

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: CAMBIOS DE LA FUNCIÓN DE AGARRE EN EXTREMIDAD SUPERIOR COMBINANDO ELECTROESTIMULACIÓN MEDULAR TRANSCUTÁNEA NO INVASIVA CON REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR CERVICAL

Esther Carrillo Moya

Junio 2019

Tutora: Dra. Hatice Kumru

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: Cambios de la función de agarre en la extremidad superior combinando electroestimulación transcutánea no invasiva y rehabilitación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. MÉDULA ESPINAL	5
1.1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA MÉDULA ESPINAL.....	5
2. LESIÓN MEDULAR	6
2.1. DEFINICIÓN.....	6
2.2. EPIDEMIOLOGÍA Y ETIOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR	7
2.2.1. Lesión traumática de la médula espinal.....	7
2.3. CLASIFICACIÓN	8
2.3.1. Síndrome Brown-Séquard o hemisección medular	9
2.3.2. Síndrome centromedular o de Schneider.....	10
2.3.3. Síndrome de los cordones posteriores.....	10
2.3.4. Síndrome cordón anterior	10
2.3.5. Síndrome del cono medular y cola de caballo.....	11
2.4. FISIOPATOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR	12
2.5. ESCALAS DE VALORACIÓN EN LA LESIÓN MEDULAR.....	12
2.5.1. Escalas funcionales estandarizadas	14
2.5.1.1. AIS. Abbreviated Injury Scale of ASIA.....	14
2.5.1.2. GRASSP 2. Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (version 2).....	14
2.5.1.3. FIM. Functional Independence Measure.....	14
2.5.1.4. SCIM III. Spinal Cord Independence Measure.....	15
2.5.1.6. ARA Test. Action Research Arm Test.....	15
2.5.1.7. Box & Block test.....	16
2.5.1.8. Escala Ashworth modificada.....	16
2.5.2. Otras pruebas complementarias	17
2.5.2.1. Dinamómetro y pinzómetro.....	17
2.6. TRATAMIENTO REHABILITADOR EN LA LESIÓN MEDULAR	17
2.6.1. Retroalimentación aumentada.....	19
2.6.2. Estrategias restaurativas	19
2.6.3. Robótica	20
2.6.4. FES. Functional Electric Stimulation	20
2.6.5. Estimulación medular de manera.....	20

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: CAMBIOS DE LA FUNCIÓN DE AGARRE EN EXTREMIDAD SUPERIOR COMBINANDO ELECTROESTIMULACIÓN MEDULAR TRANSCUTÁNEA NO INVASIVA CON REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR CERVICAL

1. INTRODUCCIÓN.....	22
2. OBJETIVOS.....	23
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
3.1. Características de los pacientes.....	23
3.1.1. Criterios de inclusión y exclusión.....	23
3.2. Valoraciones clínicas y neurofisiológicas.....	23
3.3. Proceso de intervención.....	24
3.4. Proceso de evaluación.....	26
3.4.1. Fase inicial.....	26
3.4.2. Fase media.....	26
3.4.3. Fase final.....	26
3.4.4. Fase de seguimiento o <i>follow up</i>	26
CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

1. MÉDULA ESPINAL

1.1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA MÉDULA ESPINAL

La médula espinal está localizada entre el cerebro, con su gran tejido nervioso y el sistema nervioso periférico. La organización de la médula espinal se localiza de manera segmentada, así, cada nervio espinal se conecta con un segmento de la médula espinal mediante las raíces espinales. Las fibras sensoriales se encuentran en la raíz dorsal o posterior y en la raíz anterior o ventral, las fibras motoras.

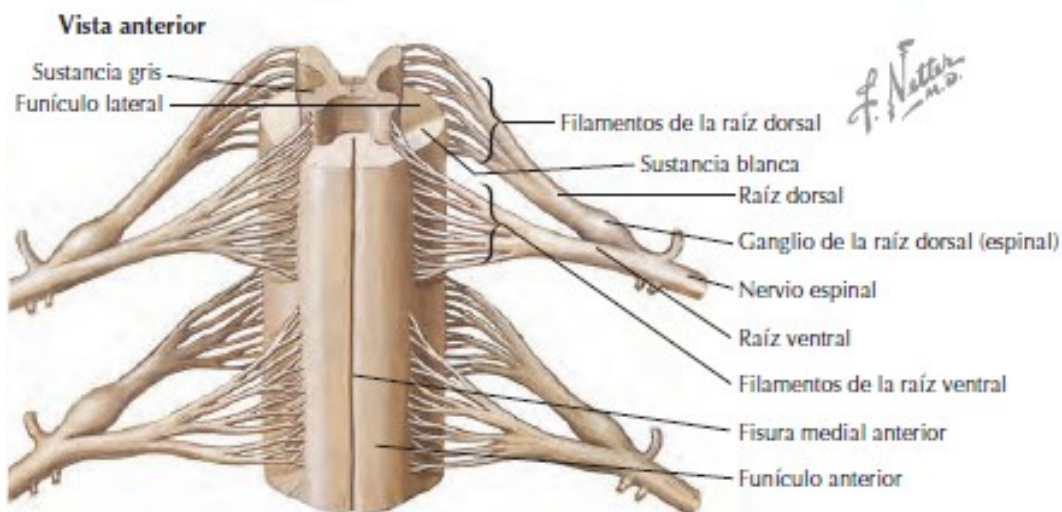


Fig. 1 Anatomía y localización de la médula espinal en una sección transversal de la médula espinal.

Los cuerpos neuronales de la médula espinal se encuentran en la parte interna, alrededor de un canal central forman la sustancia gris (con forma de mariposa). La sustancia blanca, se compone principalmente de fibras nerviosas y se encuentra en la parte externa. Por la parte posterior se insertan en la médula espinal las fibras nerviosas aferentes (sensitivas) que reciben información de los distintos territorios corporales a través de fibras que penetran por las respectivas raíces dorsales y se proyectan por fascículos descendentes y, a su vez, envían impulsos a los distintos músculos del organismo.

La sustancia gris medular está compuesta por dos astas, ventral y dorsal, o anterior y posterior en las que se encuentran los grupos de cuerpos neuronales subdivididos en 10 láminas conocidas como láminas de Rexed. La sustancia blanca se organiza en columnas, son regiones localizadas a nivel anterior, posterior y lateral. A su vez, cada cordón consta de diferentes haces de axones o fascículos.

Para transmitir la información sensorial, contamos con los *tractos ascendentes*, gracias a ellos transmitimos la información sensorial desde los receptores sensoriales hasta niveles superiores del sistema nervioso central. Los tractos ascendentes, con sus diferentes columnas, nos aportan información desde sus fascículos, por los que recibimos información relacionada con el tacto, discriminación entre dos puntos, vibración, posición, temperatura de estructuras somáticas y viscerales, dolor, propiocepción inconsciente de músculos y articulaciones, etc.; hacia las diferentes estructuras.

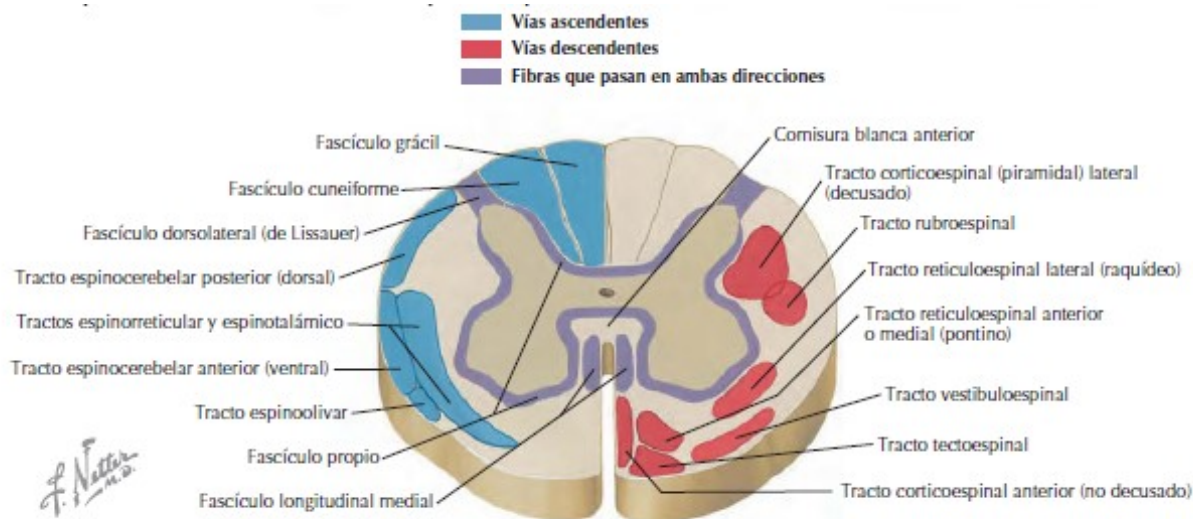


Fig. 2 Principales tractos de fibras de la médula espinal (composición)

Los *tractos descendentes*, se encargan de llevar información relacionada con las actividades motoras como movimiento, balance, postura, tono muscular y visceral, pero es en los fascículos corticoespinal y rubroespinal donde se localiza la información asociada al movimiento voluntario.

En el asta ventral de la sustancia gris encontramos el soma de las motoneuronas, enviando sus axones por las raíces ventrales hasta inervar los diferentes músculos. Las extremidades superiores son inervadas por motoneuronas a nivel cervical (C4-C8). Los músculos intercostales como los abdominales, a nivel torácico (T1-T12) y por último a nivel lumbar, encontramos las motoneuronas encargadas de inervar la musculatura de extremidades inferiores.(1)

2. LESIÓN MEDULAR

2.1. DEFINICIÓN

La lesión medular puede definirse como todo proceso patológico (conmoción, contusión, laceración, compresión o sección), de etiología variable (traumática y no traumática), que afecta temporal o permanentemente la médula espinal, y puede originar alteraciones de las funciones neurológicas

(motoras, sensitivas y autonómicas), habitualmente por debajo del nivel de lesión.

Cuando se produce una lesión medular, la conexión nerviosa se ve interrumpida o alterada, produciendo parálisis de la movilidad voluntaria y/o ausencia de sensibilidad por debajo de la zona afectada, falta de control de esfínteres, dolor neuropático, espasticidad, alteración de la esfera sexual, alteración de la función respiratoria, etc. Estas consecuencias se presentarán en función del grado y nivel de lesión.(2)

2.2. EPIDEMIOLOGÍA Y ETIOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR

En el congreso anual de la *International SpinalCordAssociation* (2001) se calculó que unas 17,2 personas por millón de habitantes sufren en Europa una LM al año y 8 por millón experimentan una LM no traumática.

El cociente entre los casos de los hombres y las mujeres es aproximadamente de 5:1, y varía con la edad. La mayor incidencia se da en el intervalo de edad de 20-39 años (45%), seguido por los de 40-59 años (24%) y los de 0-19 años (20%), mientras que los mayores de 60 años muestran la menor incidencia, con el 11% (Gardner y cols., 1988). Sus valores y su etiología varían mucho de un país a otro.

Las causas del daño medular se pueden en: causas traumáticas (entorno al 84% de los casos) o no traumáticas (16% de los casos).(3)

2.2.1. Lesión traumática de la médula espinal.

Es un daño a la médula espinal causado por un traumatismo directo de una fuerza externa. Esto, generalmente se debe a un golpe repentino en la columna vertebral, a su compresión o a una lesión penetrante (como una herida de bala). Este golpe o compresión, pueden hacer que los huesos de la columna vertebral u otros tejidos se rompan y/o disloquen, de esta manera, se puede producir una presión o hinchazón excesiva, desgarró o daños importantes dentro de la médula espinal.

Aunque generalmente se necesita una fuerza muy grande para dañar la columna vertebral, en menor medida también puede ocasionar lesiones traumáticas en personas con ciertas afecciones médicas. Podría ser el caso de las personas con huesos debilitados (osteoporosis...), ya que su estructura ósea podría romperse con más facilidad.

2.2.2. Lesión no traumática de la médula espinal

En este caso, el mecanismo de origen de la lesión es diferente, ya que el trauma no será directo. Esto puede incluir: complicaciones de una enfermedad, degeneración de la columna vertebral debida a padecer una artritis o ciertas afecciones con las que nace la persona (por ejemplo espina bífida. Las lesiones no traumáticas a menudo se desarrollan gradualmente con el tiempo, al contrario que en las anteriores (traumáticas), que aparecen de manera repentina. Las principales causas de las lesiones traumáticas se clasifican en: accidentes de tráfico (en primer lugar), accidentes en deporte y ocio, autoagresiones y ataques violentos y aunque es más difícil encontrarlas, también por disparos y apuñalamientos. Un número considerable de pacientes con problemas de salud mental sufrirán una lesión al saltar desde una altura elevada. (WhalleyHammel, 1995; Harrison, 2000).(2)

2.3. CLASIFICACIÓN

La Escala de Deterioro (AIS) de ASIA (*American SpinalInjuryAssociation*), es una escala administrada por el médico que se usa para clasificar la gravedad (integridad) de la lesión en personas con lesión medular. Identifica los niveles sensoriales y motores indicativos del nivel espinal más alto que demuestra la función "no dañada". La preservación de la función en los segmentos sacros (S4-S5) es una clave para determinar el grado AIS. La escala ordinal de 5 puntos, clasifica a los individuos de "A" (lesión medular completa) a "E" (función sensorial y motora normal).(4)

STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY	
A= COMPLETA	No función motora ni sensitiva por debajo del nivel de lesión, incluyendo los segmentos sacros S4-S5
B= SENSORIAL INCOMPLETA	No función motora por debajo del nivel de lesión. Sólo función sensitiva conservada, incluyendo segmentos sacros S4-S5
C= MOTOR INCOMPLETO	Se conserva la función motora por debajo del nivel de lesión, pero con un balance muscular de músculos claves inferior a 3
D= MOTOR INCOMPLETO	Se conserva la función motora por debajo del nivel de lesión, y la mayoría de los músculos clave inferiores a esta altura presentan un balance muscular superior o igual a 3
E= NORMAL	La función motora y sensitiva son normales en todos los músculos y dermatomas claves

Tabla 1. Clasificación Neurológica de ASIA de las lesiones medulares.

Los puntajes AIS se consideran esenciales al clasificar a las personas con LME en cuanto a su estado neurológico. Los puntajes AIS se recopilan de forma rutinaria en bases de datos administrativas.

- Sección medular completa:

Este síndrome hay que entenderlo en términos funcionales (interrupción funcional completa), ya que se puede observar sin que haya una verdadera sección anatómica de la médula. Por eso es posible que los pacientes se recuperen parcial y aún totalmente de un síndrome de sección medular aguda. Se suele ver por traumatismos, infecciones o inflamaciones agudas, infartos y hematomas, y más raramente por abscesos o tumores, que suelen llevar una evolución algo más lenta.(5)

Se caracteriza por paraplejía o tetraplejía espástica, esto dependerá de la altura donde se encuentre la lesión de la médula, el paciente sufrirá: exacerbación de los reflejos miotáticos y cutáneos, espasmos en flexión, anestesia por debajo del nivel de la sección, dolor neuropático o por desaferenciación, trastornos vesicales e intestinales, y alteraciones autonómicas.(1)

- Sección medular incompleta:

Las lesiones medulares se expresan por unos síndromes que combinan los trastornos motores, sensitivos y vegetativos descritos en la clasificación anterior. En la sección medular incompleta: puede verse afectada una de las partes del cilindro medular, entre ellas, destacan:

2.3.1. Síndrome Brown-Séquard o hemisección medular

Es infrecuente encontrar formas puras con hemisección completa y unilateral. El síndrome de Brown-Séquard se caracteriza por una afectación motora, de la primera motoneurona, en las extremidades ipsilaterales por debajo de la lesión medular (con paresia espástica, exaltación de reflejos miotáticos, desaparición de reflejos cutáneos y aparición del signo de Babinski); alteración de la discriminación táctil y la propiocepción en el hemicuerpo por debajo de la lesión, también ipsilateral, y anestesia, por debajo de la lesión, tanto al dolor como a la temperatura en el lado opuesto. Este último déficit suele localizarse unos segmentos por debajo del nivel lesional, dado que la decusación de la vía se produce unos niveles por encima de su entrada a la médula. A la altura de la lesión medular se observa afectación de la segunda motoneurona, arreflexia y anestesia.(5)

2.3.2. Síndrome centromedular o de Schneider

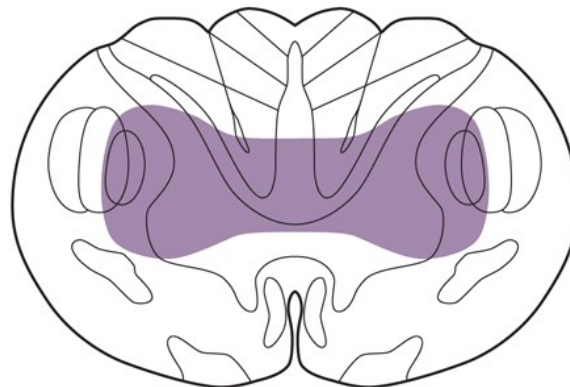
Se observa en lesiones que crecen en el interior de la médula. El elemento distintivo del síndrome es la pérdida de la sensibilidad dependiente de las fibras que decusan por delante del epéndimo, que llevan la sensibilidad térmica y algésica a los haces espinotalámicos, respetando las fibras de la sensibilidad táctil y profunda que ingresan en el cordón posterior.

Esto se traduce, clínicamente, por una banda hipoestesia disociada (no percibe calor ni dolor, pero sí el tacto fino) y suspendida (la hipoalgesia afecta a la banda cutánea al nivel de la lesión).

Si la lesión destruyera un tracto espinotalámico la hipoalgesia sucedería en todo el hemicuerpo contralateral por debajo del nivel de la lesión.

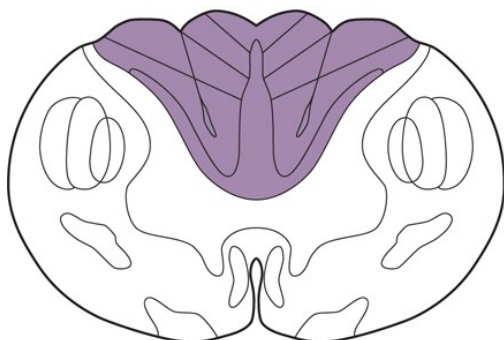
Las lesiones centromedulares acaban afectando otras estructuras, produciendo: parálisis, amiotrofia, dolor, arreflexia, anestesia de tipo radicular, alteraciones sudorales y vasomotoras, hipoestesia de la sensibilidad profunda en las piernas o signos “piramidales”.(1)

Síndrome medular central



2.3.3. Síndrome de los cordones posteriores

Síndrome medular posterior



Este síndrome es raro, produce un daño en las columnas dorsales (sensibilidad para el tacto ligero, propiocepción y vibración) con conservación de la función motora y de las vías para el dolor y la temperatura. Sin embargo, el paciente llega con una profunda ataxia debida a la desaparición de la propiocepción.

2.3.4. Síndrome cordón anterior

El síndrome medular anterior describe los efectos de una lesión ventral en la médula que afecte a los haces espinotalámico y corticoespinal, con una

pérdida motora completa caudal a la lesión, y desaparición de la sensibilidad al dolor y la temperatura porque estas vías sensoriales ocupan un lugar anterolateral en la médula espinal. La conservación de las columnas posteriores significa que están intactas la percepción de la vibración y la propiocepción en el lado ipsilateral. En este síndrome puede surgir por una embolización de la arteria espinal anterior.

Se cree que la recuperación motora es menor entre estos paciente en comparación con otras lesiones incompletas (Foo, 1986; Crozier y cols., 1991).(3)

2.3.5. Síndrome del cono medular y cola de caballo

Las lesiones en el cono terminal y en la cola de caballo producen una paraparesia o paraplejía con algunos elementos semiológicos que las distinguen de las producidas por lesiones más altas de la médula espinal. Los datos fundamentales son:

- La combinación de reflejos musculares exaltados con otros disminuidos o abolidos en las piernas.
- La combinación de síntomas piramidales (signo de Babinski) con atrofas de tipo neurógeno.
- La afectación precoz de los esfínteres con vejiga hipotónica (globo vesical) y la pérdida del tono del esfínter rectal, además de impotencia sexual en el hombre.
- La posibilidad de intensos dolores de tipo radicular (cruralgia o ciatalgia) en las piernas con espasmo muscular antiálgico de los músculos paravertebrales lumbares.

La presencia de signos piramidales es el dato más fiable a favor de una lesión en el cono, mientras que la intensidad grande del dolor y de los signos de lesión radicular apoya una lesión pura de la cola de caballo.

La longitud de la cola de caballo permite que sus lesiones produzcan un cuadro diferente según su nivel. Entre las vértebras L1 y L3 pueden comprimir toda la cola con grandes efectos sensitivos y motores proximales y distales en las piernas, mientras que las lesiones por debajo de S1 sólo pueden comprimir las raíces sacras 2ª y 5ª, por lo que el paciente tendrá defectos sensitivos en el periné y trastornos de esfínteres, pero no debilidad motora ni trastornos de reflejos musculares apreciables en la exploración ordinaria. Una combinación semiológica característica de la lesión de la cola de caballo es la debilidad y atrofia de los músculos extensores y flexores de los pies (raíces L5-S1), con

abolición de los reflejos aquileos, hipoestesia en el periné y región glútea (“en silla de montar”) y retención de orina.(1)

2.4. FISIOPATOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR

Generalmente, las lesiones medulares se originan por un golpe repentino o traumático en la columna que causa fractura o desplazamiento de las vértebras, movilizandolos fragmentos óseos, el disco o los ligamentos, y causando un posible desgarro o magulladura en el tejido de la médula espinal. Esto origina sobre todo una pérdida de axones debida a la lesión de la sustancia blanca. A esta primera lesión le llamaremos lesión primaria o inmediata, a consecuencia de ésta se da lugar a la lesión secundaria con características como: cambios vasculares, alteración de la homeostasis iónica, producción de radicales libres, la peroxidación de lípidos y, finalmente, la muerte neuronal tanto por necrosis como por apoptosis.

La lesión secundaria, en especial la pérdida de células en la sustancia gris, obedece a un proceso secundario que incluye cambios en la permeabilidad de la membrana celular, el vertido de los contenidos celulares, la liberación de factores químicos y la llegada de células sanguíneas y productos que participan en la respuesta a la lesión y su recuperación posterior. En este proceso ocasiona edema e incremento de la presión medular, que afecta al riesgo arterial y venoso y desemboca en una isquemia, la falta de proteínas necesarias y el fracaso en la eliminación de los restos de la lesión. A este proceso le denominamos “shock medular” que por lo común persiste desde varias horas a varias semanas, y se caracteriza por una parálisis flácida con ausencia de reflejos osteotendinosos por debajo de la lesión, incontinencia esfinteriana y abolición de todo tipo de sensibilidad.

Parece que el shock medular se presenta aproximadamente en la mitad de los casos de lesión medular y está directamente relacionado con el tamaño y la gravedad de la lesión. Durante el shock medular, aún las porciones no lesionadas de la médula espinal no pueden realizar conexiones normalmente con el cerebro. También se puede producir parálisis completa junto con la pérdida de reflejos y de sensación en las extremidades.(6)

Conforme transcurre este periodo, comienza a tener las características de una lesión medular crónica.(7,8)

2.5. ESCALAS DE VALORACIÓN EN LA LESIÓN MEDULAR

Las pautas clínicas agudas en la lesión de la médula espinal tienden a centrarse más en el manejo médico para realizar el diagnóstico, lograr la

estabilidad médica y prevenir las complicaciones tempranas. En el contexto prehospitalario el principal objetivo es: garantizar las vías respiratorias adecuadas, la respiración, la función cardiovascular y la restricción del movimiento de la columna vertebral. Las lesiones que amenazan la vida se priorizan y se estabilizan antes de la obtención de imágenes. El tratamiento normalmente ocurre en una unidad de cuidados intensivos, en particular lesiones en la médula espinal cervical o torácica alta.

La mayoría de las pruebas médicas y las imágenes se realizan en el hospital de agudos antes de la rehabilitación. Sin embargo, algunas de estas pruebas se pueden hacer para monitorear los cambios o si surgen nuevos problemas de salud.

Estos pueden incluir:

- *Rayos X*
- Tomografía computarizada
- Imagen de resonancia magnética
- *Mielograma*
- *Pruebas electrofisiológicas*
- Análisis de sangre

Para asegurarnos de la estabilización del paciente, el área médica se encarga de tener en cuenta muchos aspectos mediante seguimiento y mejora del estado del paciente. Entre otras preocupaciones, tienen en cuenta:

- Manejo respiratorio: Controlar de cerca la insuficiencia respiratoria después de la lesión en la médula espinal. Obtener parámetros respiratorios basales y gases en la sangre arterial durante la evaluación inicial y en intervalos hasta que se estabilice.
- Manejo quirúrgico: La cirugía de descompresión temprana, ≤ 24 horas después de la lesión, debe considerarse como una opción de tratamiento en adultos con síndrome traumático del cordón central.
- Evaluación del dolor
- Gestión de la farmacología
- Trombosis venosa profunda y profilaxis del tromboembolismo
- Hipotensión ortostática: tratar de encontrar la causa y determinar el tratamiento más adecuado.
- Cuidado de la piel y prevención de úlceras por presión: en este caso, se lleva a cabo el seguimiento junto con la ayuda del equipo de fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales, para proporcionarle al paciente la mejor sedestación posible, por medio de productos de apoyo, valoración de la sedestación y posicionamiento, así como pautas para una buena higiene postural. De esta manera, evitaremos que quede en peligro la integridad de la piel y sus estructuras, así como la prevención de aparición de úlceras por presión y

deformidades, ya que en general, el paciente se estará durante todo el día para la realización de sus actividades de la vida diaria.(9,10)

2.5.1. Escalas funcionales estandarizadas:

2.5.1.1. AIS *Abbreviated Injury Scale of ASIA*

Es una evaluación neurológica de referencia, la *Escala de Deterioro de ASIA* como se describe en los Estándares Internacionales para la Clasificación Neurológica de la Lesión de la Médula Espinal, debe completarse dentro de las 72 horas de toda sospecha de lesión de la columna vertebral o lesión de la médula espinal para documentar la presencia de cualquier déficit neurológico y, cuando esté presente el nivel neurológico y la integridad de la lesión, determinar el pronóstico preliminar para establecer una primera aproximación al pronóstico del paciente. Se debe completar la evaluación neurológica para detectar el deterioro o la mejora neurológica.(10)

2.5.1.2. GRASSP 2 *Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (Versión 2).*

Medida de deterioro clínico que evalúa de manera específica las tres funciones básicas de la extremidad superior: sensibilidad, fuerza y prensión. Es una prueba multimodal que está compuesta por 5 subpruebas para las dos extremidades superiores. Estas son: sensibilidad dorsal, palmar, fuerza, capacidad de prensión y rendimiento de la prensión. El resultado nos aporta una conclusión acerca de cuál es el nivel de funcionalidad de las extremidades superiores con mayor detalle que cualquier otra medida específica para lesionados medulares en la actualidad. También permite a los investigadores comprender el proceso de recuperación espontánea y los efectos de las intervenciones llevadas a cabo.(11,12)

2.5.1.3. FIM . *Functional Independence Measure*

Escala estandarizada de valoración de la autonomía en las actividades de la vida diaria. Es la escala más utilizada para la evaluación de estos aspectos. Consta de dos subescalas: motora y sociocognitiva. Esta primera parte evalúa acciones como: alimentación, vestido de las extremidades superiores e inferiores, control de esfínteres, capacidad de transferirse, capacidad de marcha o propulsión de silla de ruedas, entre otras. Por otro lado, la subescala sociocognitiva valora los siguientes ítems: comprensión, expresión, interacción social, memoria y resolución de problemas.

Cada ítem se califica en una escala ordinal de 7 puntos que va desde 1 (dependencia total), hasta una puntuación de 7 (independencia total). La calificación considera el uso de equipo de adaptación y/o el alcance de la asistencia personal o la supervisión requerida para completar la tarea. Si se usa equipo de asistencia (por ejemplo, asiento de inodoro elevado), la persona no puede obtener una puntuación de 7 en el artículo. El resultado de la puntuación de la escala FIM se obtiene con la suma total de todos los ítems propuestos.

Generalmente, esta escala se lleva a cabo por miembros del equipo interdisciplinar y su administración dura alrededor de 45 minutos.(13)

2.5.1.4. SCIM III *Spinal Cord Independence Measure*

Escala desarrollada para abordar la capacidad para realizar las actividades básicas de la vida diaria de forma independiente en pacientes con lesión medular específicamente. Evalúa tres áreas:

- Cuidado personal: alimentación, higiene, baño y vestido
- Respiración y manejo de esfínteres
- Movilidad: en cama, así como capacidad de transferirse y desplazarse tanto por interiores como en exteriores.

Las puntuaciones de los ítems se ponderan en relación a la relevancia clínica que tenga cada uno de ellos. Su administración suele durar entre 30 y 45 minutos.

2.5.1.5. ARA test *Action Research Arm Test*

Medida observacional de 19 ítems que evalúa el rendimiento de las extremidades superiores coordinación, destreza y funcionamiento. Los elementos que comprenden el ARAT se clasifican en cuatro subescalas: agarre, alcance, pellizco y movimiento. Una de las características de este test es que se valoran los ítems por orden de dificultad decreciente (primero la más difícil).



Fig. 3 Kit ARAT

Cada ítem se califica en una escala de 0 a 4 puntos, desde no encontrar movimientos, hasta movimiento normal.(14)

2.5.1.6. Box & Blocks test

El Box & Block Test está compuesto por una caja de madera dividida en dos compartimentos por una partición y 150 bloques.



Fig. 4 Caja evaluación Box & Block Test

La administración de esta prueba consiste en pedirle al cliente que mueva, uno por uno, el número máximo de bloques de un compartimiento de una caja a otro de igual tamaño, dentro de 60 segundos. La caja debe estar orientada a lo largo y colocarse en la línea media del cliente, con el compartimiento que sostiene los bloques orientados hacia la mano que se está probando. Para practicar y registrar las puntuaciones de referencia, la prueba debe comenzar con la extremidad superior no afectada. Además, se permite un período de prueba de 15 segundos al comienzo de cada lado. (15,16)

Es una prueba con un resultado funcional para diferentes poblaciones clínicas ya que:

- Es fácil y de rápida de administrar
- El resultado de su medición es objetivo y confiable
- Es económica
- Permite el estudio de: iniciación del movimiento, agarre y movilidad, transporte y liberación de objetos

2.5.1.7. Escala Ashworth modificada

La escala de Ashworth o Ashworth modificada (MAS) es una medida de la espasticidad desarrollada como una clasificación clínica simple para evaluar los efectos antiespásticos del cariprodol en la esclerosis múltiple. Estas medidas se han adoptado para medir la espasticidad en diferentes diagnósticos, incluyendo la lesión medular.

Consta de una escala de 5 puntos, utiliza evaluaciones clínicas subjetivas del tono que van desde 0- (sin aumento de tono) a 4- (extremidad rígida en flexión o extensión). Se agregó un grado adicional (1+) para mejorar la sensibilidad y clasificar a los pacientes hemipléjicos.(17)

2.5.2. Otras pruebas complementarias

2.5.2.1. Dinamómetro y pinzómetro:

Dinamómetro de agarre manual y pinzómetro para controlar el agarre y fuerza de las pinzas (o pellizco). Es una medida ideal para cuantificar y monitorear la efectividad de diversas intervenciones para la extremidad superior, durante todo el proceso de rehabilitación. También puede ser usado para realizar actividades (juegos) con ejercicios de agarre isométrico y ejercicios de pinza individuales para cada paciente.



Fig. 5 Kit de mano E-LINK.
Dinamómetro y pinzómetro

Permite:

- Mediciones estandarizadas de pinzamiento y agarre de manera electrónica y de manera más precisa en la evaluación e informes de progreso.
- Puede ser utilizado por paciente con enfermedades crónicas debilitantes (p.ej. artritis reumatoide), así como aquellos con lesiones agudas de la mano.

En este caso tenemos un sistema de evaluación de mano E-LINK de Biometrics Ltd.(18)

2.6. TRATAMIENTO REHABILITADOR EN LA LESIÓN MEDULAR

La estimación mundial de la prevalencia de lesión medular dice que alrededor del cincuenta por ciento de los pacientes con una lesión medular se diagnostica como completo, y en un tercio de los pacientes, la lesión de la médula espinal se presenta como tetraplejía.

En la tetraplejía, la función del brazo y la mano se ve afectada en diversos grados, según el nivel y la gravedad de la lesión. La limitación en el uso de las manos, generalmente resulta una gran dependencia y limitación en la participación de la persona en las actividades de la vida diaria. Los estudios

han demostrado que la mejora en la función de la extremidad superior es una de las mayores necesidades en paciente con tetraplejia.(19)

La rehabilitación es una parte esencial del tratamiento de las lesiones nerviosas, y debe iniciarse pronto para aumentar al máximo las posibilidades de recuperación funcional y minimizar la discapacidad. La rehabilitación ofrece la oportunidad única de evaluar de forma completa las consecuencias de la lesión nerviosa, fijar objetivos realistas e identificar y tratar enérgicamente los factores que pueden tener un impacto negativo en la recuperación funcional (p. ej., lesiones asociadas del sistema nervioso central o musculoesquelético, dolor, depresión...).(20)

Por lo tanto, en la fase de rehabilitación nos centraremos principalmente en buscar el máximo nivel de autonomía y funcionalidad usando las partes del sistema sensoriomotor no afectadas. La rehabilitación de individuos con lesión medular se puede dividir en tres fases: aguda, subaguda y crónica. Durante las fases agudas y subagudas del tratamiento, las estrategias de rehabilitación se centran en la prevención de complicaciones secundarias, la promoción de la neurorrecuperación y la maximización de la función. En la fase crónica, a menudo se utilizan enfoques compensatorios o de asistencia, mientras que en las fases aguda y subaguda, hay un mayor énfasis en las técnicas que abordan las deficiencias subyacentes.

Actualmente, los tratamientos propuestos no tienen una gran evidencia, pero después de realizar una búsqueda de artículos relacionados con el tipo de tratamiento en personas afectadas de lesión medular cervical y observando resultados en la clínica, desde la terapia ocupacional trabajaremos por medio de los marcos de referencia: biomecánico, rehabilitador, compensador y del neurodesarrollo para crear nuestro plan terapéutico y rehabilitador. (21)

Nuestros principales objetivos serán:

- Preservación de la función de las extremidades superiores. Mantenimiento y/o mejoría y fortalecimiento de las estructuras afectadas. Potenciar la habilidad en el uso de toda la extremidad superior, principalmente de la mano.
- Valoración de órtesis y productos de apoyo para las extremidades superiores, ya sea para posicionar de manera anatómica la extremidad y evitar deformidades, como adaptaciones para una mayor funcionalidad del paciente en su entorno.
- Valoración y adaptación de la sedestación, teniendo en cuenta las necesidades de cada paciente (nivel de funcionalidad, entorno, integridad cutánea, etc.).
- Entrenamiento en las actividades de la vida diaria y transferencias para una mayor independencia en el día a día, ya que el paciente puede necesitar nuevas técnicas o modificarlas para llevarlas a cabo. Así como

aconsejar pautas a los familiares para una facilitación del desarrollo de éstas al alta del tratamiento rehabilitador.

- Búsqueda de sistemas de comunicación alternativos adecuado a cada paciente (si fuera necesario).

Además del tratamiento desde la terapia ocupacional convencional, así como de todo el equipo multidisciplinar, cada vez hay más evidencia sobre la combinación de este tipo de tratamientos combinado con estimulación somatosensorial y así conseguir mejores resultados en la recuperación de la funcionalidad de manera más satisfactoria y más rápida.

Entre ellas, se propone el uso de:

2.6.1. Retroalimentación aumentada.

Varios estudios han abordado el uso de retroalimentación aumentada, como el biofeedback, con poblaciones con lesiones en la médula espinal (Van Dijk et al. 2005). Realizaron una revisión sistemática sobre su efecto en la función motora de la extremidad superior afectada en pacientes de rehabilitación. La mayoría de información sobre retroalimentación aumentada proviene de la literatura sobre el aprendizaje motor, donde se ha observado que la retroalimentación combinada con la rehabilitación es una variable potente para afectar el aprendizaje de las habilidades motoras (Newell 1991; Schmidt & Lee 1999). (22)

2.6.2. Estrategias restaurativas:

- Plasticidad de sistemas motores: en la lesión medular, la reorganización puede ocurrir en dos niveles; en circuitos preexistentes mediante modificaciones de la fuerza sináptica (plasticidad sináptica) o mediante nuevos circuitos mediante brotación o reorganización anatómica, incluido el crecimiento de ramas axonales y dendritas (plasticidad anatómica) (Raineteau y Schwab 2001). El fortalecimiento y debilitamiento de las sinapsis, la brotación axonal y dendrítica pueden ocurrir en diferentes niveles del sistema motor en respuesta a las lesiones de la médula espinal, en la corteza, el tronco cerebral y las vías descendentes de la columna y en los circuitos intraespinales. (22)
- Férulas: una buena colocación de la extremidad superior en el tratamiento de la tetraplejía es una intervención terapéutica bien aceptada y ha sido una práctica aceptada durante muchos años en el tratamiento de la LME, especialmente en la fase aguda de la lesión para la prevención de contracturas y para la protección de las articulaciones

(Curtin 1994 ; Krajnik&Bridle 1992). Los objetivos terapéuticos de las férulas son: la inmovilización, la protección y el apoyo de las articulaciones de la muñeca y la mano, la prevención de la desalineación de las articulaciones, la prevención y reducción del acortamiento y las contracturas de los tejidos blandos, la prevención del estiramiento de los tejidos blandos, la lucha contra las cicatrices hipertróficas, el apoyo de los músculos débiles, mejora de la función y alivio del dolor (Curtin 1994 ; Krajnik&Bridle 1992; Paternostro-Sluga y Stieger 2004). (22)

2.6.3. Robótica.

Cada vez existe más literatura sobre este tipo de tratamientos combinado con la terapia ocupacional y para la mejora de la funcionalidad de la extremidad superior.

2.6.4. FES. Functional Electric Stimulation.

Existe evidencia de que su funcionamiento junto con la terapia ocupacional convencional ofrece mejores resultados en la función de la mano a corto y largo plazo, que la terapia ocupacional convencional aislada y de esta manera aumentó la independencia y, por lo tanto, mejoró la calidad de vida de las personas con tetraplejia.(23,24)

2.6.5. Estimulación medular de manera:

La estimulación eléctrica medular es un procedimiento que tiene como objetivo analizar la respuesta de dicha estimulación ante diferentes síntomas que aparecen tras una patología (dolor, espasticidad, control de esfínteres, marcha...).(25,26)

- Intraespinal: electrodos dentro de la médula espinal, accediendo de forma invasiva, quirúrgicamente.
- Epidural: implantación de electrodos colocados sobre la duramadre, en el espacio epidural. Técnica invasiva.
- Percutánea o transcutánea: técnica no invasiva que consiste en colocar los electrodos de forma superficial, sobre la piel, sin necesidad de cirugía.

Por otro lado, también podemos encontrar a nivel quirúrgico y restaurador, la intervención en cirugía reconstructiva o transferencias nerviosas.

- *La cirugía reconstructiva* es una opción cuando se trata de mejorar la función de la mano y la extremidad superior en personas con tetraplejía. Sus beneficios son evidentes a través de la capacidad de vestido, alimentación, conducción, agarrar y levantar objetos, abotonar, impulsar la silla de ruedas, etc. A pesar de los beneficios potenciales, a menudo las personas que han sufrido una lesión medular son rechazadas para este tipo de intervención por esperar una posible recuperación o mejora de la lesión. (Dunn et al., 2013).
- *Transferencias nerviosas y de tendones.*(22)

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: Cambios de la función de agarre en extremidad superior combinando electroestimulación medular transcutánea no invasiva con rehabilitación en pacientes con lesión medular cervical.

1. INTRODUCCIÓN:

Basándonos en la literatura actual y avances en la estimulación medular mediante electroestimulación encontramos que llevan años en desarrollo. Ya sea de manera intraespinal, epidural o transcutánea. Además, hace años se sabe que se puede inducir actividad motora mediante estimulación tónica en la médula espinal a nivel lumbar. De hecho, hay diferentes estudios que así lo demuestran, pero la mayoría hablan de estimulación epidural, hasta el 2018 que publicaron los últimos estudios con estimulación transcutánea, de manera que no había que operar al paciente para recibir esta estimulación. (27)

En este trabajo nos basamos en los estudios que desarrolló el Dr. Edgerton utilizando el estimulador medular no invasivo, queriendo profundizar en cómo utilizar esta técnica combinada con rehabilitación es capaz de mejorar la funcionalidad de las extremidades superiores en lesionados medulares a nivel cervical. Revisando los resultados de esta estimulación tanto a nivel cervical como lumbar, podemos llegar a la conclusión de que su combinación favorece la neuroplasticidad.(28)

El protocolo desarrollado en este trabajo, así como su estructura y desarrollo está basado en el artículo "*Non-invasive Activation of Cervical Spinal Networks after Severe Paralysis*" de Parag Gad et al. (29) Dentro de dicho protocolo, se pretende lograr una mejora en el agarre de la mano tras recibir estimulación medular transcutánea combinada con terapia ocupacional convencional de manera intensiva en pacientes con una lesión medular cervical desde hace menos de 12 meses.

Lo que se pretende con esta propuesta de intervención es mejorar el control voluntario mediante actividades muy concretas de la terapia ocupacional (entrenamiento en agarres), en la lesión medular cervical más temprana (máximo 12 meses de evolución) que en la vista en los artículos, pues la lesión tendrá más capacidad de recuperación y con ello, mayor plasticidad. Se realizará en un periodo de tiempo corto y de manera intensiva, además aumentando el tiempo de estimulación de 20 a 30 segundos, ya que nuestra hipótesis es que a más estimulación, mayor eficacia de la intervención. (26,30,31)

2. OBJETIVOS:

Los beneficios esperados siguiendo este protocolo, según la bibliografía consultada son:

Como objetivo principal, mejorar la actividad voluntaria en la fuerza de agarre en extremidades superiores. Y en segundo plano, disminuir la espasticidad.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Características de los pacientes

3.1.1. Criterios de inclusión y exclusión (27,29)

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
A partir de 18 años	Aparición de disreflexia durante la estimulación
Lesión medular cervical con conservación mínima de musculatura en la eminencia tenar, con uso limitado para realizar tareas funcionales	Implantes previos neuroestimuladores: marcapasos cardíacos, desfibriladores...
Tiempo de evolución de la lesión hasta los 12 meses	Tratamiento con medicación para la espasticidad (p.ej. bomba de baclofeno)
Reflejos segmentarios funcionales por debajo de la lesión, conservados	Depresión clínicamente significativa o abuso de drogas en curso
Condición médica estable: no enfermedad cardiopulmonar o disautonomía	Disfunción musculoesquelética dolorosa, fracturas sin curar, infección o dolor a nivel cervical (estimulación) o de las manos.
No depender de soporte de ventilación	Estar involucrado en otro ensayo
Estabilidad del tratamiento con para la espasticidad (p.ej. bomba de baclofeno, toxina botulínica...)	

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión para formar parte del estudio

3.2. Valoraciones clínicas y neurofisiológicas

Las pruebas de evaluación que se llevan a cabo durante el proceso de intervención serán (27,29):

- FIM: escala de independencia.

- Dinamometría: en la que mediremos la fuerza máxima sostenida. Se realiza tres veces y hacemos un valor medio de los tres resultados obtenidos. Los participantes se colocarán en su silla de ruedas con el hombro en posición neutral, el codo colocado a 90° de flexión y el antebrazo apoyado en una mesa.
- GRASSP 2: valoramos funcionalidad de la mano.
- SCIM III: valoramos independencia en las actividades básicas de la vida diaria, específicamente en personas con una lesión medular.
- Box & Block test: habilidad de ambas manos.
- Escala Ashworth modificada: medición de la espasticidad.
- Pruebas neurofisiológicas: EMG superficial para registrar la actividad muscular en 6 músculos (bíceps braquial, tríceps, extensor y flexor de la muñeca, abductor pollicis brevis y abductor digiti minimi), durante máxima contracción voluntaria repetida 3 veces.

3.3. Proceso de intervención

Se llevará a cabo durante dos semanas seguidas, cinco días a la semana. Cada sesión será de una hora al día, realizando tareas de agarre manual voluntario combinado con la estimulación de la médula espinal a nivel cervical en dos puntos simultáneos (C3-C4 y C6-C7), con electrodos de polaridad positiva durante 30 segundos y sus respectivos descansos de un minuto cada uno. Además, posicionaremos dos electrodos con polaridad negativa (toma de tierra) en las crestas ilíacas a nivel anterior. (27,29)

Descripción de las sesiones:

- Realizará tareas de agarre, en primer lugar, sin ningún tipo de estimulación (y así practicar antes de aplicar la estimulación con los diferentes objetos).
- Durante 30 segundos activaremos la estimulación y el paciente deberá hacer los agarres indicados el máximo de veces posible, de esta manera la funcionalidad de las prensiones demandadas y realizadas tanto a nivel palmar como digital estarán potenciadas.
- A continuación, haremos una fase de descanso de 1 minuto y volveremos a llevar a cabo las pautas dadas anteriormente (estimulación más actividad), pero con la mano contraria.

* Se les pedirá a los pacientes que mantengan la muñeca en posición neutral mientras realizan los esfuerzos voluntarios máximos y los esfuerzos rítmicos voluntarios para evitar mecanismos compensatorios como la tenodesis.

Esta estimulación se combinará con diferentes tareas de agarre de precisión que han sido seleccionadas para realizarse con diferentes objetos que representen uno o más objetos manipulados rutinariamente para actividades de la vida diaria, representando diferentes dificultades:

Agarre o presa palmar



- *Agarre cilíndrico* (presión digitopalmar): Oposición de la palma a los cuatro últimos dedos. Recuerda a la presión que debemos realizar para coger un vaso de agua, una lata de refresco...el entrenamiento de esta presión será por medio de un objeto

cilíndrico con el tamaño y el peso similar al de los objetos cotidianos que nombramos anteriormente.

- *Músculos sesamoideos externos (sobre la MCF garantiza el bloqueo de la presa).*

- *Presión palmar*: presión de fuerza. En este caso, se realizará con un objeto cilíndrico delgado, para favorecer el agarre con la zona palmar con la totalidad de la mano, en un agarre más grosero que el anterior, sin oposición de los dedos en este caso.

- *Músculos flexores superficiales y profundos de los dedos*
- *Músculos interóseos*
- *Músculos de la eminencia tenar: aductor corto del pulgar, flexor largo del pulgar.*



Presa centrada

Requiere la flexión de los tres últimos dedos, extensión del índice y mínima oposición del pulgar. Esta actividad está dirigida para las personas que conserven la musculatura:

- *Músculos tenares del 1er dedos*
- *Extensor profundo y superficial del 2º dedo*
- *Flexor profundo del 2º dedo*

Realizando este tipo de presión, recordamos al agarre que realizamos al coger un tenedor, de esta manera diremos que podemos entrenar la alimentación de manera independiente.

Si el paciente no conserva la musculatura necesaria para realizar esta prensión, le pediremos que repita los agarres como en las dos veces anteriores (excluyendo esta última).

3.4. Proceso de evaluación

El proceso de evaluación lo dividiremos en 4 fases: fase inicial, fase media, fase final y fase de seguimiento o *follow up*.

3.4.1. Fase inicial

Para tener unos datos básicos de cada uno de los pacientes sin haber recibido ningún tipo de estimulación anterior administraremos las siguientes pruebas y escalas para tenerlas como referencia durante todo el proceso:

- FIM
- Dinamometría
- GRASSP 2
- SCIM III
- Box & Block test
- Escala Ashworth modificada
- Pruebas neurofisiológicas

3.4.2. Fase media

Estas pruebas se realizarán al acabar cada una de las semanas, para comprobar si ha habido algún cambio relevante durante la semana de intervención. Se valorará a cada paciente con la prueba de medición de dinamómetro, para valorar la fuerza y así poder registrar cuál es la mejora.

3.4.3. Fase final

Se llevará a cabo la evaluación mediante las mismas escalas propuestas en la evaluación inicial, para discernir si ha habido cambios objetivos después de aplicar el tratamiento propuesto. La evaluación será mediante todas las pruebas iniciales: FIM, dinamometría, GRASSP 2, SCIM III, Box & Block test, Ashworth modificada y registro EMG superficial y contracción voluntaria máxima.

3.4.4. Fase de seguimiento o *follow up*

Esta fase se realiza una semana después de la valoración final (última sesión de intervención). Evaluaremos el efecto del tratamiento propuesto mediante las mismas escalas que valoraron la fase inicial y final.

CUADRO RESUMEN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

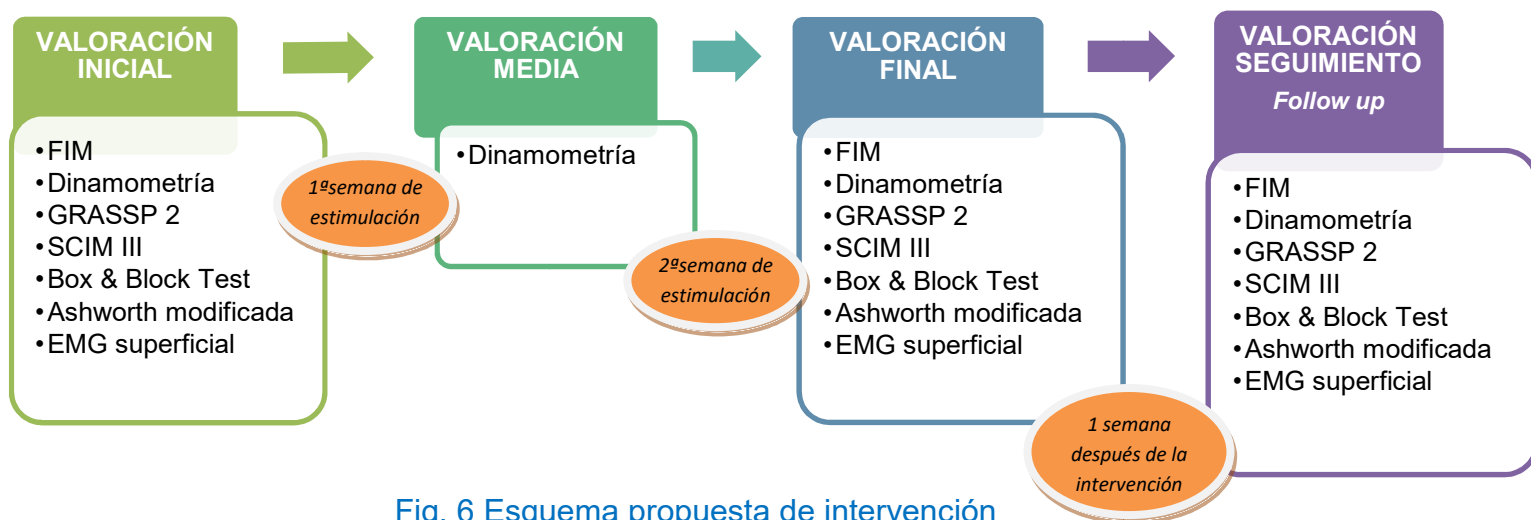


Fig. 6 Esquema propuesta de intervención

CONCLUSIONES:

En definitiva, se espera que la estimulación espinal eléctrica transcutánea mejore la fuerza motora, la funcionalidad de la mano y disminución de la espasticidad. Se espera que al combinar la intervención con la terapia ocupacional, mejoren las actividades de la vida diaria de la persona.(29)

Se propone este tipo de intervención a sabiendas de que la lesión de la médula espinal cervical y su consiguiente parálisis de la mano y el brazo impone limitaciones significativas en la mayoría de las actividades de la vida diaria y perjudica la calidad de vida. Desde la terapia ocupacional se tiene muy en cuenta la capacidad de desempeño de los pacientes para alimentarse, cuidados de apariencia, escritura o realizar otras tareas motoras de las extremidades superiores. En estos individuos, la restauración de la función de la mano y el brazo es la mayor prioridad de tratamiento, por ello, incluso las pequeñas mejoras en la función de la mano es importante. Identificar diferentes enfoques efectivos para su recuperación y, con ello, aumentar la calidad de vida. (32)

Elegimos como criterio de inclusión que los pacientes fueran capaces de realizar una contracción visible de uno de los músculos incluidos en la eminencia tener por varias razones: el control del pulgar es crítico para muchas tareas manuales, se planteó la hipótesis de que estos músculos podrían ilustrar el mayor cambio relacionado con la estimulación aplicada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enfermedades de la médula espinal. En: NEUROLOGÍA. Sexta. Avda. Josep Tarradellas, 20-30, 1º, 08029, Barcelona, España: Elsevier; 2018. p. 467-94.
2. Sproule S, Dhaliwal A, Plashkes T. Spinal Cord Injury Basics. SCIRE. 2017;9.
3. Paddison S, Middleton F. LESIÓN MEDULAR. En: Fisioterapia en la rehabilitación neurológica. Segunda. Elsevier; 2006. p. 135-65.
4. ASIA Impairment Scale and the ISNCSCI Motor and Sensory Exam [Internet]. Spinal Cord Injury Research Evidence. [citado 6 de junio de 2019]. Disponible en: <https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/american-spinal-injury-association-impairment-scale-ais-international-standards-for-neurological-classification-of-spinal-cord-injury/>
5. Enfermedades de la médula espinal. En: Tratado de neurología clínica. Barcelona: Ars Medica; 2009.
6. Ballesteros Plaza V, Marré Pacheco B, Martínez Aguilar C. LESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL. ACTUALIZACIÓN BIBLIOGRÁFICA: fisiopatología y tratamiento inicial. 2012;
8. Micheli F, Fernández Pardal M. Lesiones vertebromedulares. En: NEUROLOGÍA. Segunda. Editorial Médica Panamericana; 2010. p. 323.
9. Equipo comunitario SCIRE. Understanding Rehabilitation [Internet]. SCIRE Community. 2017 [citado 6 de junio de 2019]. Disponible en: <https://scireproject.com/community/topic/rehab/>
10. Naomi O'Reilly. Spinal Cord Injury Clinical Guidelines [Internet]. Physiopedia. [citado 6 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.physio-pedia.com/Spinal_Cord_Injury_Clinical_Guidelines
11. Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (GRASSP) [Internet]. Spinal Cord Injury Research Evidence. Disponible en: <https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/graded-redefined-assessment-of-strength-sensibility-and-prehension-grassp/>
12. Kalsi-Ryan S, Fehlings MG, Armin C, Verrier MC. Development of the Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (GRASSP): reviewing measurement specific to the upper limb in tetraplegia. JNS. septiembre de 2017;17:65-76.
13. Functional Independence Measure (FIM) [Internet]. Spinal Cord Injury Research Evidence. 2013. Disponible en:

- <https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/functional-independence-measure-fim/>
14. Action Research Arm Test (ARAT) [Internet]. Physiopedia. Disponible en: [https://www.physio-pedia.com/Action_Research_Arm_Test_\(ARAT\)](https://www.physio-pedia.com/Action_Research_Arm_Test_(ARAT))
 15. Kontson K, Civillico E. Targeted box and blocks test: Normative data and comparison to standard tests. PLoS ONE. 2017;
 16. Greenan S. Box and Block Test [Internet]. Physiopedia. Disponible en: https://www.physio-pedia.com/Box_and_Block_Test
 17. Ashworth and Modified Ashworth Scale (MAS) [Internet]. Spinal Cord Injury Research Evidence. Disponible en: <https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/ashworth-and-modified-ashworth-scale-mas/>
 18. HUESA JIMÉNEZ F, VARGAS MONTES J. Dinamometría isocinética. Serv Rehabil Hosp Fremap Sevilla. 2005;39(6):288-96.
 19. Bradley WG, Jankovic J, Daroff RB. Traumatismos del sistema nervioso. En: Neurología clínica. Quinta. Elsevier; 2010. p. 1163-4.
 20. Fehlings MG, Harrop JS. A Clinical Practice Guideline for the Management of Acute Spinal Cord Injury: Introduction, Rationale, and Scope. Global Spine J. septiembre de 2017;7(3S):84S-94S.
 21. Sproule S. Understanding Rehabilitation [Internet]. 2017. Disponible en: <https://scireproject.com/community/wp-content/uploads/SCIRE-C.-Undersanding-Rehab.-3-Download.pdf>
 22. Rice D. Upper Limb Rehabilitation Following Spinal Cord Injury. 2016;127.
 23. Popovic M, Thrasher T, Adams M. Functional electrical therapy: retraining grasping in spinal cord injury. 2006;44:143-51.
 24. Kapadia N, Popovic MR. Restoring Voluntary Grasping Function in Individuals with Incomplete Chronic Spinal Cord Injury: Pilot Study. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2013;279–287.
 25. Jiménez-Ramos A, Hernández-Santos JR. Estimulación eléctrica medular en pacientes con dolor crónico: evaluación de la discapacidad y la calidad de vida. Rev Soc Esp Dolor. 2010;17(3).
 26. Gomes-Osman J, Cortés M, Pascual-Leones A. A Systematic Review of Experimental Strategies Aimed at Improving Motor Function after Acute and Chronic Spinal Cord Injury. J Neurotrauma. 2016;425-38.
 27. Freyvert Y, Au Yong N, Morikawa E. Engaging cervical spinal circuitry with non-invasive spinal stimulation and buspirone to restore hand function in chronic motor complete patients. Scientific reports. 2018;

28. Hoffman L, Field-Fote E. Effects of Practice Combined with Somatosensory or Motor Stimulation on Hand Function in Persons with Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2013;288–299.
29. Gad P, Terrafranca N, Zhong H, Turner A, Gerasimenko Y, Edgerton VR. Non-Invasive Activation of Cervical Spinal Networks after Severe Paralysis. *Original journal of neurotrauma.* 2018;2145–2158.
30. Hoffman L, Field-Fote E. Functional and Corticomotor Changes in Individuals With Tetraplegia Following Unimanual or Bimanual Massed Practice Training With Somatosensory Stimulation: A Pilot Study. *JNPT.* 2010;34:193–201.
31. Benito DrJ, Opisso DrE. Las últimas investigaciones nos acercan a la recuperación de la lesión medular. *Sobreruedas Institut Guttmann.* 2019;(100):24-8.
32. Inanici F, Samejima S, Gad P. Transcutaneous Electrical Spinal Stimulation Promotes Long-term Recovery of Upper Extremity Function in Chronic Tetraplegia. 2018;26 (6):1272-8.