / Mme GARCOS Thiago, lors d'un entretien personnel réalisé le 09/11/18, de ma participation à un projet clinique pour l'étude de « _____ ».

JE DÉCLARE QUE : j'ai compris et que je suis satisfait-e de toutes les explications et les éclaircissements reçus sur le processus médical mentionné précédemment. ET QUE JE DONNE MON CONSENTEMENT pour la réalisation sur ma personne de cette étude intitulée « _____ »
par les chercheurs-euses de ce projet de recherche.

Conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 sur la protection des données (RGPD), le ou la participant-e et/ou ses parents ou tuteurs légaux sont informés que l'entité responsable du traitement de ses données sera FUNDACIÓN UNIVERSIDAD SAN JORGE.

L'ensemble des données à caractère personnel, y compris les données cliniques, seront traitées par l'équipe de recherche conformément aux lois en vigueur en la matière, en particulier au RGPD, uniquement à des fins statistiques, scientifiques et de recherche, dans le but de mener à bien le projet auquel vous acceptez de participer.

Les données récoltées pour l'étude seront identifiées par un code de façon à ce que les participant-es ne puissent pas être identifié-es et leur identité ne sera révélée d'aucune manière que ce soit, à l'exception des cas prévus par la loi. Toute publication des résultats de la recherche, statistiques ou scientifiques, reflètera uniquement des données dissociées qui ne permettront aucunement l'identification des personnes ayant participé à l'étude.

En tant que participant à ce projet, vous pouvez exercer vos droits d'accès, de rectification, d'opposition, à l'effacement, à la limitation et à la portabilité en contactant le délégué à la protection des données de l'université et en joignant à votre demande d'exercice de vos droits

une copie de votre pièce d'identité au siège social de l'USJ, sis Autovía A-23 Zaragoza- Huesca, Km. 299, 50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza), ou en écrivant à privacidad@usj.es. Dans l'éventualité où la réponse faite à votre demande ne serait pas satisfaisante, vous pouvez également vous diriger à l'agence espagnole de protection des données.

Le ou la participante pourra décider de se retirer à tout moment de cette étude par simple communication au chercheur principal ; toutefois il ou elle est informé-e que ses données ne pourront pas être éliminées, ceci afin de garantir la validité du processus de recherche ainsi que l'accomplissement des devoirs légaux du responsable.

Vous êtes également informé-e que les résultats du présent projet pourront être utilisés dans le futur dans d'autres travaux de recherche en lien avec le même domaine d'étude, et que vous avez le droit d'être informé des résultats de l'étude, si vous en faites la demande.

Et pour faire valoir ce que de droit, je signe le présent document

À Cambo-les-Bains, le 09 / 11 / 2018

Signature du patient et numéro de sa pièce d'identité	**Signature du chercheur et numéro de sa pièce d'identité**