

TESIS

presentada para acceder al título de grado de la carrera de

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“Rehabilitación de la marcha con Lokomat en pacientes con
lesión medular incompleta”**

Autores:

Arias, Brenda Sofía.

42923262

Puebla, Santiago Ariel.

43287165

Directora:

Lic. Puñet Jazmín Rocío

Fecha de Presentación:

Santa Fe, 04/05/2025

Firmas de Autores



GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- LM: lesión medular
- NLL: nivel de lesión neurológico
- VM: velocidad de la marcha
- GPC: generadores del patrón central
- LOK: Lokomat
- C: cervical
- T: torácico
- L: lumbar
- LEMS: escala de fuerza motora de las extremidades inferiores
- EMG: electromiografía
- LMI: lesión medular incompleta
- ROM: rango de movimiento
- PROM: rango de movimiento pasivo
- AROM: rango de movimiento activo
- SCIM III: Medida de Independencia de la Médula Espinal III
- PA: presión arterial
- FC: frecuencia cardíaca
- ACR: actitud cardiorrespiratoria
- VO2 máx: consumo máximo de oxígeno
- VO2 pico: consumo pico de oxígeno
- CVF: capacidad vital forzada
- VEF6: volumen espiratorio forzado en seis segundos
- VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo
- 6MWT: prueba de caminata de 6 minutos
- RCV: resistencia cardiovascular
- MIN: minutos
- M: metros
- RAGT: terapia asistida por robot
- BWS: soporte de peso corporal
- BBS: Escala de equilibrio de Berg
- TUG test: Timed Up and Go test
- 10MWT: test 10 Meter Walk Test
- ANOVA: Análisis de Varianza
- MID: Mínima diferencia importante
- GMM: método generalizado de momentos
- BWSTT: entrenamiento en cinta de correr con apoyo de peso corporal
- MVC: contracción muscular voluntaria máxima

- PF: flexores plantares
- DF: flexores dorsales
- ST: entrenamiento de fuerza
- TIZ: tizanidina
- TTL: entrenamiento locomotor en cinta rodante

RESUMEN

Introducción: Para rehabilitar la marcha en pacientes con lesión medular incompleta, el entrenamiento debe centrarse en tareas funcionales que optimicen capacidades como la fuerza y la velocidad de la marcha, bajo el proceso neuroplástico. En este contexto surge el Lokomat, una órtesis robótica de marcha sobre una cinta rodante con soporte de peso corporal que permite al terapeuta reducir su esfuerzo físico y realizar un entrenamiento específico y supervisado, involucrando una mayor repetibilidad de los patrones normales de marcha.

Objetivo: Identificar los efectos del Lokomat en los parámetros de fuerza y velocidad de la marcha en pacientes con LM incompleta.

Materiales y Métodos: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica que incluyó el análisis de 12 artículos cuya población de estudio eran pacientes con LMI que se rehabilitaron con LOKomat. El período de publicación de artículos fue del año 2014 al 2024 en bases de datos: PubMed, PubMed Central, Biblioteca Virtual en Salud, Pedro, Scielo y Medline.

Resultados: Los hallazgos evidenciaron mejoras de la fuerza muscular de miembros inferiores, evaluada mediante la escala LEMS, en sujetos que combinaron Lokomat y fisioterapia convencional únicamente. La fuerza isométrica de los flexo-extensores de cadera y rodilla medida con L-FORCE mejoró exclusivamente en sujetos agudos. Los resultados de la fuerza isométrica de los plantiflexores y dorsiflexores, medida mediante dispositivos experimentales o dinamómetros, variaron según el equipo utilizado. En cuanto a la velocidad de la marcha, evaluada con el 10MWT, las mejoras fueron más prevalentes en pacientes con mayor funcionamiento. Sin embargo, la evaluación de la velocidad medida mediante sistema de análisis de marcha no mostró incrementos significativos.

Conclusión: El uso del Lokomat en la rehabilitación de pacientes con LMI mostró mejoras en la fuerza muscular y velocidad de la marcha en ciertos grupos. Sin embargo, los resultados variaron según el dispositivo de medición utilizado.

Palabras claves: Lesión Medular Incompleta; Lokomat; Rehabilitación; Fuerza Muscular; Velocidad en la Marcha.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
II.a Objetivo general.....	3
II.b Objetivos específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
III. a. LESIÓN MEDULAR	4
III. a. 1. Definición de médula, función y estructura	4
III. a. 2. Definición de lesión medular.....	4
III. a. 3. Epidemiología.....	4
III. a. 4. Etiología	5
III. a. 5. Signos y Síntomas.....	5
III. a. 6. Escala ASIA.....	6
III. a. 7. Diagnóstico	7
III. b. ALTERACIONES	7
III. b. 1. Alteraciones en el sistema osteomuscular.....	7
III. b. 2. Alteraciones motrices y funcionales.....	8
III. b. 3. Alteraciones del sistema nervioso autónomo	9
III. c. COMPLICACIONES	10
III. d. TRATAMIENTO	10
III. e. NEUROPLASTICIDAD	11
III. e. 1. Definición y características de neuroplasticidad	11
III. e. 2. Neuroplasticidad y entrenamiento.....	12
III. e. 3. GCP y Marcha.....	13
III. f. NEUROREHABILITACIÓN.....	13
III. f.1. Modalidades	15
III. g. EQUILIBRIO.....	16
III. h. VELOCIDAD.....	17
III. i. FUERZA.....	18
III. i. 1. Definición y evaluación de fuerza muscular.....	18
III. i. 2. Rehabilitación de la fuerza en LMI	19
III. j. LOKOMAT	19
III. j. 1. Definición y características	19
III. j. 2. Descripción de los componentes.....	21
III. j. 3. Indicaciones	22
III. j. 4. Contraindicaciones.....	23
III. j. 5. Efectos secundarios	23
III. j. 6. Factores de riesgo	23
III. j. 7. Limitaciones	23
III. j. 8. Modelos	24
IV. JUSTIFICACIÓN	25
V. MÉTODOS	26
VI. RESULTADOS	31
VI. a. Tablas de resultados.....	31
VI. b. Análisis de resultados.....	50
VII. DISCUSIÓN	57

VIII. CONCLUSIÓN	66
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

I. INTRODUCCIÓN:

Según la OMS *“la lesión medular (LM) es un daño producido en la médula espinal por traumatismos tales como, caídas y accidentes de tránsito o por causas no traumáticas, ya sean tumores, enfermedades degenerativas y vasculares, infecciones, toxinas o defectos congénitos”* ⁽¹⁾.

El grado de deterioro depende de la gravedad de la lesión y de su localización en la médula espinal ⁽¹⁾.

Los signos y síntomas de la LM dependen del nivel de lesión y su magnitud es determinada en la escala ASIA, la cual incluye: la evaluación del nivel de lesión neurológico (NLL), refiriéndose al segmento más caudal de la médula espinal con una función sensitiva y motora normal en ambos lados del cuerpo. Dicha escala clasifica la LM en completa (ASIA A) e incompleta (ASIA B,C y D) ^(2,3).

Los síntomas de tetraplejía están presentes si la lesión está por encima de la vértebra D1, o de paraplejía si se sitúa por debajo de dicho nivel ⁽²⁾.

Las principales afectaciones que se pueden encontrar tras la LM son: hipotonía o debilidad muscular, alteraciones sensitivas, cardiovasculares y en el sistema nervioso autónomo, dolor neuropático y atrofia muscular por desuso que desencadena complicaciones secundarias, tales como la fatiga, artrosis, anquilosis u osificaciones ectópicas ⁽²⁾.

Al hablar de la marcha en un paciente con LM se pueden considerar dos variables de gran importancia. En primer lugar, la velocidad de la marcha (VM), ya que las deficiencias del aparato locomotor conllevan a un aumento del gasto energético durante la marcha y reduce su autonomía. En segundo lugar, según los resultados de estudios, la fuerza muscular de las extremidades inferiores está significativamente asociada con el rendimiento funcional de la marcha ^(4,5).

La respuesta aguda al ejercicio y la capacidad para seguir un programa de acondicionamiento físico están directamente relacionadas con el nivel y el grado de LM ⁽²⁾.

Si la lesión es completa, el programa de entrenamiento debe incorporar actividades que fomenten la compensación de las funciones definitivamente perdidas del paciente; en el caso de las lesiones incompletas, el programa debe incorporar tareas funcionales, con el objetivo buscar la mejora en la capacidad funcional en el contexto del proceso neuroplástico ⁽²⁾.

La importancia de la neuroplasticidad que justifica la prioridad del entrenamiento locomotor después de la LM, es explicada por la existencia de los generadores del patrón central (GPC) en la médula. Ellos, son los responsables de la activación de los patrones de flexo-extensión automática en los patrones rítmicos, por

lo tanto, un GPC es el encargado de activar la musculatura flexora y otro la extensora. Al inhibirse entre sí, el movimiento que se produce en un hemicuerpo contribuye al que se genera en el otro, de esta forma, la extensión de cadera del miembro que se encuentra en la fase de apoyo medio, contribuye a la flexión de la cadera contralateral para iniciar el avance del miembro ⁽²⁾.

Los GPC ponen las bases de estrategias de tratamiento, como el empleo de la cinta rodante unida a un sistema de suspensión del peso corporal. En este contexto, comienzan a aparecer dispositivos robóticos ⁽²⁾.

El Lokomat (LOK) es un dispositivo robótico estacionario equipado con un sistema eléctrico y ortesis de marcha controlada por un ordenador. Este equipamiento, en combinación con un soporte de peso corporal (BWS), ayuda en el entrenamiento de la marcha en una cinta rodante. Dentro de sus principales utilidades terapéuticas, el robot proporciona una alta intensidad según las necesidades del paciente, con parámetros personalizados dentro de un entorno motivacional y de retroalimentación constante. El movimiento fisiológico de las extremidades inferiores está garantizado por la interfaz del paciente ajustable individualmente. Además, los ángulos de la articulación de la cadera y la rodilla pueden ajustarse durante el entrenamiento según las necesidades específicas ⁽⁶⁾.

Por otra parte, este dispositivo elimina la necesidad de que el terapeuta brinde asistencia manual al paciente durante la marcha, lo cual limita tanto la duración como la intensidad del entrenamiento debido al esfuerzo físico involucrado. Por lo tanto, esta tecnología permite la realización de un entrenamiento más específico y supervisado, proporcionando una retroalimentación detallada en tiempo real y optimizando el proceso de rehabilitación ⁽⁶⁾.

En relación a lo expuesto anteriormente se plantea el siguiente interrogante: En pacientes con lesión medular incompleta ¿Cuáles son los efectos de la rehabilitación con Lokomat en los parámetros de fuerza y velocidad de la marcha?

II. OBJETIVOS

II. a Objetivo general

- Identificar los efectos del Lokomat en los parámetros de fuerza y velocidad de la marcha en pacientes con LM incompleta.

II. b Objetivos específicos

- Identificar los parámetros de seteo y dosificación en cuanto a frecuencia, intensidad y duración del tratamiento con el dispositivo Lokomat en pacientes con LM incompleta.
- Revisar en la literatura los motivos de interrupción del uso del dispositivo.
- Revisar en la literatura en qué etapa de la rehabilitación se da el máximo beneficio del uso del Lokomat en pacientes con LM incompleta.
- Revisar en los artículos cuales son los efectos en la función cardiopulmonar, rango de movimiento, equilibrio e independencia funcional posteriores a la rehabilitación con Lokomat en pacientes con LM incompleta.

III. MARCO TEÓRICO

III. a. LESIÓN MEDULAR

III. a. 1. Definición de médula, función y estructura

La médula espinal es una estructura cilíndrica y alargada de tejido nervioso que se aloja en el canal vertebral, formado por las vértebras. Dicha estructura se extiende desde el foramen magno hasta el nivel de la primera o segunda vértebra lumbar ^(7,8).

La función de la médula es transmitir impulsos nerviosos entre el cerebro y las distintas partes del cuerpo a través de los nervios, que en conjunto forman los tractos nerviosos. Éstos, pueden ser tractos motores para el control del movimiento o tractos sensoriales que se relacionan con el calor, frío, presión, dolor y la posición de las distintas partes del cuerpo. Además, la médula es el centro de los reflejos espinales ⁽⁷⁻⁹⁾.

La médula espinal se divide en los segmentos cervical (C), torácico (T), lumbar (L), sacro y coccígeo. De cada segmento se desprenden varios pares de nervios espinales que emergen del conducto vertebral a través de los forámenes intervertebrales. En la región cervical se desprenden 8 pares de nervios espinales, del segmento torácico 12 pares, 5 de la zona lumbar, 5 del sector sacro y 1 de la región coccígea, formando un total de 31 pares de nervios espinales ⁽⁷⁾.

III. a. 2. Definición de lesión medular

La LM es una entidad neurológica dado por el daño de la estructura de la médula espinal dentro del canal vertebral, causante de alteraciones de la función motora, sensitiva o autónoma, con diversas consecuencias psicosociales para el paciente y su entorno, siendo así generadora de importantes procesos de discapacidad ^(10,11).

III. a. 3. Epidemiología

Las estimaciones mundiales indican que 15,4 millones de personas aproximadamente tuvieron una lesión en la médula espinal en el año 2021. En cuanto a la prevalencia de la LM según el género, se determinó que esta lesión es más frecuente en los hombres que en las mujeres y la esperanza de vida está relacionada con el deterioro neurológico y con enfermedades secundarias prevenibles ⁽¹⁾.

Se estima que la incidencia de LM traumáticas en regiones de América Latina varía, con tasas de 19 a 25 casos por millón de habitantes al año, dependiendo de la subregión ⁽¹²⁾.

III. a. 4. Etiología

La etiología de la LM puede ser congénita o adquirida. En el caso de las adquiridas, pueden ser de carácter traumático o no traumático. Dentro de las traumáticas se encuentran los accidentes de tráfico, deportivos/recreativos, laborales, caídas o actos de violencia. Por otro lado, en las no traumáticas están presentes las enfermedades, las infecciones, las intoxicaciones y los trastornos genéticos y metabólicos⁽¹³⁾.

III. a. 5. Signos y Síntomas

El daño a la médula espinal produce un deterioro neurológico que afecta la función motora, sensorial y autónoma. La gravedad de la misma depende de la extensión de la lesión (si es completa o incompleta), el nivel segmentario de la lesión (segmento C, T o L) y el daño a tractos específicos que transmiten información ascendente o descendente, ya sea el tracto corticoespinal, columna dorsal o tracto espinotalámico lateral⁽¹⁴⁾.

En el caso de los sistemas sensoriomotores, se producen cambios en la función neuronal por debajo del nivel de la lesión, manifestándose en la pérdida de potenciales de acción por debajo y lejos del nivel de la lesión. Además, se produce un agotamiento de la actividad electromiográfica, lo cual conlleva a una alteración en la capacidad para controlar el movimiento debido a la pérdida de capacidad para activar los músculos apropiados y sus unidades motoras^(15,16).

Como se mencionó previamente, las lesiones motoras y sensoriales están relacionadas con un cierto nivel segmentario, es decir, miotomas y dermatomas respectivamente. Las manifestaciones clínicas más prevalentes son hipotonía o debilidad muscular, la pérdida o alteración de la sensibilidad y las actividades de reflejos exagerados o espasmos. Si la lesión solo afecta un lado de la médula espinal, la pérdida de sensibilidad se manifestará de forma homolateral por debajo del nivel NLL⁽¹⁴⁾.

Una característica distintiva y fundamental de la LM es la variabilidad de la presentación clínica según la etapa de la enfermedad. En una primera instancia, el paciente atraviesa un período de shock medular, el cual se define como un estado fisiológico transitorio, en el que desaparece la función refleja de la médula por debajo de la lesión, resultando en la pérdida asociada de las funciones sensitivomotoras, incluyendo la pérdida del tono rectal. Durante este estado, aparece una parálisis flácida que incluye la hiporreflexia vesical e intestinal. Además, coexiste un proceso

inflamatorio y microhematomas que pueden requerir hasta 6 meses para resolverse (13,17).

En una segunda instancia, el paciente presenta síntomas de espasticidad, que se define como un síndrome neurológico complejo que se caracteriza por una hipertonía dependiente de la velocidad tras una lesión del sistema nervioso central y forma parte de un espectro de signos y síntomas que incluyen espasmos y clonus (18).

III. a. 6. Escala ASIA

En la evaluación neurológica, la función motora se determina mediante el uso de la escala de fuerza motora de las extremidades inferiores (LEMS) en la que se evalúan 10 miotomas, desde C5 hasta T1 y a partir de L2 hasta S1, que se califican en una escala de 6 puntos. Mientras que la función sensitiva se evalúa en los 28 dermatomas desde C2 hasta S5 mediante la sensibilidad al pinchazo y la sensibilidad ligera en una escala de 3 puntos. Ambos se realizan en los dos hemisferios. Además, mediante el tacto rectal se comprueba la función motora o la sensación de dicha zona, pudiendo significar una preservación de la “función” sacra; con lo cual, la lesión sería incompleta (13,19).

- Nivel A=Completa: descrita como la ausencia de sensibilidad y motricidad en segmentos sacros (3).

- Nivel B=Sensitiva incompleta: conserva la función sensitiva en los segmentos sacros distales, y no conserva función motora en más de tres niveles por debajo del NLL (3).

- Nivel C=Motora incompleta: conserva la función motora en los segmentos sacros más caudales durante la contracción anal voluntaria, o cumple con los criterios del nivel B con preservación de función motora en más de tres segmentos por debajo del NLL, entre ellos, menos de la mitad tienen una clasificación de mayor o igual a 3 (3).

-Nivel D=Motora incompleta: se describe de igual forma que el nivel C, la diferencia radica en que más de la mitad de los músculos por debajo del NLL tienen una clasificación de mayor o igual a 3 (3).

- Nivel E= Normal: la función sensitiva y motora se clasifican como normales en todos los segmentos en pacientes con déficits previos (3).

Estas lesiones pueden manifestarse de diferentes maneras, lo que se traduce en una variedad de presentaciones clínicas que dependen de la zona y gravedad de la lesión (20).

III. a. 7. Diagnóstico:

El diagnóstico de LM se determina a través de una anamnesis y evaluación del paciente, sumado a estudios complementarios como radiografía, tomografía computarizada y resonancia magnética. Las imágenes radiográficas sirven para revelar daños en las vértebras como tumores, fracturas o cambios en la columna vertebral. La tomografía computarizada se utiliza para observar cambios en el hueso, los discos, etc. Por último, la resonancia magnética es eficaz para examinar hernias de disco, coágulos de sangre y otros tumores que pueden comprimir la médula espinal. Otros exámenes que ayudan al diagnóstico de la LM son la electromiografía (EMG), las pruebas de conducción nerviosa, prueba de función pulmonar, prueba de función vesical y la prueba de deglución ^(13,21,22).

III. b. ALTERACIONES

En el contexto de la LM, resulta imperativo conocer las consecuencias físicas generadas en los distintos sistemas y regiones del cuerpo ⁽⁹⁾.

III. b. 1. Alteraciones en el sistema osteomuscular

La pérdida de la función motora y sensitiva resulta directamente en el deterioro y atrofia muscular, así como en una baja densidad mineral ósea ⁽²³⁾.

La atrofia muscular se basa en la disminución del área transversal muscular causado por la pérdida de fibras musculares y por la reducción del tamaño de las fibras restantes, producto del desuso y denervación. Además, sufren una disfunción mitocondrial y una transformación de fibras musculares lentas a rápidas, que desencadena un aumento de la fatiga del tejido muscular. En este contexto, en estado de reposo se produce una reducción tanto en la tasa metabólica basal como en el gasto energético ⁽²⁴⁾.

Si la lesión es en las neuronas motoras de la médula espinal o en los nervios motores se lo conoce como atrofia por denervación. En cambio, si hay una pérdida de la activación muscular por interrupción del impulso sináptico central y segmentario de las neuronas motoras espinales que sobreviven, se produce una atrofia por desuso ⁽²⁵⁾.

Los cambios que se generan luego de una LM en el sistema osteomuscular son rápidos, produciendo una pérdida de aproximadamente el 30% al 50% de masa ósea en la zona de la cadera y la rodilla en el primer año posterior a la lesión. La disminución de la densidad ósea aumenta el riesgo de osteoporosis y fracturas debajo

del nivel de lesión. Alrededor de una de cada cuatro personas con esta enfermedad tienen osteoporosis y cerca del 7% sufre por lo menos una fractura por año ^(9,24).

Las personas que padecen LM experimentan alteraciones significativas en la composición corporal. Éstas, se caracterizan por modificaciones en el tejido magro (tales como la atrofia muscular rápida en las primeras 6 semanas post lesionales y pérdida de densidad ósea) y cambios en el tejido graso (incluyendo aumento de la grasa intramuscular y del tejido adiposo visceral), lo que conlleva a un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiometabólicas. Las alteraciones en el tamaño muscular y en la grasa intramuscular pueden perdurar durante años después de la LM ⁽²⁴⁾.

III. b. 2. Alteraciones motrices y funcionales

La disfunción locomotora es el síntoma más reconocible de LM y está acompañada de una serie de consecuencias médicas que se desarrollan en esta población. Esta alteración se produce ya que se dañan las células nerviosas y sus conexiones, impidiendo el flujo de las señales del cerebro hacia los músculos, o debido a la espasticidad inherente del músculo. Asimismo, la afectación de las señales de la sensibilidad provocan una disminución en la capacidad para soportar el peso y una notoria falta de equilibrio ⁽²⁶⁻²⁸⁾.

La marcha de los pacientes con LM incompleta (LMI) presenta patrones de movimiento irregulares en las extremidades inferiores, con espasmos, variaciones en cada paso, y diversas deficiencias sensoriales y motoras de forma bilateral. Dichas alteraciones pueden manifestarse de forma simétrica o asimétrica, dependiendo del lugar y la severidad de la lesión, afectando la estabilidad y eficiencia de la marcha. Un ejemplo de estas alteraciones es el rango de movimiento pasivo (PROM) y el rango de movimiento activo (AROM) que pueden ser medidos de forma manual, mediante un goniómetro y dispositivos experimentales, entre otros ⁽²⁹⁻³²⁾.

En consonancia con la sarcopenia, la disminución de la masa muscular y la capacidad de transmisión de impulsos nerviosos, producen una notable reducción en la funcionalidad del individuo. Esta pérdida de independencia funcional se manifiesta en la dificultad para llevar a cabo actividades cotidianas como subir escaleras, levantarse de una silla, recuperar la postura después de alteraciones en el equilibrio e incluso la VM normal. Dicha capacidad, puede ser evaluada mediante la Medida de Independencia de la Médula Espinal III (SCIM III), que consta de tres subescalas: autocuidado (con un rango de puntuación de 0 a 20) que incluye seis tareas; respiración y manejo de esfínteres (con un rango de puntuación de 0 a 40) que incluye

cuatro tareas; y movilidad con dos subescalas: en habitación y baño, y en interior y exterior (con un rango de puntuación de 0 a 40) que incluye nueve tareas; la puntuación total oscila entre 0 y 100 ^(33,34).

Por otra parte, estos pacientes caminan con una demanda mayor de atención comparado a sujetos sanos, particularmente cuando utilizan dispositivos de asistencia para la marcha. Asimismo, necesitan más información visual para realizar tareas locomotoras precisas, debido a su propiocepción afectada. Gran parte de estos factores, así como la reducción en la fuerza muscular de piernas y tronco, la pérdida de equilibrio y riesgos externos en el ambiente, posiblemente incrementen el riesgo de caídas en esta población (aproximadamente un 75%). Además, la disminución de la movilidad y la espasticidad después de una LM conducen a contracturas articulares progresivas ^(23,35).

III. b. 3. Alteraciones del sistema nervioso autónomo

En lo que respecta al control de las funciones autonómicas, tales como la sudoración, la presión arterial (PA), la frecuencia cardíaca (FC), la digestión y la respuesta sexual, la evidencia demuestra que la gravedad de la disfunción autonómica depende del nivel y la completitud de la LM ^(36,37).

En cuanto a las disfunciones cardiovasculares, son particularmente prominentes en lesiones ubicadas en el sexto nivel torácico o por encima de él, entre ellas, bradicardia, hipotensión ortostática y disreflexia autonómica debido a la interrupción de las vías simpáticas. Por lo tanto, tras una LM en la región cervical o torácica alta, el control parasimpático permanece intacto mientras que el sistema simpático espinal pierde el control autonómico supraespinal. En dichos pacientes, también es notable la pérdida de la regulación de la temperatura corporal ^(14,24,37,38).

La regulación adecuada de la PA, la FC, la contractilidad cardíaca, el retorno venoso y la respuesta refleja son componentes cruciales del control CV necesario para el rendimiento físico y con frecuencia están ausentes o significativamente deteriorados entre los individuos con LM ^(24,37).

La población con LM suele tener disminuidos los niveles de actividad física diaria y una actitud cardiorrespiratoria (ACR) baja. La ACR es un indicador de la eficiencia del cuerpo para transportar oxígeno desde el aire que se respira hasta las células para realizar actividad física. La ACR mide la capacidad funcional y puede expresarse como el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx) o consumo pico de

oxígeno (VO₂ pico). Ambos índices son medidos mediante ergometría, ergoespirometría o en cicloergómetro (de miembros superiores o inferiores) durante el ejercicio. Por otra parte, mediante una en espirometría se cuantifican valores de función pulmonar, tales como la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en seis segundos (VEF₆), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁) y la relación entre estos parámetros ⁽³⁹⁻⁴²⁾.

En relación al control del sistema respiratorio, los pacientes con LM a nivel cervical alto pueden experimentar disfunciones debido al compromiso del nervio frénico (C3-C4) encargado de la inervación del diafragma y de la modulación de los volúmenes respiratorios a nivel de la caja torácica. Los nervios que inervan los músculos inspiratorios y espiratorios también se verán afectados si la lesión compromete la médula espinal cervical superior, lo que puede dar lugar a dificultad para respirar y toser, incrementando el riesgo de neumonía u otras afecciones ^(9,38).

La prueba de caminata de 6 minutos (6MWT) se utiliza para estimar las respuestas globales e integradas de los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular, ya que estudios han demostrado una correlación con parámetros, tales como el consumo de oxígeno y el índice de trabajo cardíaco, lo que refuerza su utilidad en la evaluación de la resistencia cardiovascular (RCV). El procedimiento consiste en solicitar al paciente que camine la mayor distancia a lo largo de un pasillo sin obstáculos durante 6 minutos (min) y la medida de resultado es en metros (m) ⁽⁴³⁻⁴⁵⁾.

III. c. COMPLICACIONES

Los hábitos y comportamientos, como la nutrición inadecuada y la reducción de actividades que impliquen movimiento y carga de peso, producen un aumento en el riesgo de desarrollar osteoporosis, fracturas y úlceras por presión. Esto se debe a que la inmovilidad y la denervación muscular de las extremidades impactadas reducen la carga en el tejido óseo y aumenta la presión sostenida sobre ciertas áreas del cuerpo, como las nalgas y los muslos. Además, los pacientes con LM, al tener afectadas las vías sensitivas por debajo del nivel de lesión, no sienten el dolor que normalmente indicaría una presión excesiva y prolongada en una zona y carecen de movilidad para cambiar de posición y aliviar dicha presión ^(24,46).

III. d. TRATAMIENTO

En cuanto al tratamiento de la LM, frecuentemente requiere que se trate de forma inmediata, dado que el intervalo entre el suceso desencadenante de la LM y la aplicación del tratamiento puede interferir en el desenlace clínico, con el objetivo de

disminuir la discapacidad de larga duración. El abordaje terapéutico se basa en inmovilización, cirugía para estabilizar columna en caso necesario y rehabilitación asociada a fármacos ^(1,22,47).

El tratamiento quirúrgico para pacientes con LM se centra principalmente en la descompresión y estabilización de la médula espinal. La descompresión quirúrgica temprana es una estrategia clave que puede mejorar los resultados neurológicos y funcionales en pacientes con lesión medular aguda. La evidencia sugiere que la intervención quirúrgica dentro de las primeras 24 horas después de la lesión está asociada con un mejor pronóstico ^(47,48).

En cuanto al tratamiento farmacológico, es posible que estos pacientes necesiten medicamentos para eludir infecciones o anticoagulantes para evitar la formación de trombos en las piernas. También se pueden utilizar analgésicos, relajantes musculares, o corticosteroides que en ciertas ocasiones se utiliza en las primeras horas después de la LM para reducir la inflamación que puede afectar a la médula espinal ^(1,22,47).

En cuanto a la espasticidad, el baclofeno es el agente farmacológico con más evidencia de efectividad, aunque también posee un papel neuroprotector ⁽⁴⁹⁾.

Respecto a la rehabilitación, probablemente estos pacientes necesiten fisioterapia, terapia ocupacional y otros programas de rehabilitación luego de la lesión, ya que ayudará a hacer frente a la discapacidad. Se están explorando tecnologías emergentes como la estimulación eléctrica epidural, interfaces cerebro-espina y exoesqueletos, que podrían ofrecer nuevas oportunidades para la recuperación funcional en pacientes con LM ^(22,50).

III. e. NEUROPLASTICIDAD

III. e. 1. Definición y características de neuroplasticidad

La plasticidad neuronal puede ser definida como cualquier alteración en la estructura o función neuronal. La plasticidad esencialmente involucra diversos cambios morfológicos y fisiológicos en los circuitos neuronales intactos, que no entrañan necesariamente un cambio positivo o ventajoso para la función del individuo, ya que la neuroplasticidad también pueden estar involucrada en modificaciones que resultan desadaptativas o incluso patológicas ^(15,51,52).

Un aspecto crucial de la neuroplasticidad es que puede ser guiada, favorecida o estimulada a través de conductas específicas o la estimulación sensorial, ya sea mediante la repetición de ciertos patrones de movimiento, o la estimulación sensitiva. La misma, se considera la base de las diversas técnicas de neurorrehabilitación. Por lo tanto, resulta esencial realizar una evaluación integral de las áreas funcionales afectadas por la lesión, así como de aquellas que permanecen conservadas ⁽⁵²⁾.

La neuroplasticidad después de una LM se manifiesta en varios niveles anatómicos y fisiológicos del SNC, incluyendo la médula espinal, el tronco encefálico y la corteza. Este fenómeno abarca cambios en las formaciones sinápticas y la fuerza sináptica, así como la formación de axones y cambios en las propiedades intracelulares ^(15,53).

Por otra parte, puede presentarse una recuperación espontánea de las funciones sensoriomotoras en los primeros meses posteriores a una LM debido a la resolución en el caso de neuropraxia y la remielinización de los axones intactos ⁽¹⁵⁾.

III. e. 2. Neuroplasticidad y entrenamiento

Respecto al momento oportuno para iniciar una terapia de entrenamiento locomotor, se plantea la existencia de una ventana terapéutica aún no definida, aunque hay evidencia de que un inicio temprano del entrenamiento podría ser favorable. No obstante, en la etapa aguda de la LM, el shock espinal impide implementar un programa de entrenamiento locomotor ⁽¹⁵⁾.

La evidencia propone que la plasticidad neuronal desempeña un papel importante en la recuperación de la locomoción, ya que el ejercicio repetitivo puede inducir muchos de los cambios neuroquímicos y celulares que son la base de las estrategias de reparación neuronal ⁽⁵³⁾.

La recuperación de los movimientos coordinados de las piernas frecuentemente se ve comprometida en personas con lesión medular incompleta. Los mecanismos endógenos de plasticidad contribuyen al retorno parcial de los movimientos de las extremidades, pero a menudo resultan en una coactividad muscular anormal (p. ej., espasmos) durante la marcha ⁽⁵⁴⁾.

La información sensorial periférica representa un componente integral del sistema de control neuromotor, permitiendo que la médula espinal interactúe de manera efectiva con su entorno físico, por lo tanto, puede convertirse en una entrada

dominante para remodelar la actividad locomotora o de alcance. Ésta, puede abarcar detalles cinemáticos y biomecánicos, como el grado de extensión de la cadera, el nivel de carga, el tiempo de los movimientos entre las extremidades, los cambios en el peso durante el ciclo de marcha y su VM. Esta última variable, relacionada con caminar a velocidades normales con cinemática adecuada, puede ser ejecutada mediante el entrenamiento en cinta rodante con soporte parcial del peso corporal ^(53,55).

Dichos estímulos, proporcionados de manera repetitiva, pueden activar cualquier organización conservada de circuitos primitivos y GPC de la médula, así como las vías motoras corticales y subcorticales del cerebro que no hayan sido afectadas ⁽⁵³⁾.

III. e. 3. GCP y Marcha

Los GPC se encuentran ubicados en la médula espinal toracolumbar y son responsables de producir la actividad fundamental de las neuronas motoras alternantes esenciales para la locomoción ⁽⁵⁶⁾.

La actividad intrínseca del GPC junto con la entrada sensorial al circuito espinal, permite un ajuste rápido de parámetros, tales como la velocidad de los pasos, el nivel de carga impuesta durante el paso y una amplia gama de anomalías sensoriales impredecibles. Las neuronas del GPC parecen anticipar la próxima secuencia de activación neuronal basándose en los grupos neuronales que se activaron para una tarea específica, tal como caminar. Poseen habilidad para recibir, interpretar y predecir las secuencias apropiadas de acciones en cualquier fase del ciclo de la marcha ^(55,57).

Los mecanismos subyacentes de la plasticidad inducida por el entrenamiento, que resultan en una mejor recuperación de la locomoción, incluyen la adaptación de los sistemas de neurotransmisores dentro de la médula espinal, la regulación positiva del factor neurotrófico derivado del cerebro y la mejora de la generación colateral (crecimiento de axones intactos en un territorio desnervado vecino), entre otros ^(15,58).

III. f. NEUROREHABILITACIÓN

El objetivo de la rehabilitación motora neurológica se basa en restablecer las habilidades motoras. La experiencia conductual puede influir en la reorganización del cerebro, generando el crecimiento o retroceso de las dendritas, cambios en la sinapsis, modificaciones en la vasculatura y la glía, y en algunos casos, la generación o pérdida de neuronas ⁽⁵⁹⁾.

Existen diversas estrategias neuronales que facilitan la recuperación y/o la compensación neuronal aprovechando su capacidad para reorganizarse y adaptarse. Éstas, incorporan la restauración, el reclutamiento y el reentrenamiento ⁽⁵¹⁾.

La capacidad para restablecer una tarea motora perdida o alterada luego de la lesión se la conoce como recuperación motora. La compensación motora es el uso de movimientos o secuencias de movimiento nuevas para una tarea de una manera distinta a la empleada antes de la lesión ⁽⁵¹⁾.

Luego de una lesión en la médula espinal, las 3 R se incluyen en los mecanismos de desarrollo y de aprendizaje y podrían ser capaz de promover la reorganización funcional: reemplazar células, neurotrofinas y mensajeros químicos; regenerar dendritas, axones y conexiones; reentrenar circuitos, redes y comportamiento ⁽⁵³⁾.

La práctica de movimientos repetitivos orientados a tareas pueden incrementar la fuerza muscular y mejorar la coordinación de los movimientos en pacientes con trastornos neurológicos que padecen de afectación en el control motor, la debilidad y espasticidad ⁽⁵⁹⁾.

La incorporación de múltiples estímulos en una tarea específica ha demostrado mejorar los resultados al favorecer la plasticidad cerebral y medular ⁽⁶⁰⁾.

En las últimas décadas, los profesionales de la rehabilitación han adoptado una tendencia centrada en la práctica de movimientos funcionales para ayudar a los pacientes a recuperar la marcha, mediante la implementación de aparatos ortopédicos, ejercicios de caminata en el suelo con apoyo manual, entrenamiento orientado a tareas y en cinta rodante robótica, entre otros ⁽⁵⁹⁾.

En el siglo pasado se desarrollaron distintas técnicas de rehabilitación en relación con diversos paradigmas o enfoques teóricos. Entre ellos se encuentran: el enfoque ortopédico y de compensación, enfoque neurofisiológico o de facilitación y el enfoque de entrenamiento funcional orientado a tareas. Este último se basa en el concepto de plasticidad cerebral ⁽⁶¹⁾.

Los pioneros de esta modalidad, Carr y Shepherd, se enfocaron en el desarrollo de la fuerza y la adquisición de habilidades en acciones importantes de la vida diaria.

El fisioterapeuta asume el protagonismo como entrenador, promoviendo el movimiento activo por parte del paciente y organizando el entrenamiento más allá de las sesiones, en las que se alienta la práctica autónoma. Según este enfoque, entrenar la tarea puede normalizar el tono y generar un mejor patrón de movimiento ⁽⁶¹⁾.

Dentro de las técnicas basadas en el entrenamiento orientado a tareas, se describe la marcha sobre cinta rodante con BWS. En una sesión de 30 min de marcha con BWS se pueden entrenar por encima de 1000 ciclos de marcha, en cambio en una sesión de fisioterapia convencional la media es menor a 50 ciclos de marcha. Dicho entrenamiento se ejecuta por medio de un sistema de suspensión central y un arnés que ofrece el apoyo parcial al peso del paciente durante la marcha en cinta rodante. El sistema de suspensión compensa la falta de equilibrio, disminuye el peso de los miembros inferiores y posibilita el entrenamiento de una marcha rítmica y constante ⁽⁶¹⁾.

III. f.1. Modalidades

En este contexto, se presentan diversas modalidades terapéuticas para abordar distintos sistemas corporales, incluyendo el cardiovascular, respiratorio y músculo esquelético, entre otros. Dentro de éstas se destacan, por ejemplo, la electroterapia, la terapia orientada a la marcha y el entrenamiento cardiorrespiratorio. El entrenamiento frecuente es fundamental en pacientes con LM para mantener o mejorar la capacidad física, la calidad de vida y minimizar el riesgo de sobrepeso, hipertensión, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Una revisión sistemática de la OMS concluye que todos los adultos con una discapacidad deben realizar ejercicio físico de manera habitual ^(24,62).

Convencionalmente, la intensidad para prescripción del ejercicio se determina mediante un rango porcentual de frecuencia cardíaca máxima (% FCmax) o consumo de oxígeno (VO₂max). La utilización de rangos de frecuencia cardíaca para determinar la intensidad del ejercicio en personas con LM es inapropiada, ya que muchos lesionados (aquellos con lesiones por encima de T6) presentan una respuesta cardiovascular anormal al ejercicio y no existen pautas claras para alcanzar intensidades moderadas o vigorosas. Utilizar la escala de calificación del esfuerzo percibido para prescribir ejercicio es un área de enfoque actual posible ⁽²⁴⁾.

Equipos adaptados para gimnasios, como ergómetros de brazo y escaladores reclinados híbridos (brazo-pierna), sumado a equipos de rehabilitación, como entrenamiento en cinta de correr con BWS, exoesqueletos robóticos y estimulación eléctrica funcional son opciones para el ejercicio aeróbico ⁽²⁴⁾.

Los pasos repetitivos e intensivos se pueden entrenar tanto en ejercicios de marcha sobre el suelo como en cinta de correr. Para lograr esto, se utiliza un sistema de soporte de peso parcial proporcionado mediante arneses suspendidos con contrapesos convencionales o dispositivos de descarga de alta tecnología. Se han desarrollado dispositivos robóticos innovadores, incluyendo órtesis exoesqueléticas robotizadas para reeducar la marcha, como el Lokomat ⁽³⁵⁾.

III. g. EQUILIBRIO

El equilibrio es la capacidad para mantener el centro de masa dentro de los límites de la base de sustentación y durante la marcha, los mismos van cambiando. ⁽⁶³⁾.

Durante la bipedestación existen dos tipos de equilibrio, el estático y el dinámico. El equilibrio estático se refiere a la capacidad de mantener una posición estable sin realizar movimientos adicionales; en cambio el equilibrio dinámico implica la capacidad de adaptarse a perturbaciones internas o externas durante la bipedestación, como inclinarse o estirarse. Los pacientes con LMI el equilibrio estático y dinámico se ven afectados por las aferencias somatosensoriales deterioradas, disminución en el control motor voluntario que genera un balanceo superior en bipedestación, menor precisión para cambiar el peso corporal y respuestas tardías a estímulos externos ⁽⁶⁴⁾.

Los pacientes que sufren de LM que pueden realizar la marcha tienen riesgo de caídas. Es por esto que se utiliza como herramienta la Escala de equilibrio de Berg (BBS) para evaluar la capacidad de equilibrio durante las actividades funcionales. La escala consiste en 14 tareas que evalúan la estabilidad postural, englobando el equilibrio estático y dinámico. A cada tarea se le pone un puntaje entre 0 (incapaz de realizar la tarea) y 4 (mejor desempeño), siendo la puntuación total entre 0 a 56. Si el resultado total es entre 0 y 20 hay un alto riesgo de caída, si es entre 21 y 40 el riesgo es moderado y si es entre 41 y 56 el peligro de caída es leve. Además, la evaluación del equilibrio y el riesgo de caída puede realizarse a través de cuantificaciones cinemáticas indirectas, tales como la variabilidad de ángulos articulares y duración del ciclo de marcha ^(63,65,66)

Por otra parte, mediante el Timed Up and Go test (TUG test) se puede evaluar el equilibrio y otras variables, tales como la movilidad y el riesgo de caída. Consiste en indicarle al paciente que sin usar los brazos se incorpore de la silla y camine hacia un cono ubicado a tres M, para luego regresar y sentarse. A cada uno se le toma el

tiempo con un cronómetro y se considera el mejor resultado de los tres intentos que se miden. El resultado se considera normal si el test se realiza en 10 segundos (seg) o menos, mientras que un valor de 11 a 20 seg indica riesgo de caída leve y si supera dicho valor es alto el riesgo de caída ⁽⁶⁷⁾.

Las conclusiones de investigaciones observacionales sobre los problemas en el equilibrio proponen que el entrenamiento de rehabilitación necesita centrarse en incrementar la fuerza de los músculos del tronco y miembros inferiores ⁽⁶⁴⁾.

III. h. VELOCIDAD

La VM se define como la distancia total recorrida por una persona en un tiempo determinado. Las siguientes fórmulas miden la VM: ⁽⁶⁸⁾

$VM (m\llcorner s-l) = \text{distancia recorrida (m)} / \text{tiempo(s)}$ ⁽⁶⁸⁾.

$VM (m\llcorner s-l) = \text{longitud de zancada (m)} / \text{tiempo de zancada(s)}$ ⁽⁶⁸⁾.

La VM depende de la longitud y tiempo de zancada. Los pacientes con LM aptos para caminar pueden adaptar la VM, solamente dentro de un rango restringido y enfrentan dificultades para incrementar la frecuencia de la zancada. También, desarrollan ajustes cinemáticos específicos para superar obstáculos o caminar en pendiente hacia arriba ⁽³⁵⁾.

La VM a la que una persona camina es un indicador crucial de su salud y bienestar, ya que puede predecir el riesgo de sufrir caídas, fracturas y otros problemas que pueden aumentar la morbilidad. Además, esta medida puede anticipar el estado de salud y el riesgo de declinación funcional futura. Para determinar si la VM de una persona es normal o patológica es fundamental compararla con valores de referencia establecidos en el test 10 Meter Walk Test (10 MWT), que sirve como parámetro para determinar el rango normal y detectar anomalías, además valora el equilibrio ⁽⁶⁹⁾.

La medición de dicha variable se realiza con un cronómetro y se calcula el tiempo que necesita una persona para caminar 10 m en línea recta. En este test se puede utilizar el inicio rápido, en el cual el sujeto puede acelerar 2 m antes de ingresar a la distancia cronometrada de 10 m y 2 m para desacelerar, calculando el tiempo entre las zonas finales, o el inicio estático con una distancia cronometrada de 10 m. Esta prueba se puede realizar con asistencia física, aparatos ortopédicos o cualquier ayuda para caminar. En este test se realizan 3 intentos y se calcula la VM media. Aquellos que realizan el test en más de 12 seg o igual tienen un mayor riesgo de caída

Por otra parte, puede analizarse mediante un sistema de análisis de la marcha, en el que el sujeto debe caminar sobre una pasarela con presión detectable y el sistema sensa y recopila los datos ⁽⁷⁰⁻⁷³⁾.

Las personas que logran una VM preferida de mínimo 0,15 m/s podrán caminar posiblemente en interiores con dispositivos de ayuda, sin embargo requerirán de una silla de ruedas para moverse al aire libre. En cambio, una VM de 0,45 m/s implica que debería ser factible caminar con ayuda de dispositivos en interiores y exteriores. Los sujetos que alcancen una VM de al menos 0,70 m/s probablemente no necesiten dispositivos de ayuda para caminar en el interior o exterior. Estos valores clínicos de VM pueden ser empleados para fines tanto de rehabilitación como de investigación ⁽³⁵⁾.

Luego de una lesión medular leve, los factores como la disminución de la VM y el incremento de la dependencia de los dispositivos de asistencia, son importantes en la contribución a la limitación de la capacidad de caminar en la comunidad ⁽⁷⁴⁾.

III. i. FUERZA

III. i. 1. Definición y evaluación de fuerza muscular

La consecuencia del entrenamiento de la fuerza, definida como la tensión aplicada por uno o varios músculos durante una contracción, es el incremento de la masa muscular y la mejora de la funcionalidad asociada a una adecuada coordinación entre el sistema nervioso central y los diferentes elementos que conforman el músculo, optimizando las capacidades físicas de los individuos. Un nivel elevado de fuerza proporciona una mayor protección a la persona, reduciendo el riesgo de diversas enfermedades y/o permitiendo un tratamiento más efectivo ⁽³³⁾.

La EMG de superficie es la herramienta más frecuentemente empleada para analizar el trabajo muscular durante la marcha. El resultado de la medición es la diferencia de potencial generada por dos electrodos colocados sobre las fibras musculares ⁽⁷⁵⁾.

Como fue nombrado previamente, el examen motor de la lesión medular se realiza con LEMS, en la que se asigna puntuaciones a diferentes grupos musculares clave en las piernas, evaluando su fuerza en una escala de 0 a 5 o NT, siendo 1 = contracción palpable o visible, 2 = movimiento activo, ROM completo con gravedad eliminada, 3 = movimiento activo, ROM completo contra la gravedad, 4 = movimiento activo, ROM completo contra la gravedad y resistencia moderada en una posición muscular específica, 5 = movimiento activo (normal), ROM completo contra la

gravedad y resistencia completa en una posición muscular específica esperada de una persona sin otras discapacidades y NT = no evaluable (es decir, debido a inmovilización, dolor intenso que no permite clasificar al paciente, amputación de una extremidad o contractura de >50 % del ROM) ⁽¹⁹⁾.

Otra herramienta que permite cuantificar la fuerza en pacientes con LMI es el LOK, un dispositivo robótico utilizado para la rehabilitación de la marcha que entre sus funciones se encuentra la medición de la fuerza isométrica con una prueba específica (L-FORCE), en donde al paciente se le evalúa la fuerza mediante una contracción estática. Simultáneamente, los momentos articulares se miden mediante los transductores de fuerza incorporados y se muestran al paciente y al terapeuta. Además, la fuerza isométrica puede ser medida a través de dinamómetros isocinéticos ^(76–78).

III. i. 2. Rehabilitación de la fuerza en LMI

La fuerza de las piernas de músculos paréticos puede incrementar debido al entrenamiento de fuerza, esto conduce a un aumento en el tamaño muscular y a una mejor coordinación entre los diferentes grupos musculares de las piernas. No obstante, la mejora de la fuerza muscular en las piernas no necesariamente implica una mejora en la marcha y viceversa. Sin embargo, se ha observado que existe una relación entre la fuerza de los miembros inferiores y la capacidad de caminar ⁽⁵³⁾.

En sujetos con LMI crónica, la fuerza de reacción vertical del suelo alterada está conectada con la VM, la fuerza y los déficits de la caminata clínicamente visibles. Por ende, para mejorar la capacidad de la marcha luego de una LMI, un objetivo fundamental puede ser la rehabilitación de la fuerza de los miembros inferiores ⁽⁷⁴⁾.

En pacientes con lesión de la médula espinal, se demostró que la recuperación temprana de la fuerza muscular del cuádriceps es un predictor útil de la marcha del futuro ⁽⁷⁹⁾.

III. j. LOKOMAT

III. j. 1. Definición y características

En la actualidad, hay una amplia variedad de robots para la rehabilitación disponibles en el mercado. Entre los fabricantes destacados se encuentra la empresa suiza Hocoma, conocida por su sistema de terapia robótica de rehabilitación de la marcha “Lokomat”, ampliamente empleado ⁽⁸⁰⁾.

El LOK es un dispositivo robótico diseñado para permitir el entrenamiento intensivo de rehabilitación de la marcha en pacientes adultos y pediátricos con discapacidades graves a moderadas en la capacidad de caminar y la movilidad funcional. Éste aparato es una órtesis de marcha de accionamiento eléctrico y controlada por computadora, que se compone por un ajuste de cadera y dos órtesis de marcha, cada una incorporando un accionamiento de cadera y de rodilla. El LOK se usa en combinación con una cinta rodante y un sistema de descarga del peso corporal (81,82).

En las articulaciones se encuentran transductores de fuerza que miden con precisión la interacción entre el paciente y el dispositivo. Los motores están sincronizados con la velocidad de la cinta, asegurando una coincidencia exacta entre la velocidad de la ortesis y la cinta rodante. Mediante los sensores de posición y de fuerza, es posible incrementar la resistencia y apoyar al terapeuta en la supervisión del entrenamiento. Además este aparato puede monitorizar y medir todos los parámetros del ejercicio y de la marcha en forma gráfica (52,82).

En el entrenamiento convencional se requieren de 2 a 3 fisioterapeutas para realizar de forma segura las sesiones de entrenamiento específicas para la marcha. Dado que se necesitan velocidades de marcha cercanas a las normales para mantener los aspectos temporales normales de la locomoción, el entrenamiento puede ser exigente y la consistencia paso a paso es difícil de mantener. Por esta razón, la terapia asistida por robot (RAGT) tiene como objetivos reducir la demanda física y el tiempo del terapeuta, mejorar la repetibilidad de la cinemática y el tiempo de la marcha y aumentar el volumen del entrenamiento locomotor (83).

Un sistema dinámico de BWS permite una descarga constante del peso del paciente durante todo el ciclo de marcha, asegurando una postura erguida para el entrenamiento de la marcha en un entorno seguro. Además, proporciona biorretroalimentación en tiempo real y ejercicios similares a juegos para motivar y desafiar a los pacientes (81).

El LOK permite a los terapeutas determinar parámetros individuales y abordar las necesidades específicas del paciente, ajustando la velocidad (Km/h), BWS (kg), tiempo de entrenamiento (min), frecuencia de la terapia (n/semanas) y la cantidad de asistencia que brinda el dispositivo mediante la fuerza guía (%), generando un entorno desafiante. Según sea necesario, los parámetros pueden ser aumentados durante el tratamiento en respuesta a las reacciones observadas. También puede utilizarse para

evaluar objetivamente la rigidez de las articulaciones, el ROM y la fuerza isométrica. Asimismo, los exoesqueletos proporcionan un control directo sobre cada segmento de la extremidad, incorporando motores individualizados que coinciden con el eje anatómico de cada articulación ^(81,82,84-86).

Además, el terapeuta tiene la posibilidad de utilizar un software modificado según las necesidades del tratamiento; entre ellos, el modo de posición controlada o estándar, el modo de control de trayectoria (en el que existe un túnel virtual alrededor de la trayectoria de la marcha preprogramada y dentro de dicho espacio el participante puede mover su pierna o el dispositivo lo empuja de vuelta hacia su centro) y el modo control de la velocidad (en el que los participantes pueden controlar la velocidad de la cinta mediante su postura corporal dentro de un rango definido), entre otros ⁽⁸⁷⁾.

Al comenzar, la suspensión debe ser ajustada para no superar el 30% del peso corporal del paciente. A medida que avanza en su recuperación, el soporte debe reducirse gradualmente, permitiendo que el paciente transfiera el peso al miembro afectado sin posturas anómalas. Se requiere una velocidad de cinta rodante lo suficientemente elevada con el objetivo de desarrollar una marcha rítmica y asegurar la extensión de cadera en el apoyo. El fisioterapeuta asiste en la simetría del paso y en los ángulos de las articulaciones. Es importante que el apoyo robótico se mantenga limitado al mínimo para permitir que el paciente desarrolle su propio esfuerzo para realizar los movimientos ^(15,61).

III. j. 2. Descripción de los componentes

El sistema robótico de rehabilitación para ejercitar la marcha está integrado por:

- 2.1: Cinta eléctrica ⁽⁸²⁾.
- 2.2: Columna: El sistema de soporte de peso y el sistema de control se albergan en este componente. La función del sistema de control es ejecutar los movimientos de las órtesis y la cinta. Dicha columna termina en un brazo que proporciona soporte al paciente ⁽⁸²⁾.
- 2.3: Soporte de peso: puede ser de manera estática y dinámica. El soporte estático ofrece un apoyo total o nulo para elevar a los pacientes, pero no está diseñado para un entrenamiento activo. En cambio, el soporte dinámico permite que el paciente se mueva libremente en sentido vertical, soportando parte de su peso, dentro de un rango dinámico y constante ⁽⁸²⁾.
- 2.4: Órtesis: Éstas pueden ser ajustadas en longitud para adaptarse a las caderas y rodillas. La órtesis se encuentra suspendida en un paralelogramo mediante resortes de soporte, liberando al paciente de esta carga ⁽⁸²⁾.

La ortesis de marcha cuenta con abrazaderas ajustables en diferentes tamaños para sujetarse de forma segura y cómoda en las piernas: abrazadera superior (muslo), abrazaderas media y baja (pierna) ⁽⁸²⁾.

➤ 2.5: Paneles de operación y pantallas: En la base de la columna LOK se localiza instalada la pantalla del terapeuta para que controle las sesiones de entrenamiento por medio del software Lokocontrol ⁽⁸²⁾.

La pantalla del paciente se encuentra al final de la cinta de entrenamiento; en esta pantalla se puede observar la actividad del paciente (biofeedback), distancia recorrida, período, entrenamiento y VM ⁽⁸²⁾.

➤ 2.6: Augmented feedback (LOK pro): La pantalla del paciente puede mostrar un entorno virtual que el paciente puede controlar y explorar. Los movimientos se reflejan en la figura virtual (avatar), permitiendo una interacción realista. El paciente puede controlar el avatar por medio de su actividad, aplicando una fuerza en el LOK, mientras que el operador puede seleccionar entre diferentes opciones de entornos y ejercicios y niveles de dificultad de los ejercicios ⁽⁸²⁾

Dichos componentes se ilustran en la **imagen 1** ⁽⁸⁸⁾

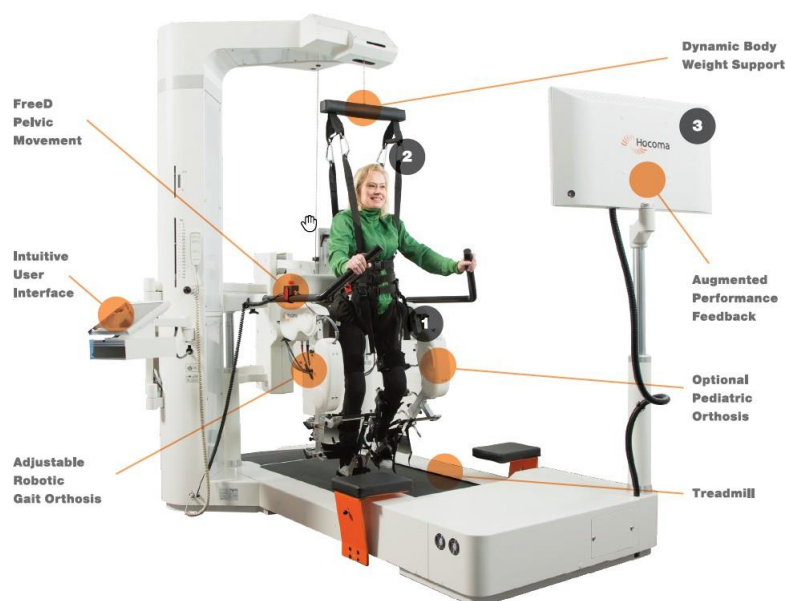


Imagen 1. Lokomat (88)

III. j. 3. Indicaciones

El LOK está diseñado para la rehabilitación de pacientes con discapacidades graves o moderadas en la capacidad de caminar y la movilidad funcional. Las mismas pueden ser causadas por diferentes enfermedades, incluidas, entre otras, enfermedades neurológicas, como lesión cerebral adquirida, LM y parálisis cerebral ⁽⁸⁹⁾.

III. j. 4. Contraindicaciones

Las contraindicaciones que se pueden encontrar son: fallo en el ajuste de la ortesis al cuerpo (embarazo, bolsas de colostomía, diferencias en longitud de piernas incorregibles, lesiones en la piel que no se pueden proteger de forma adecuada, cualquier otra condición que obstaculice un ajuste cómodo y sin dolor del arnés y/o órtesis), un peso superior a 135 kg, contracturas fijas graves, inestabilidad ósea (fracturas no consolidadas, grave osteoporosis, columna espinal inestable), lesiones en la piel en piernas y torso, contraindicaciones cardíacas, conducta disruptiva o autoagresiva, deterioro cognitivo grave, sujetos vinculados a la ventilación mecánica, problemas vasculares graves en las piernas, pacientes con indicación de inmovilización (ej: osteomielitis u otro desorden infeccioso/inflamatorio), artrosis de tobillo, rodilla y cadera ⁽⁸⁹⁾.

III. j. 5. Efectos secundarios

Los efectos secundarios que pueden aparecer son náuseas, puntos de presión, irritaciones en la piel, inflamación en tendones por sobreesfuerzo, dolor muscular y articular, esfuerzo muscular general excesivo y pérdida de conciencia ⁽⁸⁹⁾.

Sujetos motivados pueden experimentar un sentimiento de euforia y desarrollar efectos secundarios, para evitarlos se debe garantizar que el entrenamiento no exceda los tiempos razonables terapéuticos ⁽⁸⁹⁾

III. j. 6. Factores de riesgo

Existen condiciones que no se engloban dentro de las contraindicaciones pero presentan un riesgo al usar el LOK. Entre ellos se encuentran la artroplastia (especialmente de cadera), dificultad del control cefálico, inestabilidad no controlada de cadera, rodilla o tobillo, contracturas por espasticidad, desigualdad en la longitud de los miembros inferiores corregibles con plantilla, alteración de la sensibilidad en piernas y tronco (especialmente la disminución de la sensación de dolor), afecciones cardíacas inestables, entre otros ⁽⁸⁹⁾.

III. j. 7. Limitaciones

Una de las principales limitaciones en el uso del dispositivo LOK es que reproduce la marcha del individuo solamente en el plano sagital (flexión y extensión de cadera y rodilla), sin control de los otros planos; excepto la última versión del LOK incluye motores que permiten tres grados de libertad, mejorando los desplazamientos laterales pélvicos y la abducción/aducción de la cadera ⁽⁵²⁾.

Por otra parte, una desventaja de este entrenamiento radica en el esfuerzo que deben realizar los terapeutas para fijar los miembros paréticos y para controlar el cambio de peso, lo que puede limitar la intensidad del tratamiento, especialmente en los pacientes con discapacidades más severas ⁽⁵²⁾.

El aumento en el uso de la tecnología puede convertirse en un riesgo durante una aplicación no crítica. Dado que la actividad neuronal es esencial para el aprendizaje, un dispositivo robótico no debería reemplazar la función natural. Para que esto sea efectivo, es necesario que el paciente participe activamente en la ejecución del movimiento ⁽¹⁵⁾.

III. j. 8. Modelos

Desde su lanzamiento en 2001 la empresa fue modificando y optimizando su producto, a fin de desarrollar nuevas características y promover beneficios. Es por esto que en el año 2005 se introdujo en el mercado en LOK Pro con ortesis pediátricas, y en el 2011, se presentó una nueva versión de dicho dispositivo ⁽⁸⁶⁾.

El LOK Pro Motivation posee ortesis pediátricas y ofrece juegos que desafían la atención, la simetría del movimiento, el ritmo de la actividad y la resistencia. A la vez, proporciona programas de entrenamiento para la velocidad y la variabilidad del BWS, retroalimentación aumentada del rendimiento en tiempo real, calibración de la actividad y posibilidad de realizar el entrenamiento sobre la cinta de correr con apoyo de peso corporal pero sin ortesis. Por otra parte, el LOK Pro Sensation, posee las mismas características que su antecesor, pero incluye el módulo freeD que permite la traslación lateral y la rotación transversal de la pelvis y un programa de ejercicios y entrenamientos avanzados. En último lugar, en el 2010 se desarrolló el LOK Nanos, que posee programa de ejercicios y entrenamiento básicos adaptado para espacios más reducidos ^(90,91).

IV. JUSTIFICACIÓN

El objetivo de esta investigación es indagar sobre los aportes del LOK en el tratamiento de la marcha en pacientes con LM incompleta según los parámetros mencionados, y, en consecuencia, conocer su importancia respecto a su implementación en la rehabilitación.

Con este trabajo, se podrá identificar si existen efectos en la fuerza y la velocidad durante la marcha en pacientes con LM incompleta mediante el uso de una ortesis robótica.

Esta ortesis tecnológica y moderna llamada LOK, ayuda a mejorar la marcha de forma individualizada mientras el paciente participa de una actividad lúdica por medio de una retroalimentación visual en una pantalla en un entorno motivacional y divertido.

Además, el dispositivo permite rehabilitar la marcha con parámetros seguros, sin riesgo de caída y con menor desgaste físico de parte de los terapeutas, ya que su función se reduce al posicionamiento del paciente y el seteo del programa. De esta forma, les permite tener un mayor feedback en tiempo real que les da la posibilidad de controlar la biomecánica, alineación, motivación y realizar los ajustes necesarios e inmediatos para mejorar el desempeño de la marcha del paciente.

V. MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de ensayos clínicos de grupos de pacientes con lesión medular incompleta en las siguientes bases de datos: PubMed, PubMed Central (PMC), Biblioteca Virtual en Salud (BVS), Pedro, Scielo y Medline.

El periodo de publicación de la literatura seleccionada estuvo dado entre el año 2014 y el año 2024.

Palabra Clave	Término DeCS	Término MeSH	Término libre en inglés
Lesión Medular Incompleta	Enfermedades de la Médula Espinal	Spinal Cord Diseases	· Spinal Cord Injuries · Incomplete Spinal Cord Injuries (ISCI)
Rehabilitación	Rehabilitación	Rehabilitation	Motor learning
Velocidad en la Marcha	Velocidad al Caminar	Walking Speed	—
Fuerza Muscular	Fuerza muscular	Muscle Strength	—
Lokomat	---	---	· Lokomat · Robotic-assisted step training · Robotic-assisted gait training (RAGT) · Robotic therapy · Robotic exoskeleton

Las combinaciones utilizadas en español fueron:

“Enfermedades de la Médula Espinal” AND “Lokomat”

“Enfermedades de la Médula Espinal” AND “Lokomat” AND “Rehabilitación”

“Enfermedades de la Médula Espinal” AND “Lokomat” AND “Rehabilitación” AND

“Fuerza Muscular”

“Enfermedades de la Médula Espinal” AND “Lokomat” AND “Rehabilitación” AND “Velocidad al Caminar”

Las combinaciones utilizadas en inglés fueron:

(“Spinal Cord Diseases” OR “Spinal Cord Injuries” OR “Incomplete SCI”) AND “Lokomat”

(“Spinal Cord Diseases” OR “Spinal Cord Injuries” OR “Incomplete SCI”) AND “Lokomat” AND “Rehabilitation”

(“Spinal Cord Diseases” OR “Spinal Cord Injuries” OR “Incomplete SCI”) AND “Lokomat” AND “Rehabilitation” AND “Muscle Strength”

(“Spinal Cord Diseases” OR “Spinal Cord Injuries” OR “Incomplete SCI”) AND “Lokomat” AND “Rehabilitation” AND “Walking Speed”

Al realizar la búsqueda bibliográfica, se utilizaron criterios de inclusión y exclusión con el motivo de reducir la cantidad de bibliografía encontrada y de esta manera seleccionar los artículos de mayor interés para la revisión.

Dentro de los criterios de inclusión se consideraron:

- Artículos que estudien sujetos diagnosticados de lesión medular incompleta (niveles B, C y D en la escala ASIA).
- Los artículos deben analizar la rehabilitación de la marcha con “Lokomat”.
- Ensayos clínicos y estudios pilotos con grupos de pacientes con lesión medular incompleta.
- Artículos publicados entre el año 2014 y 2024.

Dentro de los criterios de exclusión se consideraron:

- Artículos que analicen a pacientes con una enfermedad neurológica concomitante.
- Revisiones sistemáticas.
- Artículos que estudien a pacientes que usen estimulación transcraneal o transespinal en adición al Lokomat.

Teniendo en cuenta los términos mencionados, se comenzó la búsqueda bibliográfica para la que se elaboraron las estrategias de búsqueda detalladas a continuación por cada base de datos , añadiendo como filtro el año de publicación: artículos desde el 2014 al 2024.

PUBMED:

- 1) (“Spinal Cord Diseases” OR “Spinal Cord Injuries” OR “Incomplete SCI”) AND “Lokomat”. Se encontraron 33 resultados de los cuales se recuperaron 6 artículos.

- 2) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation". Se encontraron 30 resultados de los cuales se recuperaron 6 artículos.
- 3) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Muscle Strength". Se encontraron 5 resultados de los cuales se recuperaron 4 artículos.
- 4) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Walking Speed". Se encontraron 6 resultados de los cuales se recuperaron 5 artículos.

PUBMED CENTRAL

- 1) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat". Se encontraron 330 resultados de los cuales se recuperaron 8 artículos.
- 2) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation". Se encontraron 329 resultados de los cuales se recuperaron 8 artículos.
- 3) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Muscle Strength". Se encontraron 144 resultados de los cuales se recuperaron 7 artículos.
- 4) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Walking Speed". Se encontraron 185 resultados de los cuales se recuperaron 9 artículos.

BVS

Combinaciones de palabras en español:

- 1) "Enfermedades de la Médula Espinal" AND "Lokomat". Se encontraron 0 resultados de los cuales se recuperaron 0 artículos.
- 2) "Enfermedades de la Médula Espinal" AND "Lokomat" AND "Rehabilitación". Se encontraron 0 resultados de los cuales se recuperaron 0 artículos.
- 3) "Enfermedades de la Médula Espinal" AND "Lokomat" AND "Rehabilitación" AND "Fuerza Muscular". Se encontraron 0 resultados de los cuales se recuperaron 0 artículos.
- 4) "Enfermedades de la Médula Espinal" AND "Lokomat" AND "Rehabilitación" AND "Velocidad al Caminar". Se encontraron 0 resultados de los cuales se recuperaron 0 artículos.

Combinaciones de palabras en inglés:

- 1) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat". Se encontraron 36 resultados de los cuales se recuperaron 6 artículos.
- 2) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation". Se encontraron 33 resultados de los cuales se recuperaron 5 artículos.
- 3) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Muscle Strength". Se encontraron 6 resultados de los cuales se recuperaron 4 artículos.
- 4) ("Spinal Cord Diseases" OR "Spinal Cord Injuries" OR "Incomplete SCI") AND "Lokomat" AND "Rehabilitation" AND "Walking Speed". Se encontraron 6 resultados de los cuales se recuperaron 5 artículos.

PEDRO

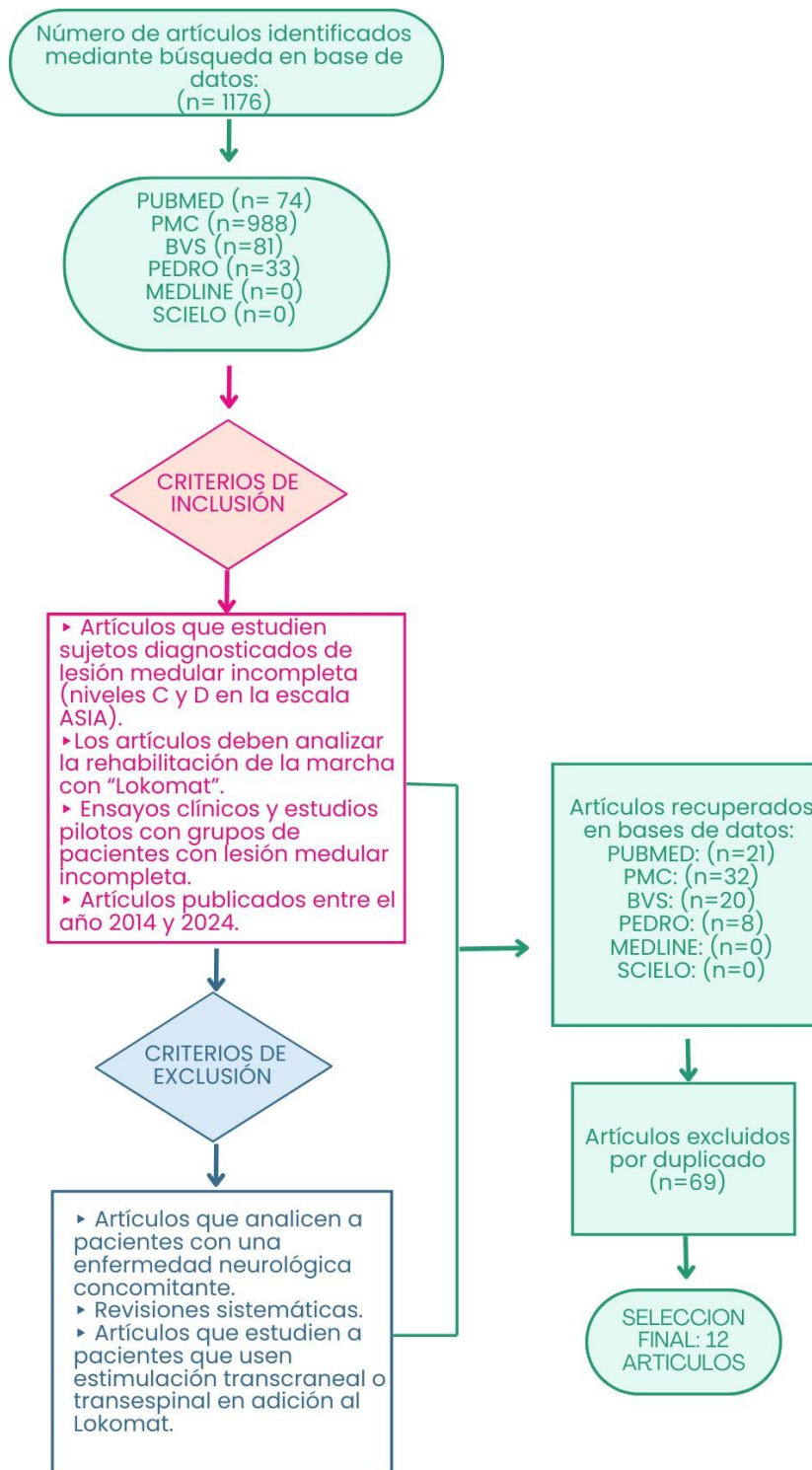
- 1) Spinal Cord Injury* Lokomat* . Se encontraron 13 resultados de los cuales se recuperaron 3 artículos.
- 2) Spinal Cord Injury* Lokomat* Rehabilitation* . Se encontraron 11 resultados de los cuales se recuperaron 2 artículos.
- 3) Spinal Cord Injury* Lokomat* Rehabilitation* Muscle Strength* . Se encontraron 4 resultados de los cuales se recuperó 1 artículo.
- 4) Spinal Cord Injury* Lokomat* Rehabilitation* Walking Speed* . Se encontraron 5 resultados de los cuales se recuperaron 2 artículos.

SCIELO y MEDLINE

No se encontraron resultados con las combinaciones de palabras formuladas en dicha base de datos.

Por último, fueron descartados aquellos artículos duplicados y los que no presentaban relación con los objetivos propuestos o no se consideraban relevantes.

Todo lo descrito se encuentra expresado en el siguiente diagrama de flujo, donde se detalla el proceso de la búsqueda, que concluye en la selección final de los artículos.



VI. RESULTADOS

VI. a. Tablas de resultados

Título: Interventions to Reduce Spasticity and Improve Function in People With Chronic Incomplete Spinal Cord Injury: Distinctions Revealed by Different Analytical Methods.			
Autor - Año: Duffell et al ⁽⁹²⁾ . (2015)			
Diseño: Ensayo clínico			
Población	Intervención	Variabes	Resultados
<p>N= 83 sujetos divididos en 3 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶Control: 29 ▶LOK: 27 ▶Tizanidina (TIZ) : 27 <p>Edad:47.8±13.1 (grupo C), 46.6±12.6 (Grupo L) y 47.4 ±11.6 (grupo T)</p> <p>Género: 26 F- 57 M</p> <p>Tiempo post lesión (años): media de 8.1</p>	<p>El grupo LOK realizó entrenamiento 3 veces por semana; cada sesión duró una hora o menos con un entrenamiento de 30-45 min durante 4 semanas.</p> <p>La velocidad de la cinta de correr, el soporte del peso corporal y la fuerza de guía robótica fueron determinados en base a la tolerancia y comodidad del sujeto.</p>	<p>-VM (10 MWT)</p> <p>- RCV (6 MWT)</p> <p>-Equilibrio (TUG test)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Según el análisis de varianza (ANOVA): se reflejaron mejoras con el tiempo, tanto en la VM ($p < 0,001$), como en la Resistencia ($p = 0,002$), sin diferencias significativas entre las intervenciones. Para el equilibrio, no se observaron efectos significativos. • Respecto a la mínima diferencia importante (MID): <p><u>10MWT:</u> El valor establecido fue 0,11 m/s. Los participantes que alcanzaron la MID en los grupos control ($p < 0,05$), LOK y TIZ ($p < 0,001$). tuvieron valores iniciales mayores.</p> <p><u>6MWT:</u> El valor establecido fue de 37,1 m. En los tres grupos, quienes lograron la MID presentaron valores iniciales más altos, con valores estadísticamente significativos únicamente para el grupo TIZ ($p < 0,001$).</p>

<p>(Control), 9.3 (LOK) y 10.9 (TIZ) ASIA: C y D Nivel: cervical y torácica.</p>	<p>En el grupo de TIZ, se administraron 0,03 mg/kg de TIZ 4 veces al día durante 4 semanas. Los participantes de control no recibieron ninguna intervención.</p>		<p><u>TUG</u>: El valor establecido fue 14,5 s. Se observaron diferencias significativas en los sujetos que alcanzaron dicho valor del grupo control ($p < 0,05$). Los sujetos de los tres grupos que alcanzaron la MID tenían mejores valores basales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Método Generalizado de Momentos (GMM) clasificó a los participantes en Clase 1 (bajo funcionamiento) y Clase 2 (alto funcionamiento). La clase 2 presentó valores significativamente superiores en todos los grupos para las pruebas 10MWT ($p < 0,001$), 6MWT ($p < 0,001$) y TUG ($p < 0,05$). La clase 1 no obtuvo cambios significativos en ningún grupo ni prueba.
--	---	--	--

Título: Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study.

Autor - Año: Lam et al ⁽⁹³⁾. (2015)

Diseño: Ensayo clínico controlado aleatorio, estratificado y doble ciego

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 15 participantes divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Experimental= 8 ▸ Control= 7 <p>ASIA: C y D</p> <p>Nivel de lesión: por encima de la 11 torácica</p> <p>Edad: 26-63 años media de 50 (grupo C) y 40,25 (grupo L)</p> <p>Antigüedad de la lesión: 2 a 20 años.</p>	<p>El grupo experimental utilizó BWSTT con resistencia en cadera y rodilla (Loko-R) con un nivel de BWS al mínimo, la velocidad se inició a 1,0 km/h y tuvo incrementos de 0,1 km/h; aquellos que mantenían la velocidad durante 5 min, tenían aumentos de 0,1 km/h.</p> <p>El grupo control se entrenó con LOK convencional. La progresión de los parámetros fue igual que el protocolo descrito anteriormente.</p> <p>Ambos grupos se entrenaron durante 45 min 3 veces por semana durante 3 meses.</p>	<p>-VM (10MWT).</p> <p>-RCV (6MWT).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El valor de base del 10MWT en el grupo control fue de 0.33 ± 0.35 y 0.44 ± 0.45 post entrenamiento; el grupo Loko-R tuvo valores de base 0.29 ± 0.28 y 0.40 ± 0.31 respectivamente. En todos los sujetos de ambos grupos, 10MWT aumentó 0,10 m/s (IC del 95 %: 0,05 a 0,16) en comparación con el valor inicial. En las evaluaciones de seguimiento realizadas al mes y a los 6 meses aumentó 0,12 m/s (IC del 95 %: 0,05 a 0,18) y 0,09 m/s (IC del 95 %: 0,03 a 0,15), respectivamente. • El valor de base del 6MWT del grupo control fue de 120 ± 138, progresando a 149 ± 170 después del entrenamiento; el grupo Loko-R tuvo valores de base de 100 ± 102, progresando a 122 ± 117, y la distancia recorrida tras el entrenamiento aumentó en 19,6 m (DE: 18,9; IC 95%: 9,3 a 29,9) en comparación con el valor inicial. La distancia recorrida en las evaluaciones de seguimiento realizadas al mes y a los 6 meses aumentó en 42,5 m (IC del 95%; 8,8 a 76,2) y 56,9 m respectivamente (IC del 95%: 26,1 a 87,7).

Título: Prediction of gait recovery in spinal cord injured individuals trained with robotic gait orthosis			
Autor - Año: Niu et al ⁽⁹⁴⁾ . (2014)			
Diseño: Ensayo clinico unicéntrico, abierto y aleatorizado			
Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 40 sujetos asignados a 2 grupos:</p> <p>►Control (n=20)</p> <p>►LOK (n=20)</p> <p>Edad promedio: 42,2 (grupo L), 49,7 (grupo C).</p> <p>Tiempo post lesion (años):8,9 (grupo L) y 7,5 (grupo C)</p> <p>Nivel: superior a T10.</p>	<p>Los sujetos del grupo L participaron en 12 entrenamientos con LOK de 1 hora, 3 veces por semana durante 1 mes. La velocidad se incrementó hasta donde el sujeto podía mantener la calidad de marcha sin fatigarse, la fuerza guía comenzó en asistencia completa y disminuyó hasta que el sujeto ya no podía mantener la velocidad, y el BWS fue adaptado a cada individuo. Sujetos de grupo control no recibieron intervenciones.</p>	<p>- VM (10MWT)</p> <p>- Equilibrio (TUG test)</p> <p>- RCV (6MWT)</p>	<p>Se identificaron dos clases para cada variable analizada: baja capacidad de marcha (clase 1) y alta capacidad de marcha (clase 2).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los sujetos intervenidos con LOK de clase 2 tuvieron mejoras en 10MWT ($p= 0.01$) ya que aumentaron su velocidad de marcha a una tasa de 0,033 m/s/semana, en cambio los de clase 1 no mostraron efectos significativos ($p=NS$). • En TUG los sujetos de clase 2 del grupo LOK redujeron su tiempo en 0,41 s/semana ($p=0,02$), en cambio clase 1 no mostró efecto significativo en LOK ($p=NS$) • Para el 6MWT ninguna de las clases logró efectos significativos ($P=NS$)

Título: Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury.

Autor - Año: Varoqui et al ⁽³²⁾. (2014)

Diseño: Ensayo clínico

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 30 sujetos con LMI divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶Intervención (n=15) ▶Control (n=15) <p>Nivel de lesión: por encima de T10</p> <p>Edad: 50,80 ± 2,12 (grupo I) y 44,65 ± 2,66 (grupo C)</p> <p>ASIA: C y D</p> <p>Antigüedad de la lesión (años): 11,80 en promedio (grupo I) y 8,09 promedio (grupo C)</p>	<p>El grupo intervención realizó 45 min de entrenamiento (y 15 min de configuración) con LOK, 3 veces por semana durante 1 mes (12 sesiones en total), en el cual la velocidad de la cinta se incrementó de 1,5 km/h a 3 km/h según la tolerancia y comodidad del paciente.</p> <p>La fuerza de guía se redujo según tolerancia progresivamente durante el entrenamiento (de asistencia completa al 20%).</p> <p>El BWS se configuró del 95% al 25% del peso corporal.</p>	<p>-VM (10MWT)</p> <p>-RCV (6MWT)</p> <p>-PROM (realizado por examinador hasta resistencia máxima o dolor)</p> <p>-AROM (aparato experimental)</p> <p>-Fuerza isométrica (aparato experimental)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Respecto al PROM se encontró una mejora (p < 0,05) en el grupo de intervención (al inicio 62,33°± 2,06° y 64,33° ± 2,23° al mes) y sin cambios en el grupo control (p= 0,75). • El AROM obtuvo mejoras (P < 0,05) en el grupo intervención (al inicio 28,80 ± 3,84° y 33,93 ± 3,89° post intervención). En el grupo control no se encontraron diferencias (P = 0,95). • Respecto al grupo intervención, la MVC isométrica mejoró (p<0,05) la fuerza de los músculos PF (al inicio 26,77±4,42 Nm y 29,13±4,10 Nm en un mes). En la fuerza de los DF hubo una mejora (P < 0.05), ya que la medida inicial de 10.95 ± 1.67 Nm evolucionó a 13.55 ± 2.31 Nm en un mes. En cambio en el grupo control no hubo diferencias en PF (p=0,09) ni DF (p=0,81)

	El grupo control no recibió intervención.		<ul style="list-style-type: none">• La VM sobre el suelo mostró un aumento ($P < 0,05$) después del entrenamiento, ya que la velocidad media inicial era de $0,56 \pm 0,09$ m/s antes y progresó a $0,64 \pm 0,10$ m/s. En el grupo Control no se encontraron diferencias ($P = 0,36$)• Respecto a la resistencia, no se observó ningún cambio en el grupo experimental ($P = 0,46$), ni en el control ($P = 0,17$).
--	---	--	--

Título: Variability in responsiveness to interventions in people with spinal cord injury: Do some respond better than others?

Autor - Año: Duffell et al ⁽⁹⁵⁾. (2014)

Diseño: Ensayo clínico controlado aleatorizado.

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>Nº: 78 divididos aleatoriamente en 3 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none">▶Control= 29▶Tizanidina= 26▶LOK= 23 <p>Antigüedad de lesión: crónica</p>	<p>Se realizaron intervenciones durante 4 semanas en los grupos LOK y Tiz. Los sujetos de control no recibieron ninguna intervención. Para el grupo Tiz, se administraron 0,03 mg/kg de Tizanidina 4 veces al día. El grupo Lok se entrenó en dicho dispositivo 3 veces por semana durante 30-45 min por sesión. La velocidad de la cinta, el soporte del peso corporal y la fuerza de guía fueron seteadas según la tolerancia y la comodidad del sujeto.</p>	<p>- VM (10MWT) - RCV(6MWT)</p>	<p>Respecto a la VM:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>GMM</u>: Se analizaron los datos en base a dos clases: alto y bajo funcionamiento. La VM mostró mejoras únicamente para el grupo LOK en ambas clases ($p < 0,05$, $p = 0,003$). El GMM clasificó a todos los sujetos que alcanzaron la MID como de alto funcionamiento (a las 4 semanas fue del 8 %, 13 % y 12 % para los grupos control, Lok y Tiz, respectivamente) <p><u>ANOVA</u>: se revelaron mejoras con el tiempo en la prueba de VM para ambas clases ($p < 0,05$), sin efectos de grupo ni interacciones.</p> <p>Respecto a la resistencia:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>GMM</u>: se encontraron mejoras únicamente en la clase de alto funcionamiento del grupo Tiz (7,1 m/semana; $p = 0,02$).

			<p>El GMM clasificó a todos los sujetos que alcanzaron la DMI como de alto funcionamiento (solo un 10% la alcanzaron)</p> <p><u>ANOVA</u>:no se observó un efecto del momento temporal en la clase con menor funcionalidad, pero si una mejora con el tiempo en la clase con mayor funcionalidad ($p < 0,05$), sin efectos de grupo ni interacciones.</p>
--	--	--	---

Título: Isometric hip and knee torque measurements as an outcome measure in robot assisted gait training			
Autor - Año: Galen et al ⁽⁹⁶⁾ . (2014)			
Diseño: Ensayo Clínico			
Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 18 Edad: media 49.3 ± 11 Género: 4 F- 14 M. ASIA: C y D Nivel: de C3 a L1. Antigüedad de la lesión: 5 sujetos >6 meses y 13 de <6 meses.</p>	<p>Cada sujeto participó en el estudio durante un período total de 8 semanas. Se proporcionó RAGT utilizando el LOK durante 1 hora, 5 días por semana, desde la semana 2 hasta la semana 7 (un total de 6 semanas) para cada sujeto. Utilizaron una velocidad de 1-1,2 km/h con un BWS de entre el 80 % y el 70 % (reduciéndolo hasta un ritmo en el que el sujeto controle la extensión de rodilla).</p>	<p>- Fuerza isométrica de flexores y extensores de cadera y rodilla (L-FORCE).</p>	<p>Los sujetos subagudos/ crónicos, no mostraron diferencias en los siguientes grupos musculares: flexores de cadera (p=0,656), extensores de cadera (p=0,608), flexores de rodilla (p=0,192) y extensor de rodilla (p=0,156). En cambio, en sujetos agudos la diferencia fue significativa en los cuatro grupos musculares (p<0,001), ya que la media tuvo los siguientes progresos desde la semana 1 a la semana 6: en flexores de cadera de 52.96 a 89.06, en los extensores de cadera de 62.33 a 96.41, en flexores de rodilla de 47.20 a 91.44 y en los extensores de rodilla de 58.50 a 91.19.</p>

Título: Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries – a randomized controlled trial.

Autor - Año: Cheung et al ⁽⁷³⁾. (2019)

Diseño: Ensayo controlado aleatorizado

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 6 sujetos asignados aleatoriamente a 2 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶Control ▶Intervención <p>Género: 16 M ASIA: C y D Nivel: grupo C: C3-L2 y grupo L: C1-L2. Antigüedad de la lesión: media de 13,7±7,4 meses. Edad: Media de 54,3 ± 9,6</p>	<p>Ambos grupos realizaron una 1 hora de fisioterapia estándar (movilización y fortalecimiento de las extremidades, estabilización del tronco, entrenamiento en silla de ruedas y marcha sobre el suelo), 2 veces por semana, durante 1 hora por sesión.</p> <p>Además, en el grupo de intervención los sujetos se entrenaron con el LOK con biorretroalimentación EMG sobre vasto lateral durante 30 min, 3 veces por semana,</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Independencia funcional (SCIM III) -Fuerza muscular (LEMS) -Fuerza isométrica (L-FORCE) -VO2 máx (ergómetro de miembros superiores) -Flujo espiratorio máximo (espirometría) -VEF1(espirometría) -CVF (espirometría) 	<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza muscular fue superior con una progresión de 35,5 a 36,5 en el grupo intervención y de 39,4 a 40,0 en el grupo control. Hubo mejoras significativas dentro del grupo $p < 0,05$, pero no entre ellos ($p = 0,326$). • SCIM III: Movilidad: progreso de 24,0 a 28,6 en el grupo intervención y de 28,4 a 28,6 en el grupo control. Hubo mejoras significativas dentro del grupo $p < 0,05$, pero no entre ellos ($p = 0,680$). • SCIM III: Autocuidado: progreso de 15,3 a 15,1 en el grupo intervención y en el grupo control mantuvo su valor en 16,8. No se observaron cambios significativos dentro de cada grupo ($p = 0,854$). • SCIM III- Respiratorio y esfínter: pasó de 34,0 a 32,6 en el grupo intervención y se mantuvo en 34,9 en el grupo control. No se encontraron cambios significativos dentro de cada grupo ($p = 0,623$).

	<p>por 8 semanas. Los parámetros de RAGT fueron: velocidad cómoda, BWS fijado en 40% del peso corporal y biorretroalimentación EMG al vasto lateral de forma bilateral.</p> <p>El grupo de control además de la fisioterapia estándar realizó movilización pasiva de extremidades inferiores mediante un ejercitador activo-pasivo durante 30 min, 3 veces por semana, por 8 semanas.</p>	<p>-VM (sistema de análisis de la marcha)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SCIM III- Total: pasó de 73,3 a 71,0 en el grupo intervención y de 80,0 a 80,3 en el grupo control. No se reportaron diferencias en el análisis de grupo ($p = 0,817$) • Fuerza isométrica de flexores y extensores de caderas y rodillas: pasó de 302,4 a 341,0 en el grupo RABWSTT y de 227,9 a 228,4 en el grupo control. A pesar del incremento de valores en el grupo de intervención, los resultados no fueron significativos ($p = 0,112$) • VO2 max: progreso de 25,7 a 26,4 en el grupo RABWSTT ($p < 0,05$) y el grupo control mantuvo su valor en 20,5. • En el flujo espiratorio máximo, VEF1, CVF, y VM no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ni dentro de cada uno. <p>El flujo espiratorio máximo: el grupo RABWSTT tuvo valores de 5,0 al inicio y progreso a 5,7. El grupo control mantuvo su valor en 4,7.</p> <p>VEF1 : el grupo intervención tuvo valor inicial de 2,2 y progreso a 2,4. El grupo control mantuvo su valor en 2,2.</p> <p>CVF: el grupo intervención mantuvo su valor en 2,7, al igual que el grupo control que se mantuvo en 2,6.</p> <p>VM: La VM pasó de 43,8 al inicio a 44,7 post tratamiento en el grupo RABWSTT, y de 43,9 a 48,1 en el grupo control.</p>
--	---	---	---

Título: Robotically assisted treadmill exercise training for improving peak fitness in chronic motor incomplete spinal cord injury: A randomized controlled trial.

Autor - Año: Gorman et al ⁽⁹⁷⁾. (2016)

Diseño: Ensayo clínico piloto prospectivo, aleatorizado y controlado

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N=18 sujetos divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶Control (n=6) ▶Intervención (n=12) <p>ASIA: C y D. Edad: media de 51,5 ± 12,7 (en el grupo L) y de 52 ± 15,4 (en el grupo C) Nivel de lesión: entre C4 y L2 Antigüedad de la lesión: mínimo un año</p>	<p>El grupo de intervención realizó entrenamientos con LOK durante 20 a 45 min por sesión, con BWS 80-85% y velocidad hasta 3.2 km/h.</p> <p>El grupo control realizó ejercicios de fortalecimiento y estiramiento tradicionales durante 20-25 min.</p> <p>Ambos grupos fueron intervenidos 3 veces por semana durante 3 meses.</p> <p>El grupo control realizó RAGT durante 3 meses adicionales.</p>	<p>-VO2 max (dispositivo de espirometría durante la marcha robótica en cinta rodante y ergometría de brazos)</p> <p>-FC (monitor de FC)</p> <p>-Fuerza (LEMS)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En cuanto al VO2 máx en cinta robótica: mejoró en el grupo intervención (20,2 ± 7,4 a 22,7 ± 7,5 ml/kg/min, P=0,02), pero sin mejoras significativas en el grupo control (12,9 ± 4,4 frente a 13,4 ± 3,9 ml/kg/min, P = 0,37) En cuanto al VO2 máx en ergometría de brazo no se observaron resultados significativos en el grupo intervención (20,0 ± 6,5 a 21,7 ± 7,5 ml/kg/min, P=0,25), ni en el grupo control (13,5 ± 3,3 a 13,7 ± 2,5 ml/kg/min, P=0,72), • Respecto a la FC, los resultados no mostraron diferencias significativas (p = 0,9) entre las pruebas (marcha robótica en cinta; 140 ± 23 frente a 141 ± 25 latidos por min en cicloergómetro de brazo). • Respecto a la fuerza, no se observaron cambios

			significativos en ninguno de los grupos luego de la intervención (grupo robótico, $34,2 \pm 11,5$ a $34,5 \pm 10,7$, $P = 0,80$; grupo de control $34,0 \pm 7,3$ a $35,8 \pm 7,9$, $P = 0,27$).
--	--	--	---

Título: Effect of Robotic-Assisted Gait Training in Patients With Incomplete Spinal Cord Injury.

Autor - Año: Shin et al ⁽⁹⁸⁾. (2014)

Diseño: Ensayo clínico prospectivo y aleatorizado

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>Nº: 53 sujetos asignados aleatoriamente a 2 grupos: ►RAGT+Convencional (n=26) ►Convencional: (n=27) ASIA: D. -Antigüedad de la lesión: menos de 6 meses. Nivel: cervical, torácico y lumbar. Edad: 48.15±11.49 (Grupo C) y 43.15±14.37 (grupo RAGT+C)</p>	<p>El grupo de control se sometió a fisioterapia regular 2 veces al día y 5 veces a la semana. El grupo RAGT utilizó LOK durante 40 min reales, 3 días a la semana, en combinación con 2 días de fisioterapia convencional por semana durante 30' dos veces al día. Los parámetros de RAGT fueron: velocidad de la cinta de 1,5 km/h, BWS del 50% y fuerza guía de 100%. En ambos grupos, la duración del tratamiento fue de 4 semanas</p>	<p>- Fuerza (LEMS) - Independencia (SCIM III, subescala de movilidad)</p>	<p>• Fuerza: el grupo control obtuvo cambios significativos ($p < 0,001$) progresando de 33 (RIC:20-40) a 37 (RIC: 20-48); El grupo intervención también tuvo cambios estadísticamente significativos ($p < 0,001$), ya que progreso de 31 (RIC:12-40) a 37 (20-49). • La independencia funcional en la subescala de movilidad en el grupo control pasó de 6 (RIC:0-18) a 9 (RIC.0-33) siendo un cambio significativo ($p < 0,001$). En el grupo intervención la mejora también fue significativa ($p < 0,001$) ya que pasó de 4 (RIC: 0-11) a 10 (RIC:0-26).</p>

Título: Facilitatory effects of anti-spastic medication on robotic locomotor training in people with chronic incomplete spinal cord injury.			
Autor - Año: Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ . (2015)			
Diseño: Ensayo clínico aleatorizado			
Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N=48 sujetos divididos en dos grupos:</p> <p>►Entrenamiento locomotor en cinta rodante (TTL) (n=26)</p> <p>►Tizanidina +TTL (n=22)</p> <p>ASIA: C y D</p> <p>Edad: media 46.6±12.6 (grupo TTL) y 46,5±11,9 (grupo Tiz+TTL).</p> <p>Nivel de lesión: 20 C; 6 T (TTL) y 13 C; 9 T (Tiz+TTL)</p>	<p>El grupo TTL recibió entrenamiento con LOK 3 veces por semana durante 4 semanas. Cada sesión tuvo una duración mínima de una hora, con un entrenamiento de 30 a 45 min. Los parámetros de velocidad de la cinta, BWS y las fuerzas de guía robóticas fueron seteadas según la tolerancia y la comodidad del sujeto, aunque se priorizó la reducción de la fuerza de guía para promover el</p>	<p>-VM (10 MWT)</p> <p>-Equilibrio (TUG TEST)</p> <p>-RCV (6MWT)</p> <p>-Torque isométrico (dinamómetro isocinético)</p> <p>-AROM (diferencia entre la posición angular del tobillo al inicio y al final de la tarea)</p>	<p>• Respecto al análisis MID:</p> <p><u>10MWT</u>: la MID fue establecida como 0,11 m/s. En TizTTL, quienes alcanzaron la MID mostraron una velocidad mayor (p=0,02). En TTL, se observó una diferencia significativa (p=0,01).</p> <p><u>6MWT</u>: la MID fue establecida como 37,1 m. Se demostraron diferencias significativas entre quienes alcanzaron la MID y quienes no (p=0,02) en ambos grupos.</p> <p><u>TUG</u>: La MID fue establecida como 14,5 s. En TizTTL, quienes alcanzaron la MID tuvieron tiempos significativamente menores (p=0,01), pero en TTL, la diferencia no fue significativa (p=0,18)</p> <p><u>PF, MVC de DF y AROM</u>: No se observaron diferencias significativas en las comparaciones internas dentro de los grupos.</p> <p>•Según ANOVA:</p>

<p>Antigüedad de lesión (años): 9.3 (8.9) (TTL) y 10.2 (10.4) (Tiz+TTL)</p>	<p>impulso muscular voluntario.</p> <p>En el grupo Tiz+LTT, se administraron 0,03 mg/kg de tizanidina 4 veces al día durante 8 semanas y con LTT durante las últimas 4 semanas.</p>		<p><u>10MWT</u>: Se detectó una mejora significativa en la velocidad de marcha a lo largo del tiempo ($p < 0,001$), pero sin diferencias entre los grupos.</p> <p><u>6MWT y TUG</u>: No se encontraron cambios significativos con el tiempo en ninguno de los grupos.</p> <p><u>MVC de PF</u>: no se registraron cambios relevantes con el tiempo en ninguno de los grupos.</p> <p><u>MVC de DF</u>: Se detectó un aumento significativo en el torque máximo en ambos grupos (en comparación con 0, 1 y 2 semanas: $p < 0,05$).</p> <p><u>AROM</u>: No se observaron cambios significativos con el tiempo en ningún grupo.</p>
---	---	--	--

Título: Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury.

Autor - Año: Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾. (2020)

Diseño: Estudio prospectivo, aleatorizado y controlado

Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 30 pacientes varones con LM incompleta dividido en dos grupos:</p> <p>►Intervención (n=15)</p> <p>►Control (n=15)</p> <p>-ASIA: C y D</p> <p>-Edad: media 36,6.</p> <p>-Antigüedad de la lesión: 23 ± 33 meses (grupo I) y 28,6 ± 17 meses (grupo C)</p> <p>-Nivel de lesión: T12-L3</p>	<p>Se realizaron 5 sesiones de fisioterapia por semana durante 5 semanas ambos grupos</p> <p>El grupo intervención recibió RAGT adicional (Lok pro) 3 veces por semana, 30 min, durante 5 semanas. La velocidad de cinta inicial fue de 1,5 km/h y se aumentó según tolerancia. BWS inicial del 50% y luego se redujo según tolerancia.</p> <p>El grupo control realizó ejercicios de ROM, fortalecimiento, estabilización corporal, desarrollo de la capacidad de autocuidado y entrenamiento de marcha en el suelo.</p>	<p>-Fuerza (LEMS)</p> <p>-Independencia funcional (SCIM-III)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza del grupo RAGT pasó de 27,1±3,3 a al inicio (T1), a 28,9±3,6 al finalizar la intervención (T2) y 29,1±3,7 a los 3 meses (T3). Hubo una diferencia significativa entre T2 y T1 y entre T3 y T1 (p<0,01). • El grupo control pasó de 23,8±2,3 en T1, a 24,4±2,2 en T2 y T3. Se obtuvieron diferencias significativas entre T2 y T1 y entre T3 y T1 (p<0,01) • La independencia funcional del grupo RAGT pasó de 69,1±4,9 en T1 a 79,1±4,6 en T2 y 85,6 ± 2,2 en T3. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre T2 y T1 y entre T3 y T1(p<0,01). • El grupo control pasó de 69,2±3,0 en T1 a 76,2±2,4 en T2 y 76,8 ± 2,4 en T3, por lo tanto, hubo diferencias estadísticamente significativas entre T2 y T1 y entre T3 y T1(p<0,01).

Título: Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance

Autor - Año: Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾. (2014)

Diseño: Ensayo piloto clínico aleatorizado, cruzado y abierto

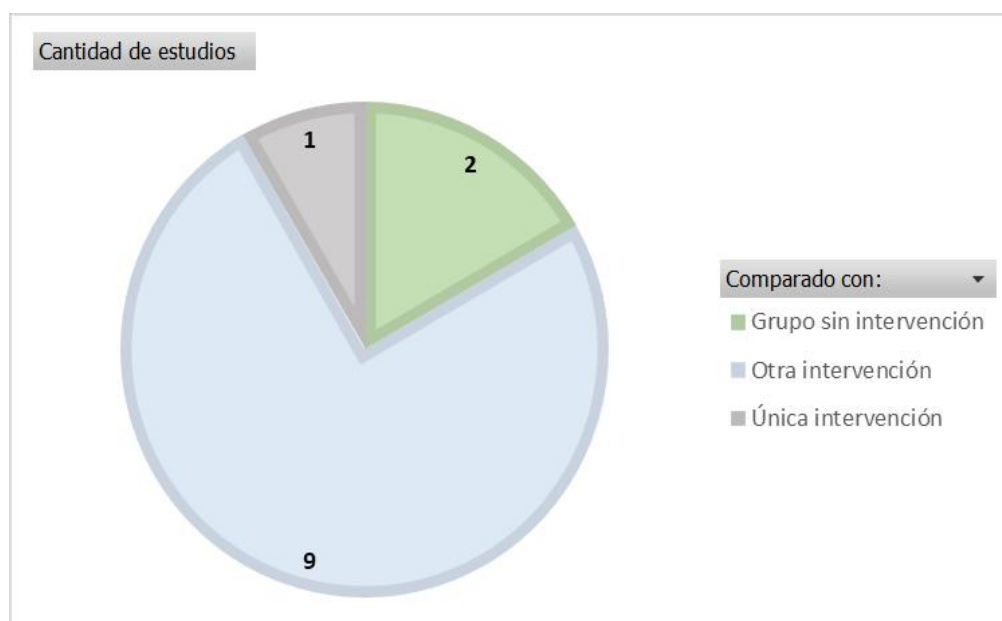
Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>N= 9 participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶RAGT-ST (n=5) ▶ST-RAGT (n=4) <p>ASIA: D. Edad: media 59±11 Nivel de lesión: entre C4 y T11 Antigüedad de la lesión: mayores a 1 año (desde 16 a 189 meses).</p>	<p>El grupo RAGT-ST recibió 16 sesiones de entrenamiento con LOK (modo de control de trayectoria solo o en adición al control de velocidad de la cinta de correr) de 45 min cada una durante 4 semanas, en las que se ajustaba la intensidad del mismo, modificando los parámetros de VM, el nivel de soporte del peso corporal, el soporte robótico o aplicando el siguiente modo de entrenamiento más alto. Posteriormente, participaron en 16 sesiones de entrenamiento de fuerza (45 min cada una) en 4 semanas y realizaban 3 series de 4 a 6 ejercicios</p>	<p>-VM (10MWT). -Equilibrio (BBS). -Fuerza (LEMS).</p>	<p>Al agrupar los grupos se obtuvieron los siguientes resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La VM progreso de 0.79 ± 0.31 al comienzo, y 0.80 ± 0.35 al final en sesiones RAGT ($p > 0,05$); en ST progreso desde $0,66 \pm 0,22$ al inicio y $0,80 \pm 0,28$ al final ($p \leq 0,05$). • El equilibrio luego de sesiones con RAGT pasó de $43,3 \pm 14,7$ a $44,4 \pm 14,7$ post entrenamiento ($p > 0,05$); en ST se obtuvieron cambios, ya que fue de $42,7 \pm 14,0$ al inicio y $45,4 \pm 14,7$ al final ($p \leq 0,05$).

	<p>al 70% de la máxima contracción voluntaria.</p> <p>El grupo ST-RAGT recibió las mismas intervenciones pero en orden inverso con la misma duración.</p> <p>El entrenamiento en LOK empezó con BSW de 30% y velocidad de 1-2km/h.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza de miembros inferiores, luego de sesiones de RAGT pasó de $40,9 \pm 7,5$ al inicio a $41,6 \pm 7,3$ al final de la intervención ($p > 0,05$); en cambio en ST se observaron mejoras, ya que fue de $40,4 \pm 6,6$ al inicio y $41,4 \pm 6,9$ al final ($p \leq 0,05$).
--	--	--	---

VI. b. Análisis de resultados

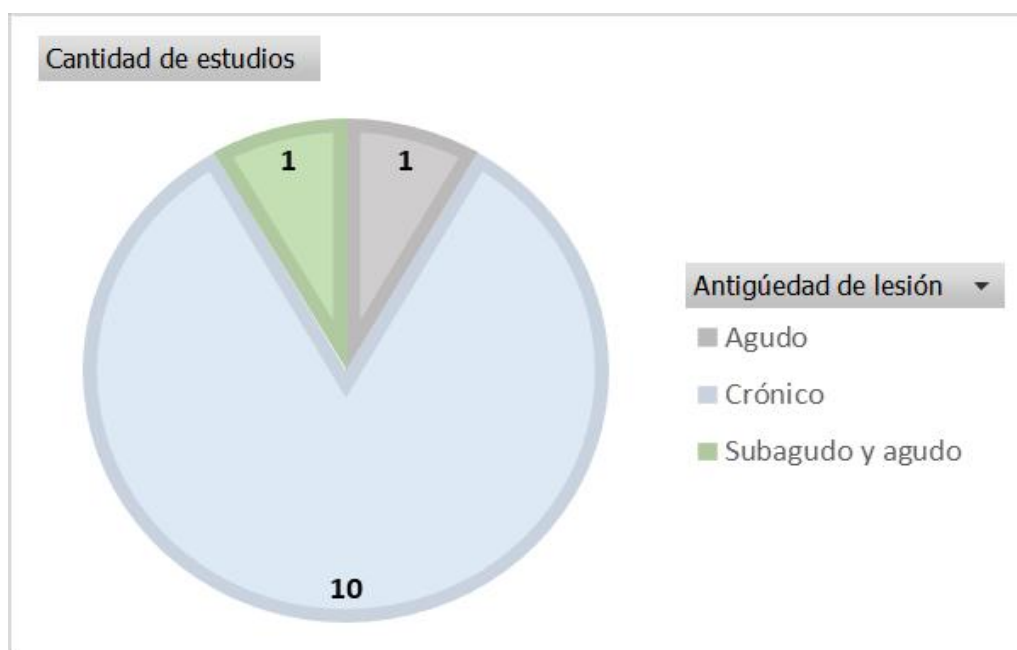
Se obtuvieron 12 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión de esta revisión para ser analizados y resumidos, considerando las características más importantes de las tablas.

Si bien todos los estudios implementaron el entrenamiento con LOK en pacientes con LMI, Galen et al ⁽⁹⁶⁾ lo plantearon como única intervención, mientras que Duffell et al ⁽⁹²⁾, Lam et al ⁽⁹³⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾, Cheung et al ⁽⁷³⁾, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, Shin et al ⁽⁹⁸⁾, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ lo plantearon en comparación con otra intervención en distintos grupos, entre ellas: Tizanidina (un fármaco antiespástico) sola o en combinación con LOK, entrenamiento de fuerza, un programa de fisioterapia o otra modalidad de LOK o un grupo control. Por otra parte, se incluyeron artículos que compararon el entrenamiento con LOK con únicamente un grupo control que no recibió ninguna intervención, tal como se aprecia en los estudios de Varoqui et al ⁽³²⁾ y Niu et al ⁽⁹⁴⁾.



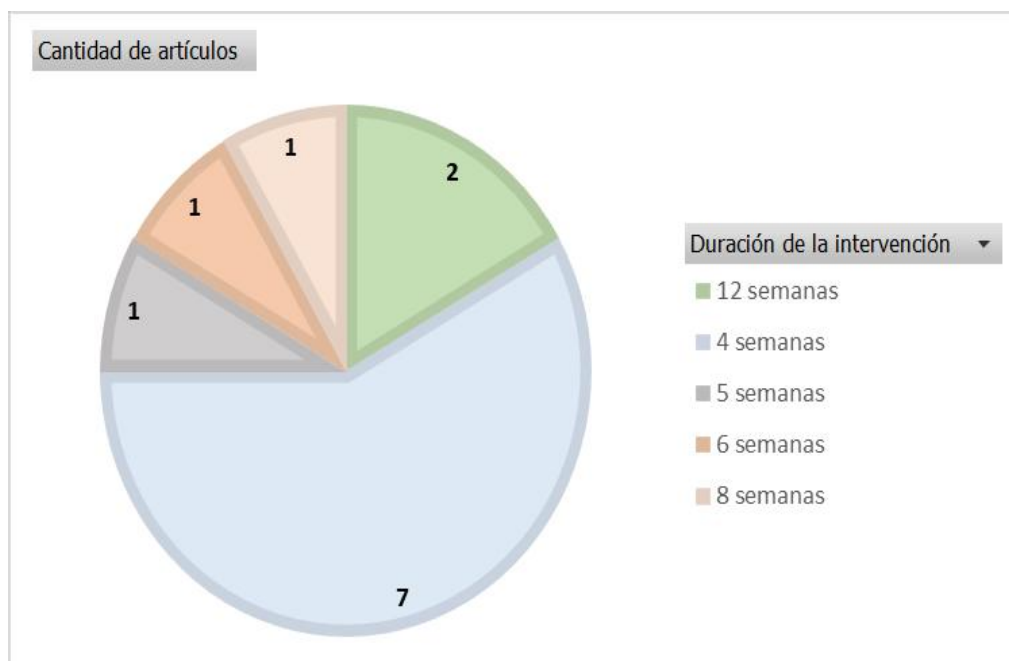
En base a los artículos seleccionados, se determinó que la muestra fue similar en la mayoría de los estudios, ya que los análisis fueron respecto a adultos y la media de edad varió entre 40 y 59 años, excepto en el estudio de Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾ y en el que la media fue 36 años. Por otra parte, la mayoría de los autores, tales como Duffell et al ⁽⁹²⁾, Lam et al ⁽⁹³⁾, Varoqui et al ⁽³²⁾, Galen et al ⁽⁹⁶⁾, Cheung et al ⁽⁷³⁾, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, analizaron a pacientes con LMI nivel C y D según ASIA, mientras que en los estudios de Shin et al ⁽⁹⁸⁾ y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ sólo se estudiaron a sujetos nivel D según ASIA; por otra parte, en el análisis de Niu et al ⁽⁹⁴⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ sólo se especificó que los sujetos tenían LMI.

En relación a la antigüedad de la lesión, con el propósito de facilitar el análisis de los resultados, los estudios fueron categorizados en tres grupos: aquellos en los que los sujetos de la muestra tenían menos de 6 meses, de 6 meses a 12 meses, y más de 12 meses de antigüedad de la lesión; respecto a esta categorización, Duffell et al ⁽⁹²⁾, Lam et al ⁽⁹³⁾, Niu et al ⁽⁹⁴⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾, Varoqui et al ⁽³²⁾, Cheung et al ⁽⁷³⁾, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ realizaron sus análisis en sujetos que tenían más de 12 meses de antigüedad de lesión. Mientras que Galen et al ⁽⁹⁶⁾ analizaron a 5 sujetos con más de 6 meses y 13 sujetos con menos de 6 meses de antigüedad de lesión, al igual que Shin et al ⁽⁹⁸⁾ que hicieron el análisis en sujetos con menos de 6 meses de antigüedad de la lesión.



En cuanto a la duración del entrenamiento con LOK en los artículos, la mayoría de los autores optaron por realizar sesiones de entrenamiento con una duración entre 30 y 45 minutos cada una, 3 veces por semana. No obstante, Niu et al ⁽⁹⁴⁾ y Galen et al ⁽⁹⁶⁾ se apartaron de este criterio, proponiendo sesiones de 1 hora; en el caso de Galen et al ⁽⁹⁶⁾, el entrenamiento se realizó con una frecuencia de 5 veces por semana; por último Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ plantearon un entrenamiento de 4 veces por semana.

Respecto a la duración total de la intervención, varios estudios decidieron analizar los efectos del uso de LOK en pacientes con LMI durante un periodo de un mes, como Duffell et al ⁽⁹²⁾, Niu et al ⁽⁹⁴⁾, Varoqui et al ⁽³²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾, Shin et al ⁽⁹⁸⁾, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾. Por otro lado, Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾ evaluaron los efectos de la intervención durante 5 semanas, Galen et al ⁽⁹⁶⁾ durante 6 semanas, Cheung et al ⁽⁷³⁾ durante 2 meses, y finalmente, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, y Lam et al ⁽⁹³⁾ durante 3 meses.



Con respecto a la intensidad del entrenamiento en LOK se programaron 3 variables: la velocidad de la cinta, la fuerza de guía y el BWS.

En los estudios realizados por Duffell et al ⁽⁹²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, la velocidad de la cinta de correr fue seteada según la tolerancia y comodidad de los pacientes. En el caso de Lam et al ⁽⁹³⁾ la velocidad inicial fue de 1 km/h, incrementándose en intervalos de 0,1 km/h. Niu et al ⁽⁹⁴⁾ aumentaron la velocidad hasta el punto en el que el sujeto podía mantener la calidad de la marcha sin fatigarse. Varoqui et al ⁽³²⁾ comenzaron con una velocidad de 1,5 km/h que se incrementó hasta 3 km/h según la tolerancia y comodidad del paciente. Galen et al ⁽⁹⁶⁾ emplearon una velocidad de 1-1,2 km/h, mientras que Cheung et al ⁽⁷³⁾ priorizaron la comodidad de los sujetos al seleccionar la velocidad. Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ establecieron un límite máximo de 3,2 km/h y Shin et al ⁽⁹⁸⁾ utilizaron 1,5 km/h de forma fija. En estudio Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾ la velocidad inicial fue de 1,5 km/h y se aumentó según tolerancia. Por último Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ emplearon velocidades iniciales de entre 1 y 2 km/h.

La fuerza de guía del LOK en artículos de Duffell et al ⁽⁹²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ fue seteada según la tolerancia y comodidad del paciente. En el análisis de Niu et al ⁽⁹⁴⁾, la fuerza de guía comenzó con asistencia completa y luego fue disminuyendo gradualmente hasta que el sujeto ya no podía mantener la velocidad. Por su parte, Varoqui et al ⁽³²⁾ redujeron progresivamente la fuerza guía según tolerancia, pasando de asistencia completa a un 20%. Shin et al ⁽⁹⁸⁾ emplearon una fuerza de guía de 100%. En cambio, los estudios de Lam et al ⁽⁹³⁾, Galen et al ⁽⁹⁶⁾, Cheung et al ⁽⁷³⁾, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾ y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ no reportaron parámetros de fuerza de guía.

El BWS del LOK en artículos de Duffell et al ⁽⁹²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ fue seteado según la tolerancia y comodidad del paciente. Lam et al ⁽⁹³⁾ emplearon un

BWS mínimo tolerado por el participante, y Niu et al ⁽⁹⁴⁾ adaptaron el soporte de peso corporal a las necesidades de cada individuo. En el estudio de Varoqui et al ⁽³²⁾, fue configurado entre el 95% al 25% del peso corporal. Galen et al ⁽⁹⁶⁾ aplicaron un BWS de entre el 80% y 70%, reduciéndolo hasta un ritmo en el que el sujeto controle la extensión de rodilla. Cheung et al ⁽⁷³⁾ fijaron el BWS en 40% de cada participante, mientras que Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ indicaron un soporte de 80-85% del peso de cada individuo. En el estudio de Shin et al ⁽⁹⁸⁾ y Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, los pacientes trabajaron con un BWS inicial del 50%, que fue disminuido según tolerancia en caso de este último. Finalmente, Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ utilizaron un soporte de 30% inicial.

Uno de los parámetros analizados en la rehabilitación con LOK en dicha población fue la VM, medida con el test 10MWT. Ésta, fue incluida en los estudios de Lam et al ⁽⁹³⁾, Varoqui et al ⁽³²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ y el mismo autor en el año 2015 ⁽⁹⁹⁾, todos los autores coincidieron en que los sujetos con LMI intervenidos con LOK obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, en el estudio de Niu et al ⁽⁹⁴⁾ se encontraron diferencias estadísticamente significativas solamente en los sujetos de alta capacidad de marcha y no en aquellos con baja capacidad de marcha, tal como sucedió en el estudio de Duffell et al ⁽⁹²⁾, donde se observaron mejoras estadísticamente significativas según los métodos de análisis ANOVA y GMM en la clase de alto funcionamiento, pero no en la clase de bajo funcionamiento y tampoco según el análisis con MID. Sin embargo, no es el único artículo que llegó al dicho resultado, ya que los autores Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ coinciden en que no existen diferencias significativas entre los valores de inicio y final del entrenamiento en LOK, pero sí en los presentados referentes al entrenamiento de fuerza; Cheung et al ⁽⁷³⁾ midieron la velocidad mediante un sistema de análisis de marcha y tampoco encontraron diferencias significativas en el grupo intervención ni en el grupo control.

En cuanto a la variable fuerza, con el objetivo de facilitar el análisis, se plantean los resultados de la fuerza de miembros inferiores por un lado y la fuerza isométrica por el otro.

En lo que respecta a las mediciones con LEMS luego de intervención LOK, se reportaron mejoras significativas en Cheung et al ⁽⁷³⁾, Shin et al ⁽⁹⁸⁾ en el grupo intervenido con LOK + fisioterapia convencional, y Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, tanto en los grupos de control como en los de intervención. Por otra parte, los artículos de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ no identificaron cambios significativos en el grupo LOK. Sin embargo, en el estudio de Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ se observaron mejoras significativas en la fuerza de miembros inferiores en el grupo intervenido con entrenamiento de fuerza.

En cambio, respecto a los resultados de fuerza isométrica posterior a la intervención con LOK, quienes evaluaron el comportamiento de los flexo-extensores de cadera y rodilla medidos por L-FORCE fueron Galen et al ⁽⁹⁶⁾, quienes observaron

mejoras significativas en los sujetos agudos y no en el grupo de subagudos y crónicos; de igual forma, el estudio de tampoco Cheung et al ⁽⁷³⁾ no reportó cambios significativos en el grupo de intervención y en el grupo control.

Por otra parte, el análisis del comportamiento de los PF y DF fue realizado por Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, quienes midieron la fuerza isométrica empleando un dinamómetro y encontraron que los PF según el análisis con MID y ANOVA no reveló mejoras significativas en ninguno de los grupos; sin embargo, en el caso de los DF, aunque el análisis con MID no mostró cambios estadísticamente significativos, el análisis con ANOVA evidenció mejoras significativas al comparar las mediciones realizadas a las 0, 1 y 2 semanas en los grupos LOK y LOK + TIZ. Varoqui et al ⁽³²⁾ midieron la fuerza isométrica con aparato experimental y reportaron un aumento significativo en la PF y DF.

En cuanto al equilibrio posterior al tratamiento con LOK en sujetos con LMI, éste fue evaluado mediante el TUG test. Duffell et al ⁽⁹²⁾ no encontró cambios significativos según ANOVA y MID; el estudio nombrado junto con Niu et al ⁽⁹⁴⁾ reportaron cambios significativos en sujetos con alta capacidad de marcha y no en aquellos con baja capacidad de marcha. De manera similar, el estudio de Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ no encontró diferencias significativas mediante los análisis ANOVA y MID en el grupo TTL; no obstante, los resultados obtenidos por MID evidenciaron mejoras significativas al comparar las mediciones realizadas a las 0, 1 y 2 semanas del grupo TizLTT. Por otra parte, esta variable también fue evaluada mediante la escala BBS en el estudio de Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ y los resultados no mostraron cambios significativos en el grupo LOK, aunque el grupo que realizó entrenamiento de fuerza presentó mejoras destacadas en esta variable.

En relación al ROM conseguido posterior del entrenamiento en LOK, el estudio realizado por Varoqui et al ⁽³²⁾ evidenció diferencias significativas en el grupo intervención; éstas, fueron observadas en el PROM medido manualmente por un examinador y en AROM medida con un dispositivo experimental. En contraste, en el estudio de Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ basado en los análisis MID y ANOVA, no se identificaron cambios significativos en el AROM en ninguno de los grupos.

Respecto a la función cardíaca posterior a LOK, la variable RCV, evaluada por 6MWT, mostró cambios significativos en los estudios de Lam et al ⁽⁹³⁾ en ambos grupos; en el estudio de Duffell et al ⁽⁹²⁾ según los análisis realizados con GMM en la clase de alto funcionamiento y en el análisis ANOVA también mostró una mejoría significativa; sin embargo, no se observaron diferencias significativas a partir del análisis de GMM en la clase de bajo funcionamiento, ni según el valor de MID. Por su parte Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ identificaron mejoras en la clase de mayor funcionalidad mediante el análisis ANOVA, sin embargo según el análisis GMM ningún sujeto intervenido con

LOK mostró mejoras significativas. Finalmente, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ reportaron diferencias significativas en ambos grupos según el análisis MID, pero no se observaron cambios según ANOVA en ninguno de los grupos. Adicionalmente, los estudios de Niu et al ⁽⁹⁴⁾ y Varoqui et al ⁽³²⁾, ninguna de las clases o grupos logró efectos significativos.

La misma variable también fue evaluada a través del análisis del comportamiento de la FC en el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, en el que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la FC medida durante el uso de LOK y el cicloergómetro de brazo.

En cuanto al comportamiento del sistema pulmonar, Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ analizaron el VO₂ mediante espirometría durante la marcha en LOK y cicloergómetro de brazos; los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo LOK durante la marcha en cinta robótica, pero no en el grupo control; en contraste, para la ergometría de miembros superiores no se encontraron valores significativos en ninguno de los grupos. En el análisis realizado por Cheung et al ⁽⁷³⁾ se observaron mejoras significativas en el VO₂ únicamente en el grupo intervención. Sin embargo, no encontraron mejoras significativas para flujo espiratorio máximo, VEF1 y CVF mediante espirometría en ninguno de los grupos.

Respecto los artículos que analizaron la evolución de la independencia funcional mediante la escala SCIM III luego de la intervención con LOK en la población previamente descrita, se incluye el trabajo de Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾, en el que se identificaron mejoras estadísticamente significativas en la totalidad de la escala al comparar los valores iniciales con los obtenidos al finalizar de la intervención y a los 3 meses del grupo LOK; en cuanto al grupo control también se observaron diferencias estadísticas entre los valores de inicio, los obtenidos al finalizar la intervención y los 3 meses posteriores. Por otro lado, Shin et al ⁽⁹⁸⁾ reportaron mejoras significativas exclusivamente en la subescala de movilidad de ambos grupos analizados en sus estudios, mientras que Cheung et al ⁽⁷³⁾ encontraron dicha respuesta sólo en el grupo intervención.

Por último, en cuanto a los motivos de interrupción del uso del dispositivo, en Lam et al ⁽⁹³⁾ se reportaron 19 casos en cuatro participantes (uno del grupo de control y tres del grupo Loko-R) en los que el dolor de cabeza, la fatiga o el dolor/molestia en la zona lumbar o la pierna interrumpieron el entrenamiento. En el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁶⁾ un sujeto abandonó el entrenamiento con LOK debido a hipotensión sintomática durante la fase de aclimatación al dispositivo.

Cabe destacar que, además de los motivos que requirieron que los sujetos interrumpieran el uso del LOK, existieron eventos adversos que afectaron su curso pero no lo detuvieron. En el análisis de Lam et al ⁽⁹³⁾, entre los participantes del grupo control que se entrenaron con el modo convencional de LOK, se reportaron 6 informes

de fatiga, 2 informes de mareos, y 23 informes de dolor/sensibilidad (principalmente en la zona lumbar) a lo largo del programa de entrenamiento; entre los sujetos del grupo intervención entrenados mediante Loko-R, hubo 3 informes de sudoración excesiva, 1 informe de dolor de cabeza excesivo, 15 informes de fatiga, 2 informes de mareos, 1 informe de visión borrosa y 38 informes de dolor/ sensibilidad (principalmente en la zona lumbar y Piernas). En el caso del estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ de los 18 sujetos que completaron el estudio, dos desarrollaron algún tipo de irritación o abrasión cutánea principalmente en la cadera, la ingle, el pene, la espalda, la muñeca, los glúteos y la escápula.

VII. DISCUSIÓN:

Desde la etapa inicial de búsqueda en las diversas bases de datos hasta la selección de los 12 artículos que cumplieron con los objetivos planteados, se destaca el gran número de investigaciones que abordan el entrenamiento con LOK como herramienta terapéutica destinada a mejorar la marcha en pacientes con LMI; esta intervención representa una estrategia emergente de rehabilitación, posicionándose como un enfoque innovador en la recuperación funcional.

Como se mencionó anteriormente, el entrenamiento mediante LOK surge como modalidad alternativa o complementaria a la fisioterapia o entrenamiento convencional, donde su objetivo principal radica en reproducir un patrón repetitivo y controlado de la marcha mediante asistencia robótica.

Los objetivos de este estudio fueron analizar, a través de una revisión bibliográfica, cuales son los efectos de la velocidad de la marcha, la fuerza, ROM, el equilibrio, la independencia funcional y la función cardiopulmonar posteriores a la rehabilitación con Lokomat en pacientes con LM incompleta. Además, se buscó identificar cuáles son los parámetros de seteo y dosificación en cuanto a frecuencia, intensidad y duración del tratamiento con el dispositivo, y revisar en la literatura en qué etapa de la rehabilitación se da el máximo beneficio y cuales son los motivos de interrupción del uso del dispositivo.

Para poder dar respuesta a estos interrogantes, se analizarán los datos obtenidos tras la búsqueda bibliográfica respecto a los sujetos intervenidos con LOK.

En relación al primer objetivo planteado, la variable velocidad fue medida por el 10MWT en los sujetos intervenidos con LOK. Se observaron mejoras significativas en los artículos de Duffell et al ⁽⁹²⁾ mediante análisis ANOVA y GMM en los sujetos de alto funcionamiento; Lam et al ⁽⁹³⁾ en ambos grupos sometidos a LOK; Niu et al ⁽⁹⁴⁾ solamente en sujetos de alta capacidad de marcha; Varoqui et al ⁽³²⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ con ANOVA y GMM en clase de alto y bajo funcionamiento; Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ analizado con MID y ANOVA. Por otro lado, los artículos que no reportaron cambios significativos fueron los de Niu et al ⁽⁹⁴⁾ en sujetos de baja capacidad de marcha; Duffell et al ⁽⁹²⁾ según el análisis MID y GMM en sujetos de bajo funcionamiento; Cheung et al ⁽⁷³⁾ y en Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾. Basándose en los artículos seleccionados, se observa que aquellos sin mejoras significativas corresponden, en su mayoría, a pacientes con menor funcionalidad. No obstante, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ informaron cambios significativos en el grupo de bajo funcionamiento; sin embargo, este comportamiento no puede ser completamente comparado con los otros artículos seleccionados en esta revisión, debido a que en dicho estudio no se especifica el nivel de lesión, ni la clasificación

según ASIA, ni la edad de los participantes, siendo variables que podrían influir en los resultados y limitar las posibilidades de establecer comparaciones directas.

Por el contrario, en el estudio de Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ no se observaron mejoras significativas; dicho resultado podría atribuirse a que la potencia estadística se vio limitada por el bajo número de participantes.

Asimismo, en el estudio de Cheung et al ⁽⁷³⁾ no se observaron cambios significativos, probablemente debido a que, a diferencia de los otros trabajos, las mediciones se realizaron con un sistema de análisis de marcha en lugar del test 10MWT.

Siguiendo con el segundo objetivo planteado, la fuerza de miembros inferiores, evaluada mediante escala LEMS, mostró diferencias significativas en los estudios de Cheung et al ⁽⁷³⁾, Shin et al ⁽⁹⁸⁾ y Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾. En contraste, los artículos de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ y Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ no reportaron diferencias significativas. Cabe destacar que aquellos que encontraron diferencias significativas comparten la característica de haber combinado LOK con fisioterapia.

Por otra parte, en lo referente a la fuerza isométrica de los flexo-extensores de cadera y rodilla, ésta variable fue medida con L-FORCE en los artículos de Galen et al ⁽⁹⁶⁾ y Cheung et al ⁽⁷³⁾. En el primer estudio se observaron diferencias significativas exclusivamente en los sujetos cuya antigüedad de la lesión era inferior a seis meses; sin embargo, en los pacientes con lesiones de más de seis meses o un año, analizados en ambos estudios no se encontraron cambios relevantes. Es probable que los resultados positivos se presenten en los sujetos agudos, ya que en ambos estudios, tenían capacidad ambulatoria previa a la intervención, por lo tanto esto denota valores de fuerza previos. Estos hallazgos coinciden con el análisis realizado por Wilson et al ⁽¹⁰¹⁾, quienes llevaron a cabo un estudio de cohorte en pacientes con LM y concluyeron que el mayor cambio en la puntuación de las extremidades inferiores se observa durante los primeros 3 meses después de la LM (+ 12%), en comparación con los 3 a 6 meses (+ 4%) o los 6 a 12 meses (+ 6%). Cabe destacar que el estudio de Galen et al ⁽⁹⁶⁾ no incluyó un grupo control dentro de su diseño metodológico, lo que puede influir en la interpretación de sus resultados, ya que la ausencia del mismo, limita la posibilidad de establecer comparaciones directas sobre la efectividad de la intervención, debido a que no se puede determinar con certeza si los cambios observados son atribuibles exclusivamente a la intervención o a otros factores externos.

Además, en relación a los diferentes estadios de evolución del tratamiento en pacientes agudos y subagudos/crónicos, la diversidad de las respuestas pueden ser explicadas mediante los efectos de techo y piso. El efecto piso se observa en pacientes con enfermedad avanzada, donde la respuesta al tratamiento es limitada,

dificultando la detección de mejoras significativas. En cambio, la evolución clínica de los pacientes agudos sigue un curso dinámico, con posibilidad de mejoras significativas antes de alcanzar un posible techo, en el que la intervención puede no generar diferencias detectables debido a la proximidad de los sujetos al umbral máximo de recuperación.

Resulta importante destacar que la plasticidad neuronal puede manifestarse de forma espontánea, o puede ser inducida por el entrenamiento locomotor a nivel cortical. Las modificaciones en la actividad de la corteza sensoriomotora están vinculadas con la recuperación locomotora funcional después de una LM; según Dietz et al.⁽¹⁵⁾ la fase más significativa de esta recuperación ocurre predominantemente entre las semanas 12 y 15. Asimismo, otros centros supraespinales, como el cerebelo y el tronco encefálico, han sido identificados como áreas clave de plasticidad neuronal en sujetos que reciben entrenamiento locomotor después de una LM ⁽¹⁰²⁾.

Por otro lado, en el estudio de Varoqui et al ⁽³²⁾, la fuerza isométrica de los PF y DF fue medida utilizando un dispositivo experimental, logrando cambios significativos en ambos grupos musculares. En contraste, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ evaluaron la fuerza isométrica con un dinamómetro isocinético, sin identificar diferencias significativas en PF y DF según el análisis MID, ni en PF según ANOVA; sin embargo, se registraron diferencias significativas en DF mediante ANOVA. Estos resultados, observados en los últimos dos artículos, parecen depender del tipo de dispositivo empleado para la medición.

En lo que respecta a la variable equilibrio, evaluada con TUG test, Duffell et al ⁽⁹²⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ establecieron la MID en un valor 14,4 s como parámetro. En ambos estudios, únicamente dos sujetos del grupo LOK lograron alcanzar dicho valor, lo que resultó en dato no significativo. Asimismo, el análisis estadístico mediante ANOVA no reveló efectos significativos ni en el momento ni en el grupo; sin embargo, en Duffell et al ⁽⁹²⁾, según el análisis basado en GMM, se identificaron diferencias significativas en los pacientes clasificados como alto funcionamiento (n=20), mientras que no fue así en aquellos de bajo funcionamiento (n=6); cabe destacar que ambos estudios analizaron a 26 sujetos y realizaron la intervención con LOK durante 30-45 min, 3 veces por semana durante 1 mes. En semejanza, según el estudio de Niu et al ⁽⁹⁴⁾, los sujetos con alta capacidad de marcha obtuvieron mejoras significativas, ya que redujeron su tiempo en 0,41 s por semana, mientras que la clase de bajo capacidad de marcha no mostró resultados significativos.

Resulta pertinente destacar que, según Duffell et al ⁽⁹²⁾, los pacientes que alcanzaron la MID fueron clasificados como sujetos de bajo funcionamiento; esta relación podría atribuirse a la naturaleza del TUG test, que posiblemente no represente un desafío suficiente para los sujetos clasificados como de alto funcionamiento. Por

otra parte, en el análisis de Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ el equilibrio se evaluó con BBS, sin evidenciar diferencias significativas.

Además, resulta importante señalar que en los artículos de Duffell et al ⁽⁹²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ y Niu et al ⁽⁹⁴⁾, el TUG test no se utilizó exclusivamente para evaluar el equilibrio, sino que también dichos resultados, contemplaron la evaluación de la movilidad, el riesgo de caídas y la capacidad para caminar. En contraposición, Labruyère et al ⁽⁸⁷⁾ emplearon la BBS exclusivamente para evaluar el equilibrio. Teniendo en cuenta lo expuesto al final, es probable que ninguno haya alcanzado diferencias significativas, ya que, según lo postulado por Lin et al ⁽¹⁰³⁾, para obtener un mejor control del equilibrio, es necesario un control activo que permita estabilizarse durante la marcha humana en respuesta a perturbaciones del equilibrio. Dicho fin no puede ser llevado a cabo en los estudios incluidos en esta revisión, ya que el LOK realiza sus movimientos dentro del plano sagital exclusivamente. Sin embargo, según el artículo de Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ se puede inferir que la combinación del LOK junto a un fármaco antiespástico tiene mejoras estadísticamente significativas respecto al equilibrio en comparación con el LOK por sí solo.

Continuando con el análisis, respecto a la función pulmonar, en ésta revisión se incluyeron las siguientes variables para evaluar la respuesta pulmonar a la intervención con LOK: VO₂ máx, flujo espiratorio máximo, VEF1 y CVF.

Respecto al VO₂ máx medido por ergometría de miembros superiores, se observó una mejora significativa en el análisis Cheung et al ⁽⁷³⁾, mientras que en el análisis de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ no se reportaron cambios significativos. Esta discrepancia puede atribuirse a diversos factores. En primer lugar, el estudio de Cheung et al ⁽⁷³⁾ incorporó, además del LOK, un programa de fisioterapia estándar que incluye fortalecimiento, entrenamiento en silla de ruedas y marcha sobre el suelo, entre otros. En segundo lugar, las diferencias en el BWS utilizado en ambos estudios ofrecen una posible explicación: en el análisis de Cheung et al ⁽⁷³⁾ el BWS fue del 40%, lo que requirió que los pacientes soportaran el 60% de su peso corporal; en contraposición, en el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, se estableció un rango de 80-85% de BWS, permitiendo que los pacientes solo soportaran el 15-20% de su peso corporal, lo cual implicó menos esfuerzo. Finalmente, en el estudio de Cheung et al ⁽⁷³⁾ se utilizó un sistema de biorretroalimentación EMG sobre el músculo vasto lateral para fomentar la participación activa y en consecuencia, promover el consumo de oxígeno a nivel celular.

Por otro lado, en cuanto a la medición por espirometría del VO₂ durante la marcha en cinta robótica, en el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ se observaron diferencias significativas en comparación con el grupo control.

Considerando todas las variables analizadas en esta revisión para la evaluación de la función pulmonar, el único estudio que reportó resultados sobre el flujo espiratorio máximo, el VEF y la CVF fue el de Cheung et al ⁽⁷³⁾. En dicho análisis, todas las variables fueron medidas a través de espirometría; no se demostraron diferencias significativas respecto del flujo espiratorio máximo, VEF1 y CVF.

En relación a la función cardiovascular evaluada con el 6MWT, se observaron cambios significativos únicamente en los estudios de Duffell et al ⁽⁹²⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ mediante ANOVA y la clase funcional más alta por medio de GMM; así como en ambos grupos investigados por Lam et al ⁽⁹³⁾, quienes emplearon el LOK y LOK pro. Resulta importante destacar que Duffell et al ⁽⁹²⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁵⁾, implementaron la intervención por un periodo total de 1 mes, lo que sugiere que el entrenamiento en este lapso de tiempo, beneficia únicamente a los sujetos con alta funcionalidad en dicha variable. No obstante, Lam et al ⁽⁹³⁾ reportaron que, tras un periodo de entrenamiento de 3 meses, ambos grupos presentaron mejoras en comparación a su valor de base.

Cabe aclarar que, aunque Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ llevaron a cabo el 6MWT con el propósito de evaluar la distancia que los sujetos podían recorrer durante 6 minutos, es posible inferir que un incremento en los valores de distancia podría asociarse a un aumento de la resistencia de diversos sistemas, entre los que se encuentra el cardiovascular según el estudio de Singhasoot et al. ⁽⁴⁵⁾, y Amatachaya et al. ⁽⁴³⁾. De manera similar, Duffell et al ⁽⁹²⁾ y Lam et al ⁽⁹³⁾ que analizaron la resistencia, aunque, como se mencionó previamente, el 6MWT, al ser un test de carácter global, incorpora la respuesta del sistema cardiovascular.

Considerando los resultados obtenidos, se observó que todos los sujetos que realizaron un entrenamiento con LOK por un periodo de 3 meses experimentaron una mejora significativa en la función cardiovascular. Por otro lado, en los pacientes con mayor nivel de funcionamiento que entrenaron solo un mes, podrían evidenciarse diferencias significativas, aunque esto último no siempre es así, dado que no se encontraron mejoras los estudios de Duffell et al ⁽⁹²⁾ según análisis MID y GMM en sujetos de bajo funcionamiento; Niu et al ⁽⁹⁴⁾ en sujetos tanto de bajo como de alto funcionamiento; Varoqui et al ⁽³²⁾; Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ según ANOVA y GMM en pacientes con bajo funcionamiento; y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ conforme los análisis ANOVA y MID.

Como se indicó previamente, el 6MWT es una prueba que evalúa la respuesta de múltiples sistemas, incluidos el cardiaco, pulmonar y muscular. Por ello, las disparidades en los resultados podrían explicarse por el carácter global de la evaluación y la interacción de sistemas.

Por el contrario, en el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, la medición de la variable se realizó mediante la evaluación de la FC utilizando un monitor. Los resultados obtenidos

compararon el comportamiento de la FC durante la marcha robótica en cinta y en un cicloergómetro de brazos, sin detectar diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

En cuanto al rango de movimiento intervenidos en pacientes con LOK, en el estudio de Varoqui et al ⁽³²⁾, se midió el PROM mediante un examinador, y el AROM utilizando un dispositivo experimental. Se observó una mejora significativa en ambas medidas dentro del grupo intervención, mientras no se registraron cambios significativos en el grupo control que no recibió ninguna intervención. La mejoría de ambos parámetros puede atribuirse a que, inicialmente, los participantes seleccionados debían tener un PROM de las articulaciones de las piernas dentro de los límites funcionales para la deambulaci3n. Adem3s, durante la intervenci3n, el pie fue ubicado en posici3n neutra (90°), evitando el acortamiento de los PF y promoviendo el estiramiento de los m3sculos DF, pudiendo modular la rigidez pasiva y favorecer el movimiento activo; adicionalmente, se instruy3 a los pacientes a prestar atenci3n a los movimientos de su tobillo durante el ciclo de la marcha, enfatizando el levantamiento de los dedos en la fase de balanceo y el apoyo inicial del tal3n del pie adelantado en la cinta de correr, para fomentar la participaci3n activa. Por otra parte, parte de la ganancia del AROM, puede estar vinculada a una mejora en la fuerza muscular de los DF. Cabe destacar que la medici3n del PROM, al ser realizada de forma manual por un examinador, podr3a incluir un componente subjetivo, en contraste con la evaluaci3n del AROM con un dispositivo experimental que arroja resultados m3s objetivos.

Por otro lado, en el estudio de Duffell et al ⁽⁹⁹⁾, el AROM se determin3 calculando la diferencia entre la posici3n angular del tobillo al inicio y al final de la tarea, sin observarse cambios significativos seg3n el an3lisis MID y ANOVA. Resulta relevante considerar que en este art3culo, la intervenci3n con LOK se realiz3 en 26 sujetos durante sesiones de 40-45 min a lo largo de un mes. En el caso del estudio de Varoqui et al ⁽³²⁾, aunque se emplearon los mismos par3metros temporales, el an3lisis solo incluye 15 sujetos, lo que podr3a explicar la disparidad de resultados entre ambos estudios.

En lo referente al an3lisis de la independencia funcional evaluada mediante SCIM-III en art3culo de Cheung et al ⁽⁷³⁾ no demostr3 diferencias significativas en el puntaje de la escala SCIM-III total, ni en la subescala de autocuidado y la de respiratorio-esf3nter; mientras que en la subescala de movilidad si se demostraron resultados estad3sticamente significativos. En contraposici3n, en el estudio de Midik et al ⁽¹⁰⁰⁾ si se mostr3 un cambio significativo en el SCIM-III total. Dicha diferencia, puede ser atribuida probablemente a una menor edad promedio de los sujetos y a la ubicaci3n m3s distal del nivel de lesi3n promedio en comparaci3n con Cheung et al ⁽⁷³⁾.

En los estudios de Cheung et al ⁽⁷³⁾ y Shin et al ⁽⁹⁸⁾, se emplearon LOK y fisioterapia en ambos grupos de pacientes. Los resultados indicaron una mejora significativa en la subescala de movilidad medida por SCIM-III, sin que la antigüedad de la lesión fuera un factor determinante, ya que en el análisis de Cheung et al ⁽⁷³⁾ la evolución de la lesión era mayor a 6 meses, mientras que en el estudio de Shin et al ⁽⁹⁸⁾, la antigüedad de la lesión fue menor a 6 meses.

Los motivos de interrupción del uso del LOK reportados en los estudios analizados permiten identificar efectos adversos y limitaciones inherentes a su uso en pacientes con LMI. Según Lam et al ⁽⁹³⁾, de los 4 participantes que interrumpieron el entrenamiento debido a un efecto adverso, 3 correspondían al grupo intervenido con Loko-R y 1 al entrenamiento con LOK en modo convencional. Este hallazgo sugiere una mayor demanda en el entrenamiento con resistencia, ya que los motivos de interrupción variaron entre dolor de cabeza o en las extremidades o zona lumbar y fatiga. Por otro lado, en el estudio de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾ se reportó un abandono por episodio de hipotensión; además resulta importante señalar que un sujeto decidió abandonar por considerar que el riesgo de una posible fractura ósea superaba cualquier beneficio potencial de la intervención. Este último aspecto adquiere especial importancia, dado que Filippo et al ⁽¹⁰⁴⁾ describen un caso en el que una paciente con LMI presentó una fractura metafisaria de la tibia.

Adicionalmente, ambos estudios documentaron casos de irritación, abrasiones cutáneas y dolor en zona lumbar, así como en áreas de contacto del dispositivo, tales como escápulas y glúteos. Estas manifestaciones podrían estar relacionadas con las alteraciones sensitivas propias de la LM, las cuales dificultan discernir cuando un punto de presión resulta excesivo o inadecuado. Es por este motivo, que se destaca el análisis de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, en el que todos los participantes que fueron incluidos dentro de la intervención con LOK se sometieron a densitometría ósea y fueron excluidos del estudio si su puntuación T de densidad mineral ósea promedio era de -3,5 o inferior, ya que esto indicaba riesgo de fractura de huesos largos durante el intervención. Por consiguiente, los resultados obtenidos evidencian que, aunque el entrenamiento con LOK, tanto en modalidad convencional o con resistencia, puede ser efectivo, no está exento de efectos adversos que requieren monitoreo continuo.

La dosificación de los parámetros de velocidad, fuerza de guía y BWS de la cinta de correr en el uso del LOK presentó una considerable variabilidad, sin que se lograra establecer criterios unificados. Respecto a la velocidad, en la mayoría de los estudios osciló en un rango de de 1 km/h a 3,2 km/H; en cambio, en el caso de Duffell et al ⁽⁹²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾ y Duffell et al ⁽⁹⁹⁾ se priorizó la tolerancia y comodidad del paciente. En cuanto a la fuerza de guía, se observó una variación significativa, desde una asistencia del 100% hasta un 20%, o hasta que el sujeto no pudiera mantener la

velocidad; en otros casos, se priorizó la tolerancia y comodidad del paciente. Por último, el BWS mostró una amplia variabilidad de seteo, con un rango que se extendió desde el 95% hasta un 30%; este porcentaje pudo ir disminuyendo progresivamente o mantenerse constante según el caso, mientras que en otros pacientes se consideró como prioridad la tolerancia, la comodidad o la adaptabilidad del paciente. Dado el elevado nivel de variabilidad la velocidad, fuerza de guía y BWS de la cinta de correr, no fue posible establecer un criterio uniforme de seteo de dichos parámetros.

En cuanto a la duración y frecuencia del entrenamiento con LOK, los estudios analizados muestran variabilidad en ambos aspectos. Mientras que la mayoría de los autores optaron por plantear sesiones de 30-45 min, 3 veces por semana, algunos autores, como Niu et al ⁽⁹⁴⁾ y Galen et al ⁽⁹⁶⁾, propusieron sesiones más largas e intensivas. Respecto a la duración total de la intervención, aunque períodos más largos, como los de Gorman et al ⁽⁹⁷⁾, parecen obtener mejoras significativas, intervenciones más breves también han demostrado los mismos resultados, destacando la efectividad del LOK incluso en el corto plazo.

En lo que respecta a la etapa de la rehabilitación en la que se da el máximo beneficio del uso del Lokomat en pacientes con LM incompleta, al analizar los artículos según su antigüedad de lesión menor de 6 meses, entre 6 y 12 meses o mayor a 12 meses, se puede observar un punto en común entre los artículos de Galen et al ⁽⁹⁶⁾ y Shin et al ⁽⁹⁸⁾ que analizaron a sujetos agudos, y es que ambos encontraron resultados estadísticamente significativas en sus variables, lo que da cuenta de un beneficio en cuanto a la antigüedad de lesión. Esto coincide con el metanálisis de Nam et al ⁽¹⁰⁵⁾, quienes concluyeron que los grupos con RAGT agudo mostraron mejoras significativamente mayores en la distancia de marcha, la fuerza en las piernas y el nivel funcional de movilidad e independencia que los grupos con entrenamiento sobre el suelo. Asimismo, Alizadeh et al. ⁽¹⁰⁶⁾ llegaron a la conclusión de que la mayor parte de la recuperación funcional en personas con LM ocurre dentro de los primeros 3 a 6 meses posteriores a la LME, y a menudo alcanza una meseta a los 9 meses. Por otra parte, en el análisis de los sujetos crónicos, se puede observar un punto en común en los estudios que incluyen análisis según GMM, la mayoría de los resultados significativos fueron obtenidos en sujetos crónicos pertenecientes a la clase de alto funcionamiento.

Sin embargo, la fiabilidad de los resultados puede verse afectada por la naturaleza de la población analizada, ya que la mayoría de los estudios revisados involucran pacientes con LMI crónica menos los estudios de de Shin et al ⁽⁹⁸⁾ y algunos sujetos en Galen et al ⁽⁹⁶⁾, mientras que los cuadros agudos presentan características fisiológicas y de recuperación diferentes.

Las diferencias en la plasticidad neuronal, adaptación muscular y capacidad de respuesta a las intervenciones pueden generar variaciones en los efectos observados. En pacientes con lesión crónica, los patrones de compensación motora ya están más consolidados lo que podría influir en la respuesta a los tratamientos estudiados. Además, los posibles tratamientos previos recibidos pueden haber generado respuestas positivas o negativas, modificando la capacidad de adaptación y recuperación frente a nuevas intervenciones. Por otro lado, en casos agudos, la fase de recuperación espontánea y la mayor vulnerabilidad a los cambios neuromusculares pueden hacer que las intervenciones tengan impactos distintos.

Por otra parte, la ausencia de intervención en el grupo control de Duffell et al ⁽⁹²⁾, Niu et al ⁽⁹⁴⁾, Varoqui et al ⁽³²⁾, Duffell et al ⁽⁹⁵⁾, puede afectar la interpretación de los resultados, ya que la comparación con un grupo sin tratamiento podría amplificar el efecto aparente de las intervenciones. Además, la falta de tratamiento puede influir en la motivación, el comportamiento y la percepción de la evolución de la enfermedad en los participantes, generando posibles sesgos en la comparación entre grupos.

VIII. CONCLUSIÓN

Con respecto al objetivo general de esta revisión, se concluye que el uso del LOK, en combinación con fisioterapia, produce efectos significativos en la fuerza de miembros inferiores, evaluados mediante LEMS. Asimismo, en lo que respecta a la fuerza isométrica de flexo-extensores de cadera y rodilla medida por L-FORCE (LOK), se observaron mejoras significativas en sujetos en estado agudo. En segundo lugar, respecto a la fuerza isométrica de PF y PD, la evaluación mediante un dispositivo experimental reveló cambios significativos en ambos grupos musculares. En contraste, al emplear un dinamómetro isocinético para la misma medición, no se identificaron diferencias significativas entre los grupos evaluados; estos hallazgos sugieren que las diferencias en los resultados obtenidos están sujetas al tipo de dispositivo empleado para la medición.

En lo que concierne a la VM evaluada con el 10MWT, se concluye que las mejoras significativas registradas en sujetos críticos corresponden a aquellos clasificados dentro de la categoría de alto funcionamiento. Por otro lado, al evaluar la VM utilizando un sistema de análisis de la marcha, no se identificaron mejoras en los resultados obtenidos. Cabe destacar que esta variable no fue objeto de análisis en sujetos en estado agudo.

Progresando al análisis de los objetivos específicos, respecto a la duración de las sesiones y su frecuencia, los artículos revelaron efectividad tanto en intervenciones a corto como a largo plazo. La totalidad de los autores plantearon una duración entre 30/45 min y 1 hora cada sesión, 3 veces por semana en su mayoría. No obstante, la variabilidad en los protocolos sugiere que no existe un enfoque único, lo que enfatiza la necesidad de adaptar la duración y frecuencia del entrenamiento según las características individuales de los pacientes y los objetivos terapéuticos.

Con relación a la dosificación del LOK, se revisaron los parámetros de velocidad de la cinta, BWS y fuerza de guía. Cabe resaltar que la modificación de dichas variables determinan la intensidad de la sesión. Según lo revisado, no se encontraron evidencias de consenso a la hora de cómo aplicar el entrenamiento estudiado.

Por otra parte, los principales motivos de interrupción del uso del LOK están asociados a factores como el dolor, la fatiga, las irritaciones cutáneas e hipotensión. Estos hallazgos enfatizan la importancia de un monitoreo exhaustivo, especialmente en los pacientes con LMI, ya que por la naturaleza de la enfermedad padecen alteraciones sensitivas. De esta forma se puede garantizar la seguridad y efectividad del tratamiento con LOK.

En cuanto a la etapa de la rehabilitación en la que se da el máximo beneficio del uso del Lokomat en pacientes con LM incompleta, se concluye que los pacientes

con un curso agudo de la lesión muestran mejoras significativas tras su uso, al igual que los pacientes que presentan una evolución crónica y tienen un alto nivel de funcionalidad.

Respecto a la función cardiaca, los estudios indican que el entrenamiento con LOK puede inducir a mejoras significativas en la resistencia cardiovascular, medida con el 6MWT, particularmente en intervenciones de mayor duración y en sujetos de mayor funcionalidad inicial. Sin embargo, las disparidades observadas en los resultados sugieren que la efectividad del 6MWT para el análisis de la función cardiaca, se ve influenciada por la interacción de múltiples sistemas para llevar a cabo la prueba.

En cuanto a la función pulmonar, los resultados muestran que el entrenamiento con LOK tiene un potencial de influir positivamente en el VO₂ max. Adicionalmente, el empleo de estrategias que fomenten la participación activa del paciente, tal como la biorretroalimentación por EMG, promueven un trabajo más demandante para entrenar el sistema pulmonar. Sin embargo, los reportes del flujo espiratorio máximo, VEF1 y la CVF destacan la importancia de considerar factores como el porcentaje de BWS y la metodología empleada para cada intervención, tal como la implementación de un modo con resistencia o asistido.

En lo que respecta al ROM, el uso del LOK puede contribuir a mejoras significativas en el AROM y PROM, especialmente cuando se aplican estrategias que promueven la participación activa de los pacientes y el acondicionamiento muscular.

En relación con el equilibrio, los estudios analizados sugieren que el uso del LOK puede generar mejoras en dicha variable medida por TUG, especialmente en pacientes con alta capacidad de marcha, aunque los resultados no son siempre significativos. Factores como la naturaleza de esta escala, influyen en el análisis específico del equilibrio, ya que dicha evaluación incluye el análisis de otras variables (como por ejemplo la movilidad y la fuerza de miembros inferiores), además de que podría no representar un desafío suficiente para pacientes con alto funcionamiento. Por otro lado, el uso de LOK con tratamientos suplementarios, como la Tizanidina, podría optimizar los resultados, destacando la necesidad de intervenciones integradas para abordar el equilibrio de manera más efectiva. Por otro lado, el evaluar equilibrio con BBS no mostró mejorías.

En cuanto a la independencia funcional, los resultados indican que el entrenamiento con LOK, combinado con fisioterapia, puede favorecer mejoras significativas en la subescala de movilidad de SCIM-II.

En conclusión, la intervención con LOK otorga efectos positivos en los pacientes; sin embargo, es necesario continuar investigando sobre la misma para que

se implemente como una modalidad terapéutica adicional en la rehabilitación de la marcha en sujetos con LMI.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Ginebra; 2024 [citado 7 de agosto de 2024]. Lesión de la médula espinal. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
2. López Chicharro J, López Mojares LM. Fisiología del Ejercicio. 1ª ed. Editorial Médica Panamericana, editor. Madrid; 2008.
3. Rüdiger R, Biering-Sørensen F, Burns S, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. Estándares internacionales para la clasificación neurológica de las lesiones de la médula espinal: revisados en 2019. Top Spinal Cord Inj Rehabil [Internet]. 2021 [citado 24 de octubre de 2024];27(2):1-22. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/tscir/article/27/2/1/465525/International-Standards-for-Neurological>
4. Viel É. La marcha humana, la carrera y el salto. 1ª ed. Masson, editor. Barcelona; 2002.
5. Kim CM, Eng JJ, Whittaker MW. Level walking and ambulatory capacity in persons with incomplete spinal cord injury: relationship with muscle strength. Spinal Cord [Internet]. marzo de 2004;42(3):156-62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.sc.3101569>
6. Hocoma [Internet]. Zúrich; 2016 [citado 7 de agosto de 2024]. Advanced technologies for movement rehabilitation. Disponible en: <https://www.hocoma.com/us/>
7. Serrano DC, Torres A. Columna vertebral y nervios espinales [Internet]. Leipzig; 2021 [citado 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/medula-espinal-es>
8. Hospital Nacional de Parapléjicos. ¿Qué es la médula espinal? [Internet]. Toledo; 2016 [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://hnparaplejicos.sanidad.castillalamancha.es/es/content/que-es-la-medula-espinal>
9. Lesión de la médula espinal [Internet]. Estados Unidos; 2024 [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/spinal-cord-injury/symptoms-causes/syc-20377890>
10. Henao-Lema CP, Pérez-Parra J. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. Aquichan [Internet]. 1 de agosto de 2010;10(2):157-72. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-5997201000020006
11. Granados Carrera JC. Efecto de la rehabilitación en la calidad de vida de personas con lesión medular. An Fac Med (Lima Peru : 1990) [Internet]. 31 de marzo de 2020;81(1):6-13. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-5583202000010006
12. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, Wing PC. The global map for traumatic spinal

- cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. 2013 [citado febrero de 2025];52,2:110-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23439068/>
13. Strassburguer Lona K, Barquín Santos E. Lesión Medular: Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica [Internet]. Madrid: ASPAYM Madrid; 2013 [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.aspaymmadrid.org/wp-content/uploads/2018/05/guia-manejo-integral-2013.pdf>
 14. Wirz M, van Hedel HJA. Balance, gait, and falls in spinal cord injury. *Handb Clin Neurol* [Internet]. 2018;159:367-84. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30482328>
 15. Dietz V, Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain* [Internet]. marzo de 2014;137(Pt 3):654-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24103913/>
 16. Edgerton VR, Kim SJ, Ichiyama RM, Gerasimenko YP, Roy RR. Rehabilitative therapies after spinal cord injury. *J Neurotrauma* [Internet]. marzo de 2006;23(3-4):560-70. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16629637/>
 17. Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur. Lesión de la Médula Espinal [Internet]. Mar del Plata; [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inareps-lesion-medula-espinal.pdf>
 18. Richard-Denis A, Nguyen BH, Mac-Thiong JM. The impact of early spasticity on the intensive functional rehabilitation phase and community reintegration following traumatic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* [Internet]. julio de 2020;43(4):435-43. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30508398/>
 19. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). *J Spinal Cord Med* [Internet]. noviembre de 2011;34(6):535-46. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3232636/>
 20. Kunam VK, Velayudhan V, Chaudhry ZA, Bobinski M, Smoker WRK, Reede DL. Incomplete cord syndromes: Clinical and imaging review. *Radiographics* [Internet]. julio de 2018;38(4):1201-22. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.2018170178>
 21. Lesión de la médula espinal [Internet]. Estados Unidos; 2024 [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/spinal-cord-injury/diagnosis-treatment/drc-20377895>
 22. Traumatismo de la médula espinal [Internet]. Estados Unidos; [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001066.htm>
 23. Rodriguez G, Berri M, Lin P, Kamdar N, Mahmoudi E, Peterson MD. Musculoskeletal morbidity following spinal cord injury: A longitudinal cohort study of privately-insured beneficiaries. *Bone* [Internet]. enero de 2021;142(115700):115700. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33091639/>
 24. Pelletier C. Exercise prescription for persons with spinal cord injury: a review of physiological considerations and evidence-based guidelines. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 1 de diciembre de 2023;48(12):882-95. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37816259/>

25. Gordon T, Mao J. Atrofia muscular y procedimientos de entrenamiento tras una lesión de la médula espinal. 1 de Enero 1994 [citado 12 de febrero de 2025];74:50-60. Disponible en:
<https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/74/1/50/2729184?redirectedFrom=fulltext>
26. Sutor TW, Kura J, Mattingly AJ, Otzel DM, Yarrow JF. The effects of exercise and activity-based physical therapy on bone after spinal cord injury. *Int J Mol Sci* [Internet]. 6 de enero de 2022;23(2):608. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35054791/>
27. Pérez Zavala R, Granados Sánchez JC, Hernández S, Martín del Campo Arias S. Reeducción de la marcha y mejoría funcional con soporte parcial de peso en pacientes con lesión medular incompleta. 2005 [citado 12 de febrero de 2025];17(4):111-8. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2005/mf054d.pdf>
28. VanHiel L. Lesión de la médula espinal y rehabilitación de la marcha [Internet]. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en:
<https://msktc.org/sci/factsheets/lesion-de-la-medula-espinal-y-rehabilitacion-de-la-marcha#:~:text=para%20su%20movilidad.-,%C2%BFpor%20qu%C3%A9%20podr%C3%ADa%20ser%20necesaria%20la%20rehabilitaci%C3%B3n%20de%20la%20marcha,normalmente%20causa%20debilidad%20o%20par%C3%A1lisis.>
29. Sohn WJ, Tan AQ, Hayes HB, Pochiraju S, Deffeyes J, Trumbower RD. Variability of leg kinematics during overground walking in persons with chronic incomplete spinal cord injury. *J Neurotrauma* [Internet]. 1 de noviembre de 2018;35(21):2519-29. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6205771/>
30. Kumrou M, Amatachaya P, Sooknuan T, Thaweewannakij T, Mato L, Amatachaya S. Do ambulatory patients with spinal cord injury walk symmetrically? *Spinal Cord* [Internet]. febrero de 2017;55(2):204-7. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27824056/>
31. MOTION PT Group [Internet]. 2024 [citado 17 de marzo de 2025]. What is Range of Motion and Why Is it So Important. Disponible en:
[https://motionptg.com/es/resources/what-is-range-of-motion/#:~:text=El%20rango%20de%20movimiento%20\(ROM,rango%20de%20movimiento%20%22normal%22.](https://motionptg.com/es/resources/what-is-range-of-motion/#:~:text=El%20rango%20de%20movimiento%20(ROM,rango%20de%20movimiento%20%22normal%22.)
32. Varoqui D, Niu X, Mirbagheri MM. Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 31 de marzo de 2014;11(1):46. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24684813/>
33. Al Nayf Mantas MR, Párraga-Montilla J, Lozano-Aguilera E, López-García S, Moral-García JE. Fuerza, velocidad de marcha y tiempo de reacción en adultos mayores activos. *RIMCAFD* [Internet]. 16 de marzo de 2022;22(85):153-67. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista85/artfuerza1318.pdf>
34. Itzkovich M, Gelernter I, Biering-Sorensen F, Weeks C, Laramée MT, Craven BC, et al. The Spinal Cord Independence Measure (SCIM) version III: reliability and validity in a multi-center international study. *Disabil Rehabil* [Internet]. 30 de diciembre de 2007;29(24):1926-33. Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09638280601046302>
35. van Hedel HJA, Dietz V. Rehabilitation of locomotion after spinal cord injury. *Restor*

- Neurol Neurosci [Internet]. 2010;28(1):123-34. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20086289/>
36. Mayo Clinic [Internet]. [citado 12 de febrero de 2025]. Neurología. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/departments-centers/autonomic-neurology-subspecialty-group/overview/ovc-20443607>
 37. Sisto SA, Lorenz DJ, Hutchinson K, Wenzel L, Harkema SJ, Krassioukov A. Cardiovascular status of individuals with incomplete spinal cord injury from 7 NeuroRecovery Network rehabilitation centers. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. septiembre de 2012;93(9):1578-87. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22920455/>
 38. Nistor-Cseppento CD, Gherle A, Negrut N, Bungau SG, Sabau AM, Radu AF, et al. The outcomes of robotic rehabilitation assisted devices following spinal cord injury and the prevention of secondary associated complications. Medicina (Kaunas) [Internet]. 13 de octubre de 2022;58(10):1447. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9611825/pdf/medicina-58-01447.pdf>
 39. Wouda MF, Lundgaard E, Becker F, Strøm V. Changes in cardiorespiratory fitness and activity levels over the first year after discharge in ambulatory persons with recent incomplete spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. marzo de 2021;59(3):354-60. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32647328/>
 40. Allison TG, Burdiat G. Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica. REV URUG CARDIOL [Internet]. 1 de junio de 2010 [citado 17 de marzo de 2025];25:17-27. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ruc/v25n1/v25n1a04.pdf>
 41. Rivero-Yeverino D. Espirometría: conceptos básicos. Rev Alerg Mex [Internet]. enero de 2019;66(1):76-84. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902019000100076
 42. Vista de Utilidad de la Ergoespirometría en el diagnóstico y evaluación de las enfermedades cardiovasculares [Internet]. [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/631/html_33
 43. Amatachaya S, Naewla S, Srisim K, Arrayawichanon P, Siritaratiwat W. Concurrent validity of the 10-meter walk test as compared with the 6-minute walk test in patients with spinal cord injury at various levels of ability. Spinal Cord [Internet]. abril de 2014;52(4):333-6. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sc2013171>
 44. Agarwala P, Salzman SH. Six-minute walk test: Clinical role, technique, coding, and reimbursement. Chest [Internet]. marzo de 2020;157(3):603-11. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7609960/>
 45. Singhasoot N, Srijunto W, Werasingirirat P, Namsawang J, Chaovalit S, Muanjai P. Associations between 6-min walk distance and cardiopulmonary parameter in non-obese older adults: An observational study. Respir Med [Internet]. enero de 2025;236:107912. Disponible en: [https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(24\)00387-1/abstract](https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(24)00387-1/abstract)
 46. Kumar S, Theis T, Tschang M, Nagaraj V, Berthiaume F. Reactive oxygen species and pressure ulcer formation after traumatic injury to spinal cord and brain. Antioxidants (Basel) [Internet]. 24 de junio de 2021;10(7):1013. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34202655/>

47. Mao G. Manual MSD versión para público general. [citado 12 de febrero de 2025]. Lesiones de la médula espinal y de las vértebras. Disponible en: https://www.msmanuals.com/es/hogar/traumatismos-y-envenenamientos/lesiones-medulares/lesiones-de-la-m%C3%A9dula-espinal-y-de-las-v%C3%A9rtebras#Diagn%C3%B3stico_v743977_es
48. Alvi MA, Pedro KM, Quddusi AI, Fehlings MG. Advances and challenges in spinal cord injury treatments. *J Clin Med* [Internet]. 13 de julio de 2024;13(14):4101. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39064141/>
49. de Sousa N, Santos D, Monteiro S, Silva N, Barreiro-Iglesias A, Salgado AJ. Role of baclofen in modulating spasticity and neuroprotection in spinal cord injury. *J Neurotrauma* [Internet]. febrero de 2022;39(3-4):249-58. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2020.7591>
50. Hersh AM, Weber-Levine C, Jiang K, Theodore N. Spinal cord injury: Emerging technologies. *Neurosurg Clin N Am* [Internet]. abril de 2024;35(2):243-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38423740/>
51. Warraich Z, Kleim JA. Neural plasticity: the biological substrate for neurorehabilitation. *PM R* [Internet]. diciembre de 2010;2(12 Suppl 2):S208-19. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1016/j.pmrj.2010.10.016>
52. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=54895>
53. Dobkin BH. Functional rewiring of brain and spinal cord after injury: the three Rs of neural repair and neurological rehabilitation. *Curr Opin Neurol* [Internet]. diciembre de 2000;13(6):655-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11148665/>
54. Thibaudier Y, Tan AQ, Peters DM, Trumbower RD. Differential deficits in spatial and temporal interlimb coordination during walking in persons with incomplete spinal cord injury. *Gait Posture* [Internet]. enero de 2020;75:121-8. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6883355/>
55. Edgerton VR, Tillakaratne NJK, Bigbee AJ, de Leon RD, Roy RR. Plasticity of the spinal neural circuitry after injury. *Annu Rev Neurosci* [Internet]. 2004;27(1):145-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15217329/>
56. Griener A, Dyck J, Gosgnach S. Regional distribution of putative rhythm-generating and pattern-forming components of the mammalian locomotor CPG. *Neuroscience* [Internet]. 10 de octubre de 2013;250:644-50. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23933310/>
57. MacKay-Lyons M. Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence. *Phys Ther* [Internet]. enero de 2002;82(1):69-83. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/82/1/69/2837028?redirectedFrom=fulltext>
58. Mannion RJ, Doubell TP, Coggeshall RE, Woolf CJ. Collateral sprouting of uninjured primary afferent A-fibers into the superficial dorsal horn of the adult rat spinal cord after topical capsaicin treatment to the sciatic nerve. *J Neurosci* [Internet]. 15 de agosto de 1996;16(16):5189-95. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6579319/#:~:text=Collateral%20sprouting%20can%20be%20defined,axons%20into%20neighboring%20denervated%20territory.>
59. Moreno JC, Del Ama AJ, de Los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo A, Ceres R, Pons JL. Neurorobotic and hybrid management of lower limb motor disorders: a review.

Med Biol Eng Comput [Internet]. octubre de 2011;49(10):1119-30. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11517-011-0821-4>

60. Quinzaños Fresnedo J, Sahagún Olmos RC, León Hernández SR, Pérez Zavala R, Quiñones Uriostegui I, Solano Salazar CJ, et al. Efectos a corto plazo del entrenamiento de la marcha en una órtesis robótica (Lokomat®) con retroalimentación auditiva en pacientes con lesión medular incompleta crónica. *Rehabil (Madr, Internet)* [Internet]. enero de 2015;49(1):30-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048712014001522>
61. Sanchez I, Ferrero A, Aguilar J, Climent J, Conejero J, Flórez M, et al. *Manual SERMEF de Medicina Física y Rehabilitación*. 1ª ed. Editorial Médica Panamericana S. A., editor. España; 2006.
62. Wouda MF, Wejden L, Lundgaard E, Strøm V. Energetic and cardiovascular responses to treadmill walking and stationary cycling in subjects with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord* [Internet]. enero de 2016;54(1):51-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26215914/>
63. Fábbrica CG, Rey A, González PV, Santos D, Ferraro D. Evaluación del equilibrio durante la marcha a velocidad autoseleccionada en jóvenes saludables, adultos mayores no caedores y adultos mayores con alto riesgo de caídas. *Rev Méd Urug* [Internet]. 30 de septiembre de 2011;27(3):147-54. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902011000300004
64. Zwijgers E, van Asseldonk EHF, Vos-van der Hulst M, Geurts ACH, Keijsers NLW. Impaired foot placement strategy during walking in people with incomplete spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 5 de diciembre de 2022;19(1):134. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9720963/pdf/12984_2022_Article_1117.pdf
65. Wirz M, Müller R, Bastiaenen C. Falls in persons with spinal cord injury: validity and reliability of the Berg Balance Scale. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. enero de 2010;24(1):70-7. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968309341059>
66. Ireneia [Internet]. 2013 [citado 12 de febrero de 2025]. ESCALA BERG: valoración del equilibrio en pacientes con Daño Cerebral Adquirido. Disponible en: <https://irenea.es/blog-dano-cerebral/escala-berg-valoracion-del-equilibrio-en-pacientes-con-dca/>
67. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872021000901302#:~:text=El
68. Cámara J. Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales. *Entramado* [Internet]. 2011;7(1):160-73. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032011000100011&lng=en
69. Sgaravatti A, Santos D, Bermúdez G, Barboza A. Velocidad de marcha del adulto mayor funcionalmente saludable. *An Fac Med* [Internet]. 28 de octubre de 2018;5(2):93-101. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-12542018000200093
70. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, Foti C, Ditunno JF, Molinari M. Validity and

reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. *Spinal Cord* [Internet]. junio de 2011;49(6):736-40. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sc2010180>

71. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR, et al. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2008;31(5):487-99. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/10790268.2008.11753644?needAccess=true>
72. Trabajo Final de M. VALORACIÓN FUNCIONAL DEL RIESGO DE CAÍDA EN PACIENTES INGRESADOS POR ICTUS CON CAPACIDAD DE MARCHA [Internet]. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: https://siidon.guttmann.com/files/tfm_m._pilar_mur_.pdf
73. Cheung EYY, Yu KKK, Kwan RLC, Ng CKM, Chau RMW, Cheing GLY. Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries - a randomized controlled trial. *BMC Neurol* [Internet]. 24 de junio de 2019;19(1):140. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6591819/#Sec2>
74. Peters DM, Thibaudier Y, Deffeyes JE, Baer GT, Hayes HB, Trumbower RD. Constraints on stance-phase force production during overground walking in persons with chronic incomplete spinal cord injury. *J Neurotrauma* [Internet]. 1 de febrero de 2018;35(3):467-77. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28762876/>
75. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: https://teach.ibv.org/wp-content/uploads/sites/18/2021/07/BG_A_Class_Presentation_ES.pdf
76. Maggioni S, Lünenburger L, Riener R, Curt A, Bolliger M, Melendez-Calderon A. Assessing walking ability using a robotic gait trainer: opportunities and limitations of assist-as-needed control in spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 21 de septiembre de 2023;20(1):121. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10515081/#Sec35>
77. Riener R, Lünenburger L, Maier IC, Colombo G, Dietz V. Locomotor training in subjects with sensori-motor deficits: An overview of the robotic gait orthosis Lokomat. *J Healthc Eng* [Internet]. enero de 2010;1(2):197-216. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1260/2040-2295.1.2.197>
78. PubliCE. Recomendación de Procedimientos de la ASEP (Sociedad Americana de Fisiólogos del Ejercicio): Evaluación Exacta de la Fuerza y la Potencia Muscular [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento - Líder Mundial en Información y Capacitación a Distancia en Ciencias del Ejercicio y Salud. Grupo Sobre Entrenamiento; 2024 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://g-se.com/es/recomendacion-de-procedimientos-de-la-asep-sociedad-americana-de-fisiologos-del-ejercicio-evaluacion-exacta-de-la-fuerza-y-la-potencia-muscular-129-sa-257cfb27106809?form=MG0AV3>
79. Bajd T, Kralj A, Stefancic M, Lavrac N. Use of functional electrical stimulation in the lower extremities of incomplete spinal cord injured patients. *Artif Organs* [Internet]. mayo de 1999;23(5):403-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10378929/>
80. Sapiee MR, Marhaban M, Ishak A, Miskon MF. An approach to data utilization of

the Lokomat rehabilitation robot. *International Journal of Human and Technology Interaction (IJHaTI)* [Internet]. 20 de abril de 2018;2(1):51-6. Disponible en: <https://journal.utem.edu.my/index.php/ijhati/article/view/3809/2702>

81. Hocoma [Internet]. 2016 [citado 12 de febrero de 2025]. Intended Use. Disponible en: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/intended-use-indications/>
82. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: https://boletin.anmat.gob.ar/noviembre_2012/Dispo_6949-12.pdf
83. Winchester P, McColl R, Query R, Foreman N, Mosby J, Tansey K, et al. Changes in supraspinal activation patterns following robotic locomotor therapy in motor-incomplete spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. diciembre de 2005;19(4):313-24. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/1545968305281515>
84. Alashram AR, Annino G, Padua E. Robot-assisted gait training in individuals with spinal cord injury: A systematic review for the clinical effectiveness of Lokomat. *J Clin Neurosci* [Internet]. septiembre de 2021;91:260-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34373038/>
85. Agudo AMG. Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación aplicadas al tratamiento del paciente con lesión medular. *Medicine* [Internet]. abril de 2019;12(75):4437-45. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304541219300757>
86. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/Lokomat_User_Script_EN_20180322.pdf?form=MG0AV3
87. Labruyère R, van Hedel HJA. Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 9 de enero de 2014;11(1):4. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3905290/#sec33>
88. lokomat – Hoàng Hà JSC [Internet]. [citado 27 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://hoanghajsc.com.vn/san-pham/lokomat/>
89. Hocoma [Internet]. 2016 [citado 12 de febrero de 2025]. Legal notes. Disponible en: https://www.hocoma.com/legal-notes/#lokomatpro_lokomatnanos
90. Brochure - Lokomat®Pro Sensation & Motivation - Hocoma - Página - Catálogo PDF [Internet]. [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://pdf.medicalexpo.es/pdf-en/hocoma/brochure-lokomat-pro-sensation-motivation/68750-266255-_5.html
91. Hocoma [Internet]. 2016 [citado 12 de febrero de 2025]. Lokomat®. Disponible en: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/?form=MG0AV3>
92. 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: Distinctions revealed by different analytical methods. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. julio de 2015;29(6):566-76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25398727/>
93. Lam T, Pauhl K, Ferguson A, Malik RN, BKin, Krassioukov A, et al. Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study. *J Rehabil Res Dev* [Internet]. 2015;52(1):113-29. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26230667/>

94. Niu X, Varoqui D, Kindig M, Mirbagheri MM. Prediction of gait recovery in spinal cord injured individuals trained with robotic gait orthosis. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 24 de marzo de 2014;11(1):42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24661681/>
95. Duffell LD, Niu X, Brown G, Mirbagheri MM. Variability in responsiveness to interventions in people with spinal cord injury: Do some respond better than others? *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* [Internet]. 2014;2014:5872-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25571332/>
96. Galen SS, Clarke CJ, McLean AN, Allan DB, Conway BA. Isometric hip and knee torque measurements as an outcome measure in robot assisted gait training. *NeuroRehabilitation* [Internet]. 2014;34(2):287-95. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24419018/>
97. Gorman PH, Scott W, York H, Theyagaraj M, Price-Miller N, McQuaid J, et al. Robotically assisted treadmill exercise training for improving peak fitness in chronic motor incomplete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2016;39(1):32-44. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4725790/#s3>
98. Shin JC, Kim JY, Park HK, Kim NY. Effect of robotic-assisted gait training in patients with incomplete spinal cord injury. *Ann Rehabil Med* [Internet]. diciembre de 2014;38(6):719-25. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4280366/>
99. Duffell LD, Brown GL, Mirbagheri MM. Facilitatory effects of anti-spastic medication on robotic locomotor training in people with chronic incomplete spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 20 de marzo de 2015;12(1):29. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4376342/#Sec6>
100. Mıdık M, Paker N, Buğdaycı D, Mıdık AC. Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury. *Turk J Phys Med Rehabil* [Internet]. marzo de 2020;66(1):54-9. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7171894/#abstract1>
101. Wilson JR, Jaja BNR, Kwon BK, Guest JD, Harrop JS, Aarabi B, et al. Natural history, predictors of outcome, and effects of treatment in thoracic spinal cord injury: A multi-center cohort study from the North American Clinical Trials Network. *J Neurotrauma* [Internet]. 1 de noviembre de 2018;35(21):2554-60. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29665733/>
102. Hubli M, Dietz V. The physiological basis of neurorehabilitation--locomotor training after spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 21 de enero de 2013;10(1):5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-10-5>
103. Lin JT, Hsu CJ, Dee W, Chen D, Rymer WZ, Wu M. Varied movement errors drive learning of dynamic balance control during walking in people with incomplete spinal cord injury: a pilot study. *Exp Brain Res* [Internet]. abril de 2020;238(4):981-93. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7210972/>
104. Filippo TRM, De Carvalho MCL, Carvalho LB, de Souza DR, Imamura M, Battistella LR. Proximal tibia fracture in a patient with incomplete spinal cord injury associated with robotic treadmill training. *Spinal Cord* [Internet]. 30 de diciembre de 2015 [citado 26 de marzo de 2025];53(12):875-6. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sc201527>

105. 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* [Internet]. 23 de marzo de 2017;14(1):24. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5363005/>
106. Alizadeh A, Dyck SM, Karimi-Abdolrezaee S. Traumatic Spinal Cord Injury: An Overview of Pathophysiology, Models and Acute Injury Mechanisms. *Front Neurol*. 2019 Mar 22;10:282. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6439316/>