

**Revisión sistemática para la rehabilitación neuromuscular en las alteraciones del
dermatoma L1**

Lisette Carolina Piñeros Barreto

Gabriel Chávez Ávila

Universidad ECCI

Facultad de ingenierías

Coordinación de ingeniería biomédica

Bogotá, D.C.

2019

**Revisión sistemática para la rehabilitación neuromuscular en las alteraciones del
dermatoma L1**

Lisette Carolina Piñeros Barreto

Gabriel Chávez Ávila

Informe de anteproyecto Tecnólogo (a) en Electromedicina (a)

Ricardo Jaramillo Diaz, Profesor

Ingeniero Biomédico

Universidad ECCI

Facultad de ingenierías

Coordinación de ingeniería biomédica

Bogotá, D.C.

2019

Tabla de contenido

Introducción.....	8
Planteamiento del problema	11
Justificación.....	12
Hipótesis	13
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	14
Estado de los conocimientos	15
Anatomía y fisiología de L1	15
Relación de L1 con los demás dermatomas.....	16
Señales y características de L1.....	18
Anatomía del dermatoma, materia gris y materia blanca	18
Dermatomas	18
Materia Gris	20
Materia Blanca	20
Señal del cerebro propia del dermatoma	20
Comunicación entre dermatomas	21
Lesión medular (LM)	22
Causas de una lesión medular	26
Enfermedades que causan lesiones medulares.....	27
Compresión Medular	27
Tumores	27
Infecciones	28
Enfermedades degenerativas progresivas.....	28
Vasculares	28
Clasificación de ASIA	28
Que es paraplejía, cuadraplejía.....	29
Que vertebra tiene más afectación - RAZONES	30
Como se genera la rehabilitación en L1	31
Soluciones que existen para la rehabilitación de medula espinal después de una LM vista general.	31
Soluciones concretas y experimentales que existen para la rehabilitación de medula espinal después de una LM.	33
Terapia de trasplante de células para la lesión de la médula espinal.	33

Los precursores neuronales aumentan la recuperación después de una lesión de la médula espinal	33
Efectos anatómicos y conductuales del taxol en modelos de ratas con lesión medular.....	34
La administración sistémica de epotilona D mejora la recuperación funcional de la marcha después de una lesión por contusión en la médula espinal de rata	34
NT3-qitosano permite la regeneración de novo y la recuperación funcional en monos después de una lesión medular	35
NT3-qitosano o chitosan provoca neurogénesis endógena robusta para permitir la recuperación funcional después de una lesión de la médula espinal.....	35
Estimulación cerebral no invasiva.....	36
Estimulación transcraneal de corriente continua	36
La estimulación magnética transcraneal repetitiva	36
Interfaces cerebro-máquina	36
Rehabilitación por gamificación incorporada con realidad virtual	37
Rehabilitación de medula espinal generales	37
Unidades robóticas	37
Exoesqueletos accionados	39
Tratamientos experimentales para la rehabilitación de medula espinal por medio de plantas.	40
Extracto de Hypericum perforatum	40
Extracto de Syringa vulgaris	41
Metodología.....	41
Resultados.....	44
Discusión	51
Conclusiones	51
Referencias.....	53

Lista de figuras

<i>Ilustración 1</i> Vértebra Lumbar L1 -----	15
<i>Ilustración 2</i> Primera Vértebra Lumbar L1 -----	16
<i>Ilustración 3</i> Distribución de dermatoma, miotomos y esclerotomos para L1 -----	17
<i>Ilustración 4</i> Distribución de dermatoma L1 a nivel muscular-----	18
<i>Ilustración 5</i> Nervios espinales-----	19
<i>Ilustración 6</i> Impulsos y señales del dermatoma -----	21
<i>Ilustración 7</i> Los impulsos nerviosos y la médula espinal -----	22
<i>Ilustración 8</i> Espina-----	23
<i>Ilustración 9</i> Medula espinal -----	24
<i>Ilustración 10</i> Paraplejia y cuadriplejia-----	30
<i>Ilustración 11</i> Grafica vertebra que se fractura y afecta más frecuentemente. -----	30
<i>Ilustración 12</i> Unidad robótica -----	38
<i>Ilustración 13</i> Exoesqueletos -----	40
<i>Ilustración 14</i> Lesión medular afectación por regiones -----	44
<i>Ilustración 15</i> Causas de lesiones medulares -----	45
<i>Ilustración 16</i> Comparación de LM en L1 con ciertas enfermedades -----	46
<i>Ilustración 17</i> Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo) -----	48

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Lesión medular por regiones</i> -----	44
<i>Tabla 2 Causas de lesiones medulares</i> -----	45
<i>Tabla 3 Comparación de LM en LI con ciertas enfermedades</i> -----	46
<i>Tabla 4 Lesiones medulares reportadas en distintas investigaciones a nivel mundial.</i> -----	47
<i>Tabla 5 Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo)</i> ----	48
<i>Tabla 6 Tratamiento experimental y funcional para la rehabilitación de lesión medular.</i> -----	49

Agradecimientos

Para la realización de esta monografía se ha recurrido a la ayuda de muchas personas que han generado una colaboración con tiempo, ideas, sugerencias que se han llegado a platear en este trabajo.

Se le da los agradecimientos en este trabajo a Dios primeramente que nos dio la fortaleza y la sabiduría a los miembros de mi familia que han ayudado y apoyado a realizar este tema y proceso con amor incondicional.

Al Ing. Ricardo Jaramillo Díaz director de proceso por su paciencia y colaboración y María Antonieta Duzan que supieron guiarnos en el proceso para la realización de esta monografía.

Resumen

La medula espinal es un cordón localizado en el canal vertebral encargado de llevar impulsos nerviosos a los 31 pares de los nervios raquídeos o derivaciones llamadas dermatomas comunicando el encéfalo con el cuerpo mediante funciones básicas como las vías aferentes (llevan sensaciones sensitivas) y vías eferentes (es el que ordena) entre sus funciones también encontramos el control de movimiento inmediatos, reflejos, sistema nervioso simpático y parasimpático.

Las lesiones medulares (LM) especialmente la vértebra L1 es un problema de afectación mundial con una cantidad de casos entre 250000 y 500000 personas anualmente, es irreversible para la mitad de las víctimas y en la actualidad los tratamientos existentes consisten en la intervención quirúrgica para generar estabilidad de la medula espinal y el trabajo asistencial para el afectado y su familia.

En este trabajo se presenta una revisión sistemática de avances generados para la rehabilitación de la vértebra L1 basado en el estudio de su anatomía, fisiología y fisiopatología como área afectada, así mismo observar su rehabilitación y hacer una identificación de las posibles tratamientos y tecnologías. Como diferentes tratamientos como lo son la existencia de células madres, regeneración de tejidos durante la vida del individuo, efectos del taxol, los precursores neuronales, la administración sistémica de epotilona D, NT3- quitosano, estimulación transcranial de corriente continua, la estimulación magnética trans craneal repetitiva, interfaces de cerebro máquina, rehabilitación por gamificación incorporada con realidad virtual, unidades robóticas, exoesqueletos accionados, extracto de *Hypericum perforatum*, extracto de *Syringia vulgaris*.

Los resultados generados por esta revisión sistémica, al agrupar los tratamientos experimentales y funcionales más relevantes, se puede evidenciar que los tratamientos tienen una similitud entre ellos, pero, por otro lado muestra la capacidad que tiene cada uno por separado, generando así, que se pueda producir un análisis sobre como poder modelar un tratamiento que una dos ramas que trabajan a profundidad la rehabilitación de medula espinal cuando esta sufre un traumatismo o afectación, una de las problemáticas más complejas a nivel mundial con afectaciones masivas, como lo son la robótica y la química.

Introducción

Una revisión sistemática para la rehabilitación neuromuscular en las alteraciones del dermatoma L1, donde se exploran los aspectos fisiológicos, anatómicos, fisiopatológicos y las rehabilitaciones actuales de médula espinal como también tratamientos en etapa experimental, se hace necesario para dar iniciativa a futuros proyectos donde se genere una rehabilitación correcta del dermatoma L1. La recuperación y tratamiento por los mecanismos actuales como intervenciones quirúrgicas, fisioterapias, ortesis, entre otros; son muy limitadas debido a que dichas intervenciones no son eficaces para la regeneración de la red neuronal; y aunque existen nuevos dispositivos que tratan de generar una mejor calidad de vida en cuanto a deambulación del paciente estos también cuentan con limitaciones de accesibilidad, movimientos limitados, velocidades mínimas, gran tamaño del dispositivo, entre otros aspectos.

La característica principal de esta revisión es el tema de lesión medular, el cual afecta a miles de personas en el mundo anualmente como lo muestran las cifras, debido a que son muchos los *factores* que pueden generar este tipo de lesión, como enfermedades producidas por diferentes noxas o traumas como accidentes automovilísticos, caídas, entre otros.

El interés académico de esta investigación es conocer la funcionalidad, las causas y tratamientos o soluciones de una lesión medular, más específicamente en el dermatoma L1 que es uno de los más frecuentemente afectados, para obtener un modelo de parámetros estándar relevantes que se deben de tener al momento de realizar un prototipo de un dispositivo que genere una rehabilitación neuromuscular en L1.

La revisión sistemática presente en este documento abarcar la rehabilitación neuromuscular en el dermatoma L1 se divide en diferentes partes en estas se trata la anatomía de la médula espinal, lesión medular y su problemática, características anatómicas, fisiológicas, patológicas y

señales del dermatoma L1, incidencia de afectaciones lumbares, tratamientos experimentales y funcionales para la rehabilitación de medula espinal y dermatoma L1, por último la generación de resultados obtenidos por la investigación descriptiva de la metodología .

Planteamiento del problema

Entre 250000 y 500000 personas sufren lesiones medulares anuales mundialmente hombres (20-29 años) mujeres (15 a 19 años) con consecuencias sanitarias, económicas y sociales(Salud, 2013), producidas por accidentes automovilísticos 38%, caídas 30.5%, cirugías médicas 5%, deportes 9%, violencia 13.5%, otros 4% (Center, 2016) .

Las regiones más comunes donde se puede generar una lesión medular que genera traumatismos, son las cervicales, torácica baja y lumbar alta; y una de las vértebras más afectadas por las causas anteriores(Gerard J. Tortola, 2012), es la primera lumbar (L1) seguida por la torácica 12 (T12)(Pérez, 2010), esta zona por su flexibilidad es propensa a daño, al afectarse L1 se ven afectados los dermatomas siguientes (L2, L3, L4, L5, S1, S2, S3, S4 y S5), en caso lesión medular completa no existirá movimientos, ni sensibilidad por debajo de la lesión, en el caso de una lesión medular incompleta solo se afectar la sección que este maneja(Timothy T. Roberts, 2017),en el caso de L1 la mayoría de los músculos de la pierna y la parte baja del abdomen, esto solo permitirá caminar con ortesis. De acuerdo con esto surge la pregunta ¿Cómo puede ser sustituido el dermatoma L1 teniendo en cuenta que sus características fisiológicas y anatómicas han sido alteradas por una lesión medular?

Justificación

Las lesiones medulares se relacionan con procesos de discapacidad, en Colombia es un motivo frecuente de consulta, las estrategias de intervención para esta patología son a través de la fisioterapia, considerándose que las lesiones medulares tienen consecuencias permanentes y cambios abruptos en el estilo de vida del paciente, su familia y entorno social. (Salud, 2013).

Las personas con lesión medular reciben atención por fisioterapia por medio de un grupo multidisciplinario de distintas especialidades, empleando métodos como cirugía y tecnología biomédica de rehabilitación como ortesis, prótesis, silla de ruedas, entre otros, además de algunos productos de transporte y accesibilidad como grúas, rampas, elevadores en los distintos niveles de asistencia, y esto se habla en términos de rehabilitación a paciente después de un traumatismo.

Teniendo en cuenta el término de rehabilitación como el conjunto de intervenciones diseñadas para optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en individuos con condiciones de salud críticas (Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, 2017), e identificando los procesos que se realizan para el tratamiento de los pacientes que sufren una lesión medular, se evidencia que no hay una aplicabilidad completa del concepto rehabilitación; por lo tanto se genera este proyecto, debido a que este se basa en la búsqueda de información que se debe tener en cuenta para poder estipular las características de un futuro prototipo para la rehabilitación adecuada de L1.

Hipótesis

La lesión medular a nivel mundial presenta unas cifras de afectación entre 250000 a 500000 personas, este tipo de manifestación clínica se produce por accidentes automovilísticos, caídas, cirugías médicas, deporte, violencia y otros. De manera que incrementa una baja calidad de vida; dificultad de realizar ciertas actividades esenciales para el desarrollo personal como lo son: movilidad funcional, actividades físicas, ayuda de cuidado personal, higiene personal y aseo, vestido, baño y actividad sexual.

De este modo que se estima la generación de un dispositivo lo menos invasivo posible, que permita cumplir con las actividades motoras y somato sensitivas, en las alteraciones pos traumáticas del dermatoma L1 logre la funcionalidad de las vías ascendente y la interpretación de información de vía descendente. Con ciertos dispositivos como el generador de impulsos, neuroestimulador, un electrodo- tejido neuronal, donde exista tanto biocompatibilidad de la superficie, como biocompatibilidad estructural de esta manera poder llegar a suplir funciones de la red motora y a su vez conducir a una rehabilitación del dermatoma.

Objetivo general

Proponer, desde los aspectos anatómicos y fisiológicos del dermatoma L1, las características necesarias para generar una rehabilitación de lesiones traumáticas en L1.

Objetivos específicos

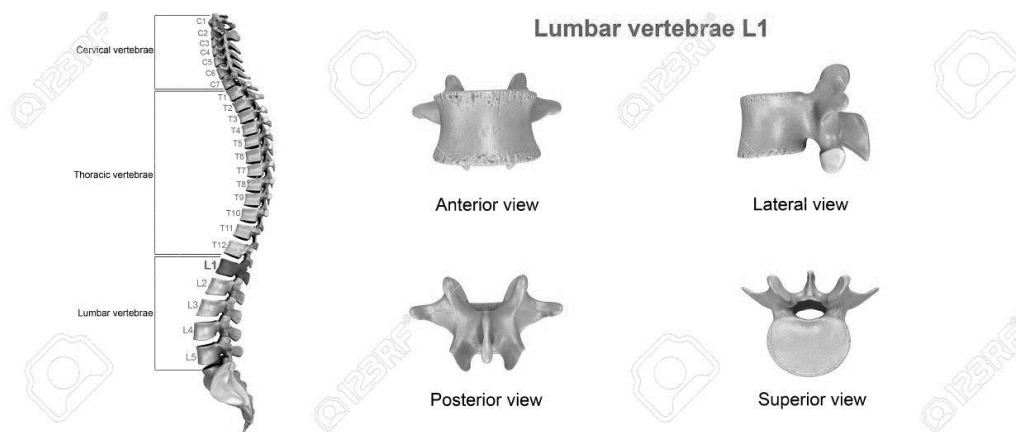
- Analizar la fisiología, anatomía, y fisiopatología del dermatoma y estructura su medular.
- Identificar las posibles tecnologías que permiten simular o remplazar las especificaciones del dermatoma L1.
- Describir las características que deben poseer los avances tecnológicos, prototipos y dispositivos, para la rehabilitación de una lesión medular completa.

Estado de los conocimientos

Anatomía y fisiología de L1

Primera vértebra lumbar L1: Su apófisis transversa está menos desarrollada que las demás vértebras lumbares, es la vigésima vértebra de la columna vertebral en el esqueleto axial (tronco). (Ilustración 1)

Ilustración 1 Vértebra Lumbar L1



Fuente: Tomado y modificado de (Timothy T. Roberts, 2017)

Cuerpo: voluminoso, con un eje mayor transversal.

Pedículos: gruesos; el borde inferior es más escotado que el superior.

Láminas: más anchas que altas.

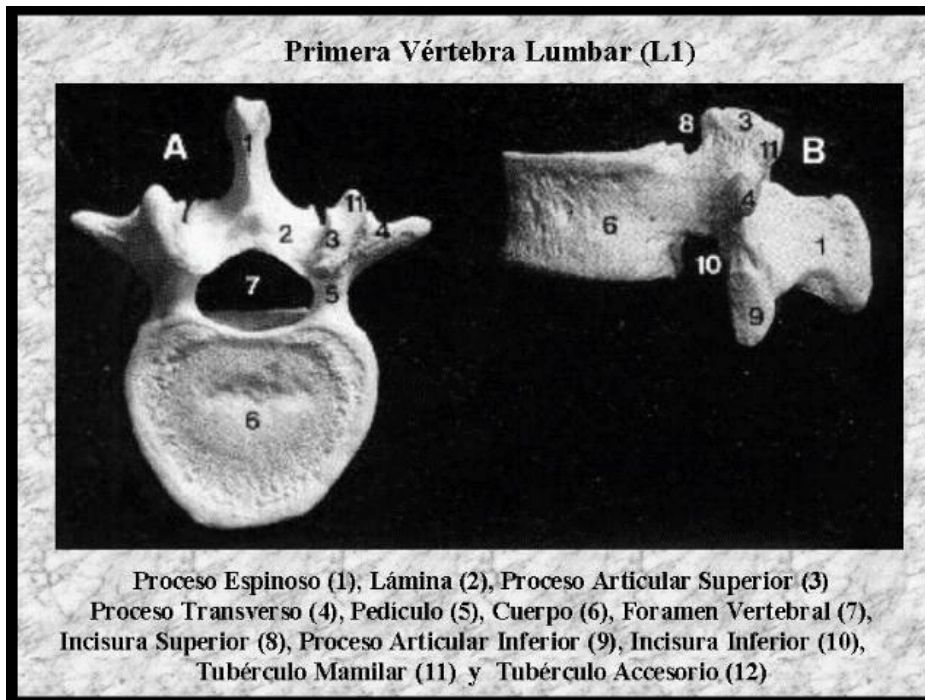
Apófisis espinosa: gruesa y rectangular; se dirige horizontalmente hacia atrás y termina en un borde abultado.

Apófisis transversas (Costiformes): largas y estrechas; representan a las costillas lumbares. En la cara posterior de su base de implantación está el tubérculo accesorio.

Apófisis articulares: las superiores en su cara externa presentan una eminencia: el tubérculo mamilar.

Agujero vertebral: triangular, en triángulo equilátero.(Ilustración 2)

Ilustración 2 Primera Vértebra Lumbar L1



Fuente: Tomada y modificada de <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/efi/modulo6.html>

Relación de L1 con los demás dermatomas.

L1, 2, 3, 4 Superficie anterior e interna de miembros inferiores.

El cono medular se encuentra a nivel de L1-L2 y de ahí parten once raíces que abandonan el conducto medular por los agujeros de conjunción correspondientes.

Cada nivel medular tiene un componente sensitivo y motor: en L1 el sensitivo es en la región inguinal y motor que no es expresivo está ubicado oblicuos y transversos del abdomen.

La lesión de este nervio se traduce en hipotonía de la pared abdominal y anestesia o parestesias de los territorios sensitivos que inerva.

Paraplejia, parálisis por debajo de la cintura

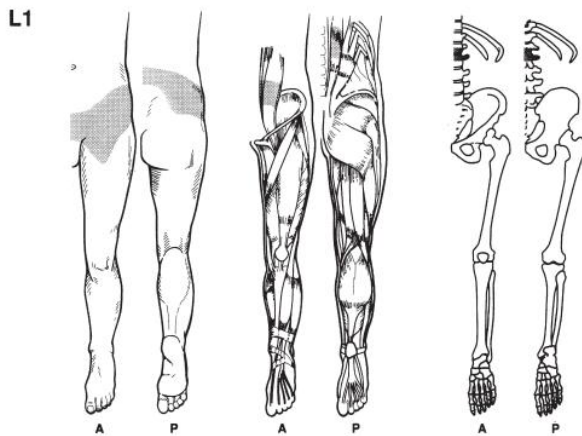
Son lesiones por flexión-compresión fractura en la zona de transición (L1-L2).

*Alteración de la función motora: L1 – L2 flexión de la cadera

*Alteración de la función sensitiva L1: pulso femoral

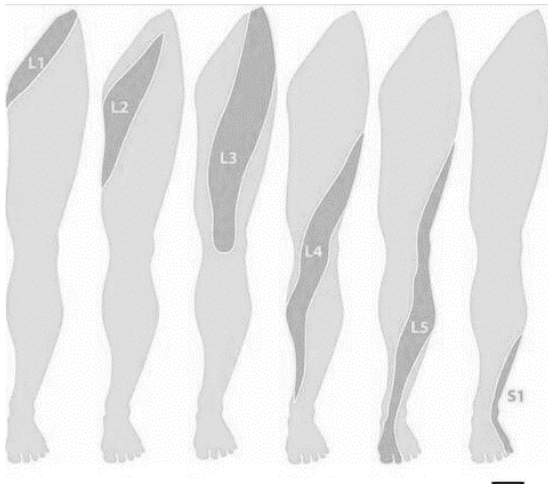
Dermatoma L1: ingle y flanco. Miotoma: paraspinales, flexores de cadera, extensores de la columna vertebral, y rotadores de la columna vertebral. Esclerotomo: huesos, vértebras y periostio; articulaciones facetarias; ligamentos– longitudinal, ligamentum flavum, interespinosa Superficie serosa: pared abdominal. Viscera: intestino grueso, riñón, uréter, suprarrenal, próstata, y el útero. (Ilustración 3 y 4).

Ilustración 3 Distribución de dermatoma, miotomos y esclerotomos para L1



Fuentes: Tomadas y modificadas de (Center, 2016)

Ilustración 4 Distribución de dermatoma L1 a nivel muscular



Fuentes: Tomadas y modificadas de (Center, 2016)

Señales y características de L1

El Nervio ilioinguinal o abdominogenital menor: es nervio muy delgado. Nace de la rama de L1 y situándose por debajo del nervio abdominogenital mayor corre paralelo al mismo por el espesor de la pared abdominal, y al llegar cerca de la espina ilíaca anterosuperior se divide en un ramo abdominal y otro genital.(ERIC R. KANDEL, 2013)

El ramo abdominal envía fibras motoras a los músculos del abdomen y fibras sensitivas a los tegumentos que lo cubren. El ramo genital atraviesa el conducto inguinal y termina dando un filete pubiano a la piel del pubis y otro genital destinado a la piel del escroto en el hombre y a los labios mayores en la mujer.(ERIC R. KANDEL, 2013)

Anatomía del dermatoma, materia gris y materia blanca

Dermatomas

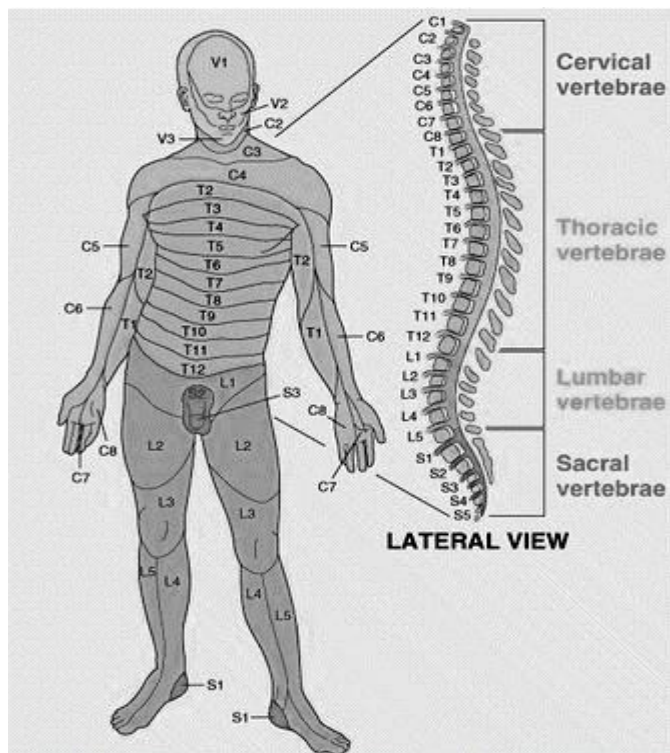
El dermatoma se encarga de llevar información sensitiva desde los receptores sensitivos (exteroceptores, interoceptores y propioceptores) al cerebro e información motora a órganos

motores o efectores. Cada nervio cutáneo se distribuye en una cierta zona de piel, llamada dermatoma. (Lee, 2008)(Gerard J. Tortola, 2012)

Los dermatomas, están divididos en: 8 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares y 5 sacros.

Cada dermatoma se clasifica según el nervio espinal que lo inerva. (Ilustración 5).

Ilustración 5 Nervios espinales



Fuente: Tomada y modificada de. (Lee, 2008)

Dermatomas cervicales Inervan la piel de la nuca, el cuello, la espalda, los brazos y las manos.(Gerard J. Tortola, 2012)

Dermatomas torácicos Estos cubren la piel de la parte interior del brazo, del pecho, abdomen y la zona media de la espalda.(Gerard J. Tortola, 2012)

Dermatomas lumbares Inervan la piel que se encuentra en la parte baja de la espalda, la zona frontal de las piernas, los muslos exteriores y la parte superior e inferior de los pies.(Gerard J. Tortola, 2012)

Materia Gris

El centro de la médula está compuesto de sustancia gris en forma de mariposa:

Las "alas" delanteras (astas anteriores o motoras) contienen neuronas que transmiten señales desde el cerebro o la médula espinal hasta los músculos a través de la raíz motora.

Las astas traseras (posteriores o sensitivas) contienen neuronas que reciben señales procedentes de otras neuronas situadas fuera de la médula espinal referentes al dolor, la temperatura y otras informaciones sensitivas a través de la raíz nerviosa.(Center, 2016)

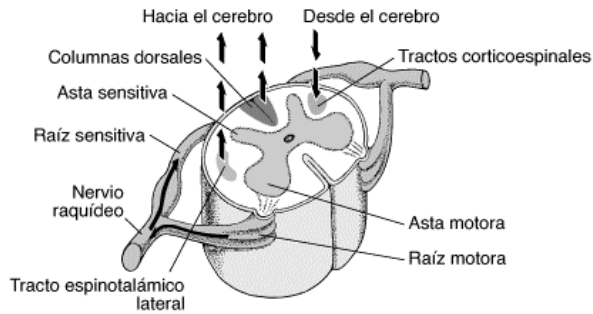
Materia Blanca

La sustancia blanca se encuentra en los tejidos más profundos del cerebro (subcorticales). Contiene fibras nerviosas (axones), las cuales son extensiones de las células nerviosas (neuronas). Muchas de estas fibras nerviosas están rodeadas por un tipo de envoltura o capa llamada mielina. La mielina le da a la sustancia blanca su color. También protege a las fibras nerviosas de una lesión. Además, mejora la velocidad y la transmisión de las señales eléctricas de los nervios.(Center, 2016)

Señal del cerebro propia del dermatoma

Los impulsos viajan hacia arriba (hacia el cerebro) o hacia abajo (desde el cerebro) por la médula espinal a través de diferentes vías (tractos). Cada tracto transmite un tipo diferente de señal nerviosa, ya sea hacia o desde el cerebro. (Ilustración 6).

Ilustración 6 Impulsos y señales del dermatoma



Fuente: Tomada y modificada de (Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, 2017)

Algunos ejemplos:

Tracto espinotalámico lateral: las señales referentes al dolor y la temperatura, recibidas por el asta sensitiva, viajan a través de este tracto hasta el cerebro. (ERIC R. KANDEL, 2013)

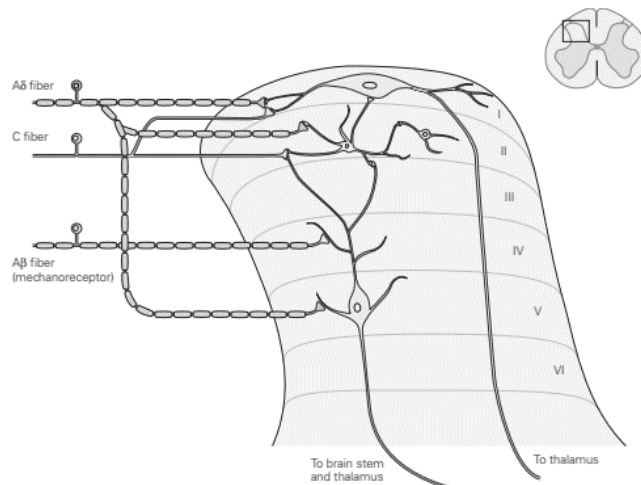
Columnas dorsales: las señales referentes a la posición de los brazos y de las piernas viajan a través de las columnas dorsales hasta el cerebro. (ERIC R. KANDEL, 2013)

Tractos corticoespiniales: las señales para mover los músculos viajan a través de estos tractos desde el cerebro hasta el asta motora, que las envía hasta el músculo. (ERIC R. KANDEL, 2013)

Comunicación entre dermatomas

La división medial incluye grandes, mielinizadas. $A\alpha$ y $A\beta$ 1bers que transmiten propioceptivos e información cutánea de un dermatoma. Ilustración 7.

Ilustración 7 Los impulsos nerviosos y la médula espinal



Fuente: Tomada y modificada de (Center, 2016)

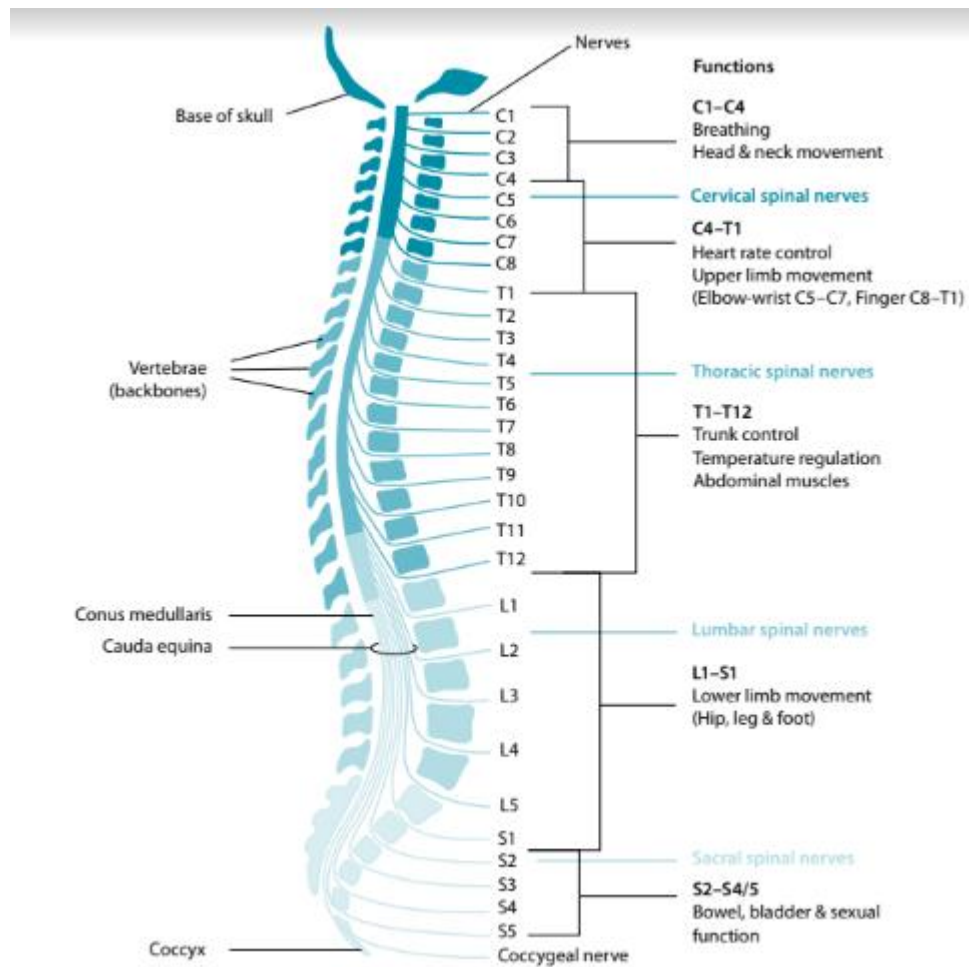
La comunicación es a través de flujos de información somatosensorial de la médula espinal al tálamo a través de vías paralelas los nervios que transmiten las diversas submodalidadessomatosensoriales de cada dermatoma se agrupan en los nervios periféricos a medida que entran.(Center, 2016)(Gerard J. Tortola, 2012)

Por ejemplo, las fibras nerviosas de la superficie de la piel que cubre parte de las piernas y el pie, conforman un dermatoma que proviene de una raíz nerviosa de la zona lumbar.

Lesión medular (LM)

La columna vertebral está formada por la columna un grupo de huesos (vértebras) que rodean, apoyan y protegen la médula espinal.(Ilustración 8).

Ilustración 8 Espina



Fuente:(Salud, 2013)

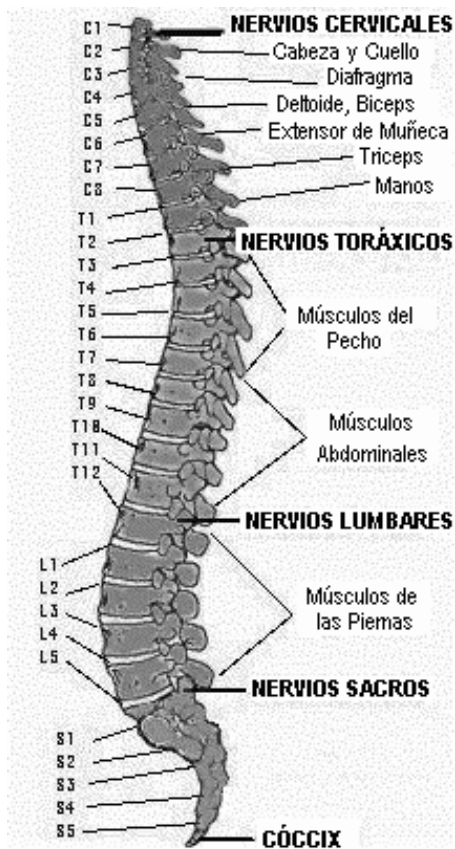
La médula espinal es un grupo de nervios dentro de la columna vertebral, que Comienzan en la base del cerebro y se extiende hasta el cóccix. Estos nervios envían y reciben señales entre el cerebro y el resto del cuerpo que nos permiten sentir(Center, 2016)(ERIC R. KANDEL, 2013):

- Tacto
- Dolor/presión
- Temperatura

- Posición

La columna vertebral está dividida en secciones de acuerdo con la ubicación y el número de vértebras. Cada vértebra se conoce por la letra y el número que se refieren a su lugar en la columna vertebral **Fuente especificada no válida.** Ver ilustración 9.

Ilustración 9 Medula espinal



Fuente: Tomada y modificada de (Ashraf S. Gorgey, 2018)

Una lesión de la médula espinal es el daño de los nervios dentro del canal espinal; Cuando se produce una lesión medular esta conexión nerviosa se ve interrumpida o alterada pudiendo producir parálisis de la movilidad voluntaria y ausencia de toda sensibilidad por debajo de la zona afectada.

Las lesiones afectan el movimiento y la sensación por debajo del área dañada.

Determinando lo siguiente:

La Lesión Medular cervical afecta la columna vertebral entre C1 y C7 (la parte posterior del cuello) **Fuente especificada no válida..**

La Lesión Medular torácica afecta a la columna vertebral entre T1 y T12 (pecho/espalda media) **Fuente especificada no válida..**

La Lesión Medular lumbar afecta a la columna vertebral entre L1 y L5 (espalda baja) **Fuente especificada no válida..**

La Lesión Medular sacra afecta a la columna vertebral entre S1 a S5 y esto puede causar cambios en la función intestinal, vesical y sexual.

Las Lesiones Medulares se puede clasificar por:

1. La gravedad de la lesión o extensión: parcial o completa
2. La función o nivel: paraplejia o tetraplejia
3. Por síntomas: espástica o fláccida

Las lesiones de médula se diagnostican a través de pruebas y equipos de tecnología diagnóstica:

- Mielograma: Muestra la ubicación de la lesión.
- Potencial Evocado Somatosensorial (PESS): Ayuda a determinar si la lesión es completa o incompleta.

Equipos para la visualización del daño en cuanto a sistema óseo.

- Tomografía Computarizada: Muestra el tipo de lesión de la médula espinal.

- Imágenes por Resonancia Magnética (MRI, por sus siglas en inglés): Muestra el tipo de lesión de la médula espinal.

- Radiografías: Muestran el daño a los huesos de la columna vertebral.

Causas de una lesión medular

La lesión medular puede ser consecuencia de distintos orígenes:

1. Traumatismo:

- 1.1. Accidentes de vehículos de motor

- 1.2. Caídas

- 1.3. Accidentes Laborales o industriales

- 1.4. Heridas deportivas

- 1.5. Heridas por arma de fuego o blanca.

2. Enfermedad

- 2.1. Tumoral: (dentro del parénquima medular) o extramedulares (fuera del parénquima)

- 2.2. Infecciosa

- 2.3. Vascular

- 2.4. Degenerativa

3. Congénito

Enfermedades que causan lesiones medulares

Compresión Medular

La compresión Medular es causada con mayor frecuencia por lesiones que se fuera de la médula espinal (extramedulares) que por lesiones dentro de ella (intramedulares)(Michael Rubin, Octubre 2016).

La compresión medular puede ser:

Aguda: se desarrolla en minutos a horas. Muchas veces se debe a un traumatismo (p. ej., fractura por aplastamiento vertebral con desplazamiento de los fragmentos de la fractura, hernia discal aguda, tumor metastásico, lesión ósea o ligamentaria grave que produce un hematoma, subluxación o luxación vertebral).(Kemal Nas, 2015)

Subaguda: aparece en días a semanas. Suele ser causada por un tumor extramedularmetastásico, un absceso o un hematoma epidural o un disco herniado cervical o, rara vez, torácico.(Miranda, 2018)

Crónica: aparece en meses a años. Habitualmente es causada por prominencias óseas en el canal medular cervical, torácico o lumbar (p. ej., debidas a osteofitos o espondilosis, sobre todo cuando el canal vertebral es estrecho, como ocurre en la estenosis vertebral)

Tumores

Son tumores óseos primitivos que corresponden a lesiones poco comunes que destruyen directamente el tejido o por fuera del parénquima medular tales como: Ependimoma, Astrocitoma, Neurinoma, Meningioma. Los tumores extramedulares pueden ser intradurales o extradurales.(Sminkey, 2018)

Infecciones

Como la meningitis y poliomielitis, Osteomielitis, Discitis Piógena, Abscesos Epidurales Piógenos, Tuberculosis Raquimedular, Hidatidosis, clínicamente son enfermedades que suelen cursar con dolor, alteración motora, sensitiva y esfinteriana expuesto por un proceso inflamatorio agudo articular producido por invasión y multiplicación de microorganismos piógenos como es el caso del estafilococo y del estreptococo.

Enfermedades degenerativas progresivas

Corresponden al sistema neuronal motor, que incluye las motoneuronas superiores, y las motoneuronas inferiores y sus proyecciones en troncos nerviosos periféricos. Con esta patología el disco se hace más rígido, sufre una pérdida creciente de elasticidad, movilidad y capacidad de distribución de cargas con resultado de debilidad y atrofia muscular generalizada, progresiva y rápida, tales como la esclerosis lateral amiotrófica y atrofia muscular espinal(Center, 2016)(Kemal Nas, 2015)

Vasculares

Son lesiones cerebrales constituidas por tejido vascular malformado. Representan la persistencia de sectores del lecho vascular primitivo embrionario, más allá de la etapa de diferenciación vascular en el sistema nervioso central entre estas patologías encontramos Angioma Cavernoso, Malformaciones arteriovenosas.(Center, 2016)

Clasificación de ASIA

A completa: La función motora y sensitiva no se conserva en los segmentos sacros S4 – S5.(Timothy T. Roberts, 2017)

B incompleta: Existe función sensorial pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico en los segmentos sacros S4 – S5.(Timothy T. Roberts, 2017)

C incompleta: La función motora se conserva por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular menor de 3. (Timothy T. Roberts, 2017)

D incompleta: La función motora se conserva por debajo del nivel neurológico, y al menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico.(Timothy T. Roberts, 2017)

E normal: La función sensitiva y motora son normales.(Timothy T. Roberts, 2017)

Que es paraplejia, cuadruplejia

Paraplejia

Describe la parálisis resultante de una lesión torácica, lumbar o sacra es decir que la lesión ocurre por debajo de los segmentos cervicales. Incluye cierto grado de parálisis en la parte inferior del cuerpo (pecho, piernas, pies y dedos de los pies), que se manifiesta por una falta de sensibilidad y / o parálisis total o parcial de las extremidades inferiores, y de la parte del tronco sublesional.(Center, 2016)(Salud, 2013)

Cuadruplejía o Tetraplejia

Es la parálisis causada por una lesión cervical en los segmentos cervicales de la médula espinal (C1-C8). Este daño compromete a extremidades superiores, tronco, extremidades inferiores y órganos pélvicos. Si el compromiso es superior a C4, el individuo no puede respirar por sí mismo. (Ilustración 10)

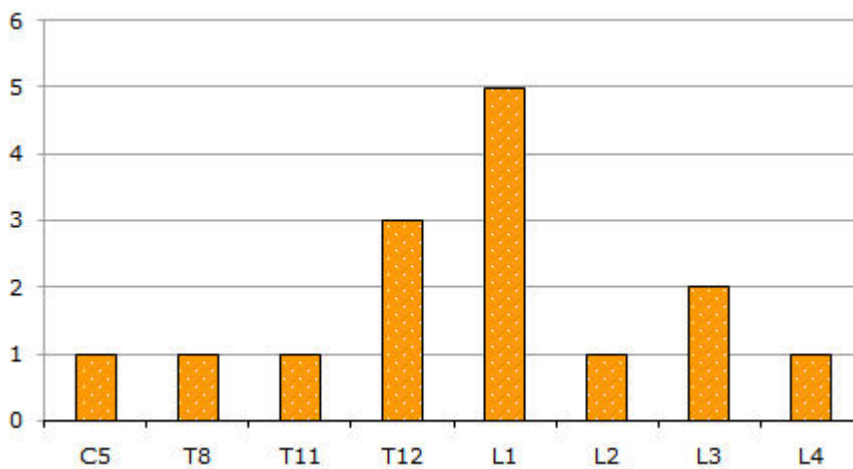
Ilustración 10 Paraplejia y cuadriplejia



Que vertebra tiene más afectación - RAZONES

Muchos artículos tratan del tema que la zona más afectada es la lumbar, seguida por la torácica debido a que esta zona es flexible y su protección o firmeza no es grande, un estudio grafico un promedio de lesiones medulares donde demostró que L1 es la vértebra más afectaba. (Ilustración 11).

Ilustración 11 Grafica vertebra que se fractura y afecta más frecuentemente.



Fuente: Tomada y modificada de (Pérez, 2010)

Como se genera la rehabilitación en L1

A la fecha se maneja con fisioterapia a través de rehabilitación en la Cara Anterior del Muslo ejercitando el musculo Psoas mayor ilíaco que tiene conexión con el Flexor de la Cadera y también con Ayudas técnicas para la deambulación con compás (Kemal Nas, 2015)(ERIC R. KANDEL, 2013)

Soluciones que existen para la rehabilitación de medula espinal después de una LM vista general.

1. Cirugía: La cirugía más común se llama fusión espinal.
2. Aparatos Ortopédicos/Ortesis

Las ortesis generalmente se usan después de una lesión o después de una cirugía para: Mantener su columna recta y evitar mayores daños a la columna

- Collarines Cervicales
- Collarín cervical blando
- Collarín cervical duro o rígido
- Tipo poste: Suelen ser de aluminio y plástico y se componen de 3 partes (cabeza, barbilla y pecho).
- Halo: Estos son para pacientes que requieren el mayor soporte cervical. El halo se compone de un aro de metal alrededor de la cabeza.
- OrtesisCérvico Torácicas (CTO, por sus siglas en inglés): Estos aparatos ortopédicos se extienden desde la barbilla hasta el pecho e impiden el movimiento entre la columna cervical y el tórax.

3. Ortesis No Cervicales

OTLS (Ortesis tóraco-lumbosacra). Este es un aparato ortopédico tipo concha, de plástico modelado a la medida que protege a la columna vertebral media a baja.

4. Rehabilitación muscular terapia física

5. Apoyo de equipo tecnológico dependiendo del grado de asistencia, es decir Ayudas técnicas para la deambulaci3n.

6. Medicamentos

Algunos tipos de medicamentos que se utilizan son:

Los esteroides disminuyen la inflamaci3n que rodea la zona lesionada de la m3dula espinal. Esto puede ayudar a reducir o aliviar la par3lisis.

Los medicamentos para el dolor pueden incluir:

- Estupefacientes
- Los medicamentos anti-inflamatorios no esteroideos ayudan a reducir la inflamaci3n que puede causar dolor.
- Los antiespasm3dicos ayudan a prevenir los espasmos dolorosos o la espasticidad que puede causar que los m3dulos se vuelvan r3gidos e interfieran con el movimiento.
- Las medicinas para el dolor neurop3tico ayudan a tratar el dolor causado por el da1o a los nervios.

Soluciones concretas y experimentales que existen para la rehabilitación de medula espinal después de una LM.

Terapia de trasplante de células para la lesión de la médula espinal.

En la actualidad no hay un tratamiento efectivo para la restauración de la médula espinal tras una lesión. El trasplante de células de Schwann, células madre neurales o células progenitoras, células de vaina olfativas, células precursoras de oligodendrocitos y células madre mesenquimales se ha investigado y se sigue avanzando la forma de cómo generar unas posibles terapias para la lesión de la médula espinal. Existen unos mecanismos ya propuestos que han generado estas células que son la neuroprotección, la inmunomodulación, la regeneración de axones, la formación de relé neuronal y la regeneración de mielina.(Peggy Assinck, 2017)

Los precursores neuronales aumentan la recuperación después de una lesión de la médula espinal

Las ratas con una lesión medular fueron trasplantadas con células precursoras neuronales (NPC) de ratón de tipo salvaje, hay que tener en cuenta que la mayoría de los animales también recibieron minociclina, ciclosporina e infusión perilesional de trofeos. La función motora se calificó según la escala BBB y la tinción H & E / LFB se usó para evaluar la materia gris y blanca, el quiste y el tejido lesionado. Los animales trasplantados con NPC de tipo salvaje mostraron la mayor recuperación funcional; por otro lado los animales trasplantados con NPC shiverer tuvieron el peor desempeño; los NPC de tipo salvaje remielinizaron los axones del huésped; en cambio los NPC Shiverer envainaban axones pero no producían MBP. Estos resultados llegan a la conclusión que la remielinización por NPC contribuye a la recuperación funcional después de una lesión medular y que los NPC Shiverer pueden prevenir la

remielinización por células endógenas capaces de formar mielina. Y aunque no se ha tratado en humanos el avance es significativo.(Gregory W. J. Hawryluk, 2014)

Efectos anatómicos y conductuales del taxol en modelos de ratas con lesión medular

Las infusiones intratecales de Taxol (paclitaxel), un agente estabilizador de microtúbulosantineoplásico , el cual es capaz de reducir la cicatrización fibrogliótica causada por una lesión medular en la parte dorsal y también trataba de aumentar la recuperación funcional y el crecimiento de axones serotoninérgicos después de una lesión moderada por contusión espinal. Estos experimentos arrojaron como resultado datos que confirman los efectos anti-cicatrices de Taxol después de la lesión medular; sin embargo, no se confirmó neuroprotección, crecimiento del axón serotoninérgico, ni recuperación funcional. (Phillip G.Popovich, 2014)

La administración sistémica de epotilona D mejora la recuperación funcional de la marcha después de una lesión por contusión en la médula espinal de rata

Las escasas capacidades casi nulas de crecimiento intrínseco de las neuronas del sistema nervioso central adultas y la formación de cicatriz en el área de la lesión son impedimentos a la regeneración del axón. La administración sistémica del agente estabilizador de microtúbulosepotilona B promueve la regeneración del axón y la recuperación de la función motora activando la funcionalidad de crecimiento axonal y reduciendo la cicatrización en el área de la lesión. Mediante el uso de cromatografía líquida y espectrometría de masas, se descubre una penetración y distribución adecuada de la epotilona D en el SNC después de la administración sistémica, con lo cual se puede deducir que se podría generar una terapia no invasiva de rehabilitación a medula espinal. (Este estudio se realizó en ratas)(Bradke, 2018)(Jörg Ruschel, 2015)

NT3-quitosano permite la regeneración de novo y la recuperación funcional en monos después de una lesión medular

El estudio realizado en los monos con LM grave, donde se utilizó el NT3-quitosano un material bioactivo y biodegradable, el cual generó resultados de una regeneración neural de novo con crecimiento axonal de larga distancia de las neuronas motoras corticales y recuperación sensitiva y motora, esto comprobado con laboratorio de marcha con un antes y después del tratamiento, además de imágenes diagnósticas como resonancia magnética, donde se evidenció la reconstrucción de la médula espinal. (Jia-Sheng Rao, 2018)

NT3-quitosano o quitosano provoca neurogénesis endógena robusta para permitir la recuperación funcional después de una lesión de la médula espinal

Las células madre neurales (NSC) en el sistema nervioso central (SNC) contienen los parámetros para la regeneración neural a través de la activación, diferenciación y maduración adecuadas, y a su vez constituir redes neurales nacientes, que pueden incorporarse en circuitos neuronales dañados para reparar la función. Sin embargo, el microambiente de una lesión medular consta de una suspensión de funcionalidad y de una respuesta inflamatoria, lo que genera una limitación en la actuación de las NSC para diferenciarse en neuronas y formar circuitos nacientes. (Zhaoyang Yang, 2015)

El biomaterial de quitosano acoplado a neurotrofina-3 (NT3), se introduce en un espacio de 5 mm de médula espinal torácica de rata completamente transeccionada y extirpada, este material provocó una activación robusta de las NSC formadas en el interior de la médula espinal lesionada. El biomaterial atrajo a las NSC al área de la lesión, estas diferenciándose de neuronas y formando redes neuronales funcionales, que interconectaban axones ascendentes y

descendentes cortados, lo que resulta en la recuperación conductual sensorial y motora.
(Zhaoyang Yang, 2015)

Estimulación cerebral no invasiva

Estimulación transcraneal de corriente continua

La estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS) es causante de polarización por debajo del umbral de las membranas neuronales y es capaz de modular la excitabilidad corticoespinal a los músculos que afecta la lesión medular. Además, el tDCS puede facilitar la plasticidad mediante la modulación específica de polaridad de la fuerza sináptica. Es así que el tDCS tiene la funcionalidad de modular las respuestas a la neurorehabilitación robótica. El tDCS también ha demostrado la capacidad de mejorar la función motora cuando existe una lesión medular; todo lo anterior utilizado mediante la robótica de rehabilitación. (Marwa Mekki, 2018)(Murray LM, 2015)(Cortes M, 2017)

La estimulación magnética transcraneal repetitiva

La estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) es una técnica de neuromodulación no invasiva, que altera el impulso neuronal y la actividad continua de la red neuronal, al evocar potenciales de acción. El rTMS puede inducir plasticidad sináptica y tiene la capacidad de modular las respuestas a la neurorehabilitación robótica.(Marwa Mekki, 2018)

Interfaces cerebro-máquina

Las interfaces máquina-cerebro (IMC) es el emparejamiento de diferentes dispositivos de asistencia (según sea el área a controlar o tratar), con un dispositivo de grabación de señal cerebral el cual puede implantarse quirúrgicamente dentro del cráneo del paciente de una forma invasiva o colocarse de manera no invasiva sobre el cuero cabelludo. Las señales cerebrales grabadas se decodifican y se convierten en una instrucción para controlar el dispositivo de

asistencia. El IMC se puede combinar con la neurorehabilitación robótica para restaurar la función después de una lesión medular aunque el proceso motor sería limitado y no entraría el sistema somatosensitivo. (Marwa Mekki, 2018)

Rehabilitación por gamificación incorporada con realidad virtual

Los entornos de realidad virtual mejoran el rendimiento motor en sesiones individuales de rehabilitación de la marcha asistida por robot teniendo en cuenta este parámetro se realizó un estudio a 22 personas adultas con LM con el fin de investigar los efectos de la gamificación mediada por realidad virtual donde se encontró que los entornos virtuales que son más llamativos donde se genera una retroalimentación sobre la velocidad de caminata del avatar controlado y la competencia con otros operarios virtuales produce parámetros adecuados de frecuencia cardíaca y actividad muscular como por ejemplo en los músculos gastrocnemio medial, recto femoral, tibial anterior y bíceps femoral durante la interacción con el avatar. (Marwa Mekki, 2018)(Zimmerli L, 2013)(Domen Novak, 2014)

Rehabilitación de medula espinal generales

Las intervenciones para personas con LM incluyen terapia con dispositivos ortopédicos por ejemplo, ortesis tobillo-pie, ortesis rodilla-tobillo-pie, ortesis cadera-rodilla-tobillo-pie, la estimulación eléctrica profesional como el sistema Parastep y el entrenamiento robótico con cinta de correr con soporte de peso corporal. Estos dispositivos ortopédicos ayudan a las personas con una lesión medular incompleta a generar una marcha con o sin asistencia.(Ashraf S. Gorgey, 2018)

Unidades robóticas

Uno de los dispositivos en el que más se ha trabajado son las unidades robóticas las cuales tienen ventajas y desventajas. Algunas de las ventajas incluyen proporcionar propulsión de la

extremidad para el movimiento y producir activación muscular necesaria para completar la movilidad específica, lo cual genera una rehabilitación viable. Algunas de las desventajas más relevante es el uso de más energía para el movimiento; esto genera limitaciones y dificultades además de generarle gastos adicionales al paciente. (Ashraf S. Gorgey, 2018)

El Lokomat un ejemplo de unidades robóticas ha sido adoptado por muchos fisioterapeutas para la terapia de la marcha. Le permite al terapeuta ajustar el contacto del pie con la cinta de correr y modificar la velocidad de la misma. Un problema con esta tecnología es que es estacionaria y no para uso funcional cotidiano, pero puede ser un inicio de un dispositivo que pueda implementar esta tecnología, pero de manera ambulatoria. Otras de las desventajas son el tiempo de configuración del dispositivo, la estabilidad del paciente y la autonomía del dispositivo debido a que este realiza los movimientos de caminar sin la necesidad de mucha participación del paciente.(Ashraf S. Gorgey, 2018). (Ilustración 12)

Ilustración 12 Unidad robótica



Fuente: Tomada y modificada de (Ashraf S. Gorgey, 2018)

Exoesqueletos accionados

Los exoesqueletos con alimentación permiten a las personas con LM caminar libremente en entornos hospitalarios y no hospitalarios. Los exoesqueletos pueden proporcionar a las personas con LM la oportunidad de mejorar su nivel de actividad física de manera independiente. Pero este dispositivo solo se puede utilizar en caso de una lesión medular incompleta y muy pocos tipos de exoesqueletos con lesión medular completa, se utiliza más como un dispositivo de ayuda más no de rehabilitación completa, debido a que, si existiera una lesión medular completa donde se genere desconexión este dispositivo no podría tener una conexión con medula espinal para obtener la información necesaria para generar la activación muscular y producir movimiento; este dispositivo tiene limitaciones.(Ashraf S. Gorgey, 2018)

Hasta la fecha, tres exoesqueletos motorizados disponibles comercialmente han recibido la autorización de comercialización de la FDA para su uso en personas con LM. Estas cuatro marcas son ReWalk e Indego que pueden ser aplicables para SCI por debajo de T4, Ekso puede usarse para LM por debajo de C6. El dispositivo ReWalk requiere un agarre fuerte, que es menos crítico para el Ekso. El aumento de la función troncal mejora la capacidad de activar los pasos con ReWalk. El dispositivo REX puede ser utilizado por personas con LMEde alto nivel cervical. Ver ilustración 12(Ashraf S. Gorgey, 2018). (Ilustración 13)

Ilustración 13 Exoesqueletos



Fuente: Tomada y modificada de (Ashraf S. Gorgey, 2018)

Tratamientos experimentales para la rehabilitación de medula espinal por medio de plantas.

Extracto de Hypericum perforatum

Hypericum perforatum es planta medicinal que contiene muchos compuestos polifenólicos, flavonoides y ácidos fenólicos. Los compuestos polifenólicos tienen un alto potencial antioxidante. Se ha encontrado neuroprotección y mejora de recuperación de ratones después de una lesión de médula espinal tratados con extracto de Hypericum perforatum. Se realizó un estudio en ratones donde se le genera una LM entre T5 y T8 donde se evaluó el efecto de H. perforatum. Los resultados mostraron que el grado de la inflamación de la médula espinal, la lesión de los tejidos, el marcador de estrés oxidativo, la proteína implicada en muerte celular, la infiltración de neutrófilos, y la activación del transductor de señal y activador-3 de la transcripción, se redujeron notablemente en el tejido de la médula espinal obtenido a partir de ratones tratados con extracto de H. perforatum. (César Antonio Pérez-Estudillo, 2018)

Extracto de Syringavulgaris

Se evaluó la eficacia del tratamiento con verbascósido, producido por cultivos de células vegetales de Syringavulgaris en un modelo experimental de ratones con traumatismo de la médula espinal. Así, se evaluó el efecto del fenilpropanoideglicosilado del olivo (verbascósidoó VB), aislado a partir de células cultivadas de la planta medicinal Syringavulgaris (Oleaceae) en un modelo experimental animal de lesión de la médula espinal. En un conjunto separado de experimentos, demostraron claramente que el tratamiento con VB mejora significativamente la recuperación de la función motora, reduce el desarrollo de eventos pos-lesión y la inflamación de tejido asociados con el trauma.(César Antonio Pérez-Estudillo, 2018)

Metodología

Este proyecto se desarrolla desde un enfoque cualitativo con un tipo de investigación descriptiva; partiendo desde el objetivo general el estudio busca analizar la fisiología, anatomía, y fisiopatología del dermatoma L1, para generar una rehabilitación de lesiones traumáticas en L1.

El análisis de la fisiología, anatomía y fisiopatología del dermatoma L1 y su estructura medular, permitió desglosar la estructura de dicho dermatoma conformado por discos intervertebrales, ligamentos, meninges (duramadre, aracnoides y la piamadre) y la médula espinal. A lo largo de la médula espinal se desprenden 31 pares de nervios raquídeos, los cuales tienen un origen en las diferentes astas de sustancia gris de la médula, las fibras anteriores del nervio (axón) eferente, salen de la asta anterior y poseen información motora, y las fibras posteriores del nervio (axón) aferente, salen de la asta posterior con información sensitiva.

La información sensitiva viaja por la médula a través de la sustancia blanca por las vías aferentes como son: el cordón posterior de la médula (haz de Goll y haz de Burdach), los haces espinotalámicos (haz espinotalámico lateral y haz espinotalámico anterior) y el haz espinocerebeloso (anterior y posterior), hasta llegar a la corteza somatosensorial, donde se encuentra un homúnculo cortical que es el encargado de las divisiones anatómicas de la corteza motora primaria y la corteza somatostésica primaria.

A partir de la corteza motora, sale el impulso nervioso por las vías eferentes que viajan por la sustancia blanca de la médula espinal a través de las vías piramidales (haz corto espinal, haz cortico nuclear) y vías extra piramidales (fascículos retículo espinal, fascículos rubro espinal, fascículo tecto espinal, fascículos vestíbulo espinal), hasta la parte del asta anterior donde hace sinapsis con las neuronas de los núcleos motores, a partir de este punto salen los nervios raquídeos que inervan los músculos del cuerpo constituyendo una distribución en dermatomas. El dermatoma L1 es el encargado de inervar la parte superior e anterior de los miembros inferiores para llegar a generar una contracción muscular.

El primer objetivo permitió concluir la información que se evidencia en la tabla número 1. Esta tabla muestra una relación entre la estructura (anatomía) y la función (fisiología) de la vértebra L1 y cómo al causar una alteración a dicha estructura tendría un cambio en su funcionamiento.

Para la continuación del documento se procede a realizar el segundo objetivo y tercer objetivo donde hace una identificación de las características de las posibles tecnologías avances tecnológicos, prototipos y dispositivos para rehabilitación de una lesión medular y dermatoma.

Donde se pudo llegar a la conclusión de que existe una serie de tecnologías como lo son exoesqueletos accionados, unidades robóticas, interfaces cerebro-máquina, estimulación cerebral no invasiva para dispositivos tenemos ortesis tobillo-pie, ortesis cadera-rodilla-tobillo-pie, estimulación eléctrica y un entrenamiento robótico con cinta de correr.

De tal manera que para los tratamientos experimentales para la rehabilitación de médula espinal se ha generado desde extractos de plantas, como la *Hypericum perforatum* (hierba de San Juan) y extracto de *Syringavulgaris* (es una especie botánica de *Syringa* en la familia de los olivos) que proporcionan la neuroprotección, la recuperación de la función motora y reducción del desarrollo de eventos pos-lesión e inflamación de tejido ; hasta tratamientos experimentales por medio de procesos químicos y robóticos como lo son terapia de trasplante de células para lesión de la médula espinal, efectos del taxol, los precursores neuronales, la administración sistemática de epotilonaD, NT3-quitosano los cuales han generado La regeneración neural de novo con crecimiento axonal de larga distancia de neuronas motoras corticales y recuperación sensitiva y motora; la estimulación transcraneal de corriente continua, la estimulación magnética transcraneal repetitiva, rehabilitación por ramificación incorporada con realidad virtual y unidades robóticas que proporcionan .

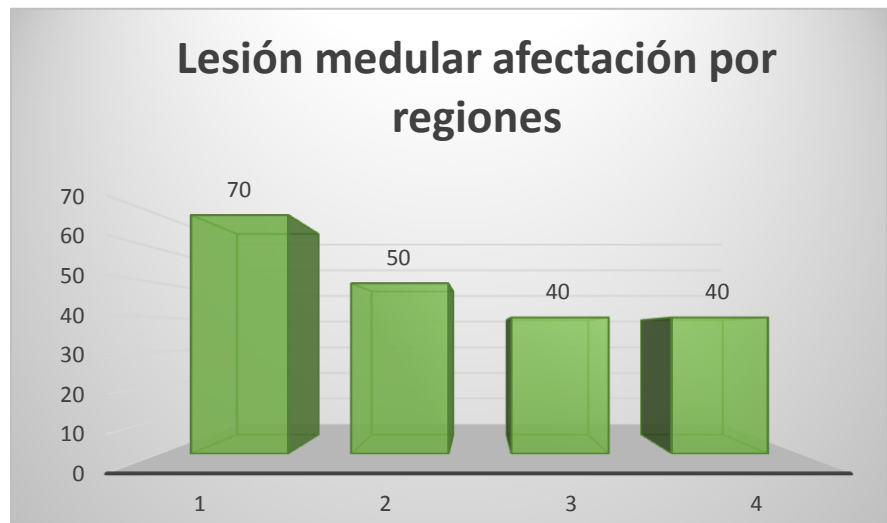
Para concluir con el segundo objetivo y tercero se evidenció que los avances tecnológicos son invasivos la mayoría y no dan una solución a la lesión medular espinal y dermatoma.

Resultados

Tabla 1 Lesión medular por regiones

Lesión medular afectación por regiones	Porcentaje %
Región de África	70
Región del Pacífico Occidental	50
Región de Asia Occidental	40
Región Mediterráneo Oriental	40

Ilustración 14 Lesión medular afectación por regiones



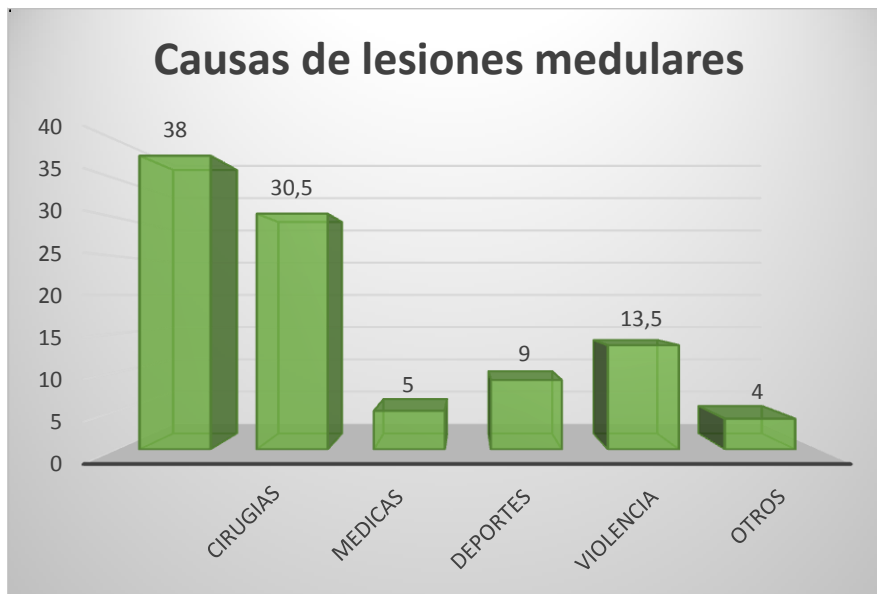
La lesión medular a nivel mundial tiene una afectación por regiones donde se puede evidenciar que de un 200% un 70% es de la región de África un 50% de la región del Pacífico Occidental un 40% de la región de Asia Occidental y un 40% de la región Mediterráneo Oriental.

Donde se presenta que la región de África tiene una mayor afectación en lesiones medulares.

Tabla 2 Causas de lesiones medulares

Causas de lesiones medulares	Porcentaje %
Accidentes automovilísticos	38
Cirugías	30,5
Medicas	5
Deportes	9
Violencia	13,5
Otros	4

Ilustración 15 Causas de lesiones medulares



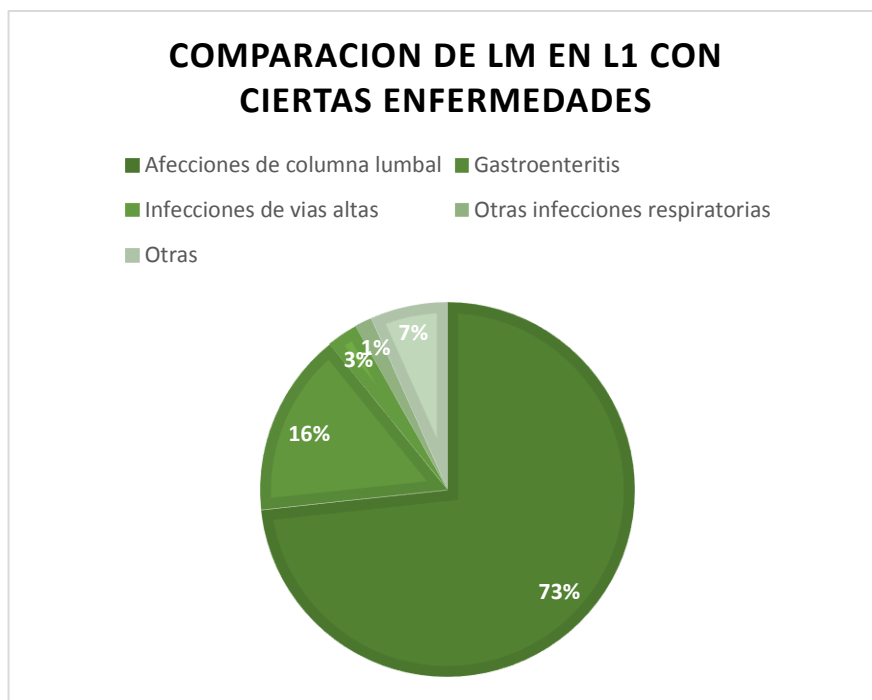
En las causas de las lesiones medulares se puede evidenciar que los accidentes automovilísticos tienen un porcentaje elevado de un 38% en seguida van las cirugías con un 30.8%, violencia con un 13,5%, deportes con un 9%, médicas con un 5%, y otros con un 4%.

Tabla 3 Comparación de LM en L1 con ciertas enfermedades

Comparación de LM en L1 con ciertas enfermedades	Porcentaje %
Afecciones de columna lumbar	73,3
Gastroenteritis	15,9
Infecciones de vías altas	2,7
Otras infecciones respiratorias	1,5
Otras	6,6

Gráfica número 2.1 Comparación de LM en L1 con ciertas enfermedades

Ilustración 16 Comparación de LM en L1 con ciertas enfermedades



En la comparación de las lesiones medulares con ciertas enfermedades se puede evidenciar que las afecciones de la columna lumbar son de un 73% a comparación con otras enfermedades como lo son gastroenteritis con un 15,9% infecciones de vías altas con 2,7% otras infecciones respiratorias con 1,5% y otras con 6,6%. (Sminkey, 2018)

Tabla 4 Lesiones medulares reportadas en distintas investigaciones a nivel mundial.

Lesiones medulares reportadas en distintas investigaciones a nivel mundial	Nivel 1	Nivel 2
	Nivel caso 1	Nivel caso 2
total	87	115
Nivel cervical	34	53
Nivel torácico	43	48
nivel lumbosacras	10	14

Grafica número 3



Las lesiones medulares reportadas en distintas investigaciones a nivel mundial presentan una serie de niveles como lo son nivel caso 1 con cervicales con un 87% nivel torácico 43% y nivel lumbosacras con un 10%.

Para el nivel caso 2 las cervical presentan un 115%, torácico 48% y lumbosacra 14%.

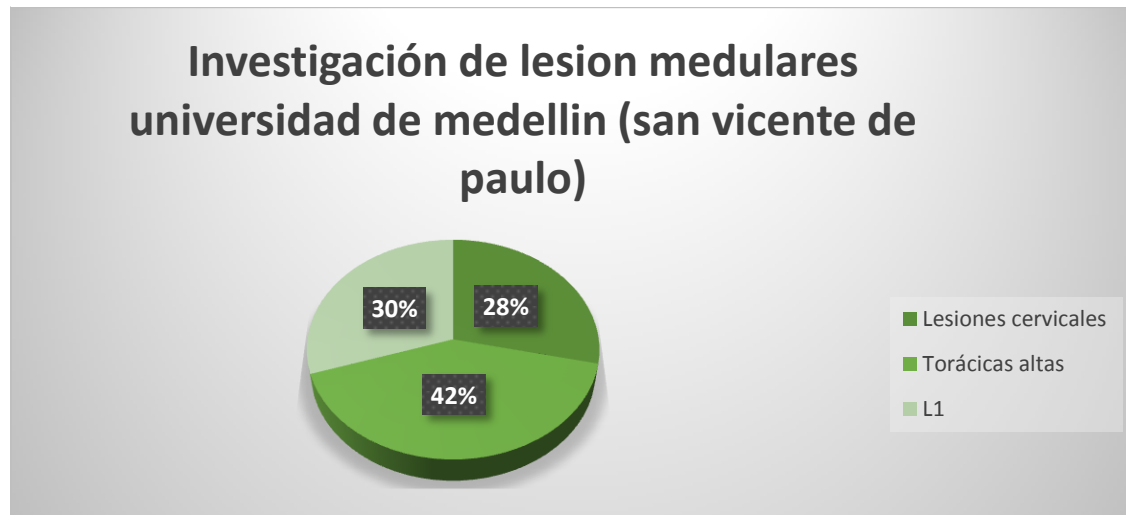
Donde se evidencia que en el caso de la lesión medular reportada en distintas investigaciones a nivel mundial tiene un nivel más alto que el nivel 1.

Tabla número 3.1 Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo)

Tabla 5 Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo)

Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo)	Porcentajes de lesiones	
Lesiones cervicales		28,5
Torácicas altas		41,5
L1		30

Ilustración 17 Investigación de lesión medulares universidad de Medellín (san Vicente de paulo)



Las investigaciones que se están realizando en nuestro país en especial la universidad de Medellín (san Vicente de paulo) hace un estudio de las lesiones medulares donde lesiones cervicales presentan un porcentaje de 28,5% las torácicas altas de un 41,5% y L1 de 30%. (Luz Elena Lugo, 2017)

Tabla 6 Tratamiento experimental y funcional para la rehabilitación de lesión medular.

Tratamiento experimental o aplicado	Método		Aporte
	Químico	Robótico	
Terapia de trasplante de células para la lesión de la médula espinal	x		La neuroprotección, la inmunomodulación, la formación de relé neuronal y la regeneración de mielina
Efectos del taxol	x		Efectos anti-cicatrices
Los precursores neuronales	x		Prevenir la remielinización por células endógenas y la recuperación funcional motora
La administración sistémica de epotilona D	x		La recuperación de función motora, crecimiento axonal y reducción de cicatrización.
NT3-quitosano	x		La regeneración neural de novo con crecimiento axonal de larga distancia de neuronas motoras corticales y recuperación sensitiva y motora
Estimulación transcraneal de corriente continua		x	Modular la excitabilidad corticoespinal a los músculos que afecta la lesión medular y facilitar la plasticidad

La estimulación magnética transcraneal repetitiva		x	Modular las respuestas a la neurorehabilitación robótica
Interfaces cerebro-máquina		x	La decodificación de las señales cerebrales
Rehabilitación por gamificación incorporada con realidad virtual		x	Mejora el rendimiento motor y generación de estímulos
Unidades robóticas		x	La propulsión de la extremidad para movimiento y producción de activación muscular
Exoesqueletos accionados		x	Soporte, movimiento y agarre
Extracto de Hypericum perforatum	x		La neuroprotección y mejora de recuperación
Extracto de Syringa vulgaris	x		La recuperación de la función motora y reducción del desarrollo de eventos pos-lesión e inflamación de tejido

La similitud entre los tratamientos expuestos en la tabla 6 son relevantes para la investigación puesto que de esta manera se puede evaluar lo relevante o sobresaliente y lo complementario de específico tratamiento. La neuroprotección se evidencia en el extracto de Hypericum perforatum y en la terapia de trasplante de células para la lesión de la médula espinal, la recuperación de la función motora se evidencia en los precursores neuronales, la administración sistémica de epotilona D, el NT3-quitosano y el extracto de Syringa vulgaris, el crecimiento axonal se evidencia en la administración sistémica de epotilona D y en el NT3-quitosano, por último los efectos anti-cicatrices que los contiene los efectos del taxol y la administración sistémica de epotilona D.

Discusión

Las lesiones medulares son causantes de discapacidad, una problemática a nivel mundial esto se debe a que miles de personas lo presentan, según porcentajes de estudios, hasta el momento no hay una cura o tratamiento que restaure en su totalidad la parte afectada, aunque existen tratamientos químicos, quirúrgicos y robóticos los cuales por separado presentan insuficiencias, es decir, no suple por completo la funcionalidad del dermatoma que ha sufrido la lesión. Es así como se genera la problemática de cómo se puede suplir las características fisiológicas y anatómicas que se han alterado de un dermatoma.

Al realizar un correcto análisis de las soluciones más viables para la rehabilitación del dermatoma se determina que la unión de la parte química como la utilización de la robótica de rehabilitación, se pudiese generar el prototipo ideal, puesto que experimentos como el NT3-chitosan que produce regeneración neural y recuperación sensitiva, motora y los efectos generados por la gamificación incorporada con realidad virtual permiten una rehabilitación casi completa; esto no quiere decir que se excluye la integración de más componentes para la realización de un prototipo, se pueden integrar más tratamientos de tipo experimental o funcional, como la interface cerebro-máquina, que contribuyan a la restauración oportuna de la red neuronal. Es recomendable investigar los parámetros y métodos adecuados para la unión de experimentos y tratamientos actuales para la generación de un solo proyecto y hasta qué punto es aplicable y accesible este prototipo en la industria y la sociedad.

Conclusiones

Los resultados generados por esta revisión sistémica, al agrupar los tratamientos experimentales y funcionales más relevantes, dan a entender que los tratamientos tienen una similitud entre ellos,

pero, por otro lado muestra la capacidad que tiene cada uno por separado, generando así, que se pueda producir un análisis sobre como poder modelar un tratamiento que una dos ramas que trabajan a profundidad la rehabilitación de medula espinal cuando esta sufre un traumatismo o afectación, una de las problemáticas más complejas a nivel mundial con afectaciones masivas, como lo son la robótica y la química.

Con las investigaciones realizadas hasta el día de hoy, debido a que el estudio de medula espinal con el fin de rehabilitación a costado de bastantes años, se ha evidenciado que existen estudios de tratamientos donde se ha generado un avance significativo con áreas de recuperación diferente como procesos de anticatracaciónneuroprotección, deambulacion asistida de paciente, crecimientoaxonal, entre otros, y a su vez hay muchos procesos para la rehabilitación de medula espinal ineficientes y limitados; con base a este estudio se pueden generar investigaciones futuras donde se pueda realizar una conexión entre los procesos químicos y los procesos robóticos debido a que existen aportes particulares entre estos que generan un complemento de un estándar que debe de tener el paciente a rehabilitar.

Referencias

- Ashraf S. Gorgey, R. S. (2018). Exoskeletal Assisted Rehabilitation After Spinal Cord Injury. 440-447.
- Bradke, J. R. (2018). Systemic administration of epothilone D improves functional recovery of walking after rat spinal cord contusion injury. *Experimental Neurology*, 243-249. doi:<https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2017.12.001>
- Center, N. S. (2016). *Spinal Cord Injury (SCI) Facts and Figures at a Glance*. Retrieved from <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts%202016.pdf>
- César Antonio Pérez-Estudillo, D. S.-M. (2018). Aplicaciones terapéuticas para la lesión de médula espinal. *Revista neurobiologica*, 118-141.
- Cortes M, M. A. (2017). Improved grasp function with transcranial direct current stimulation in chronic spinal cord injury. *NeuroRehabilitación*, 51-59. doi:10.3233 / NRE-171456.
- Domen Novak, A. N. (2014). Can two-player games increase motivation in rehabilitation robotics? *HRI '14 Proceedings of the 2014 ACM*, 447-454. doi:10.1145/2559636.2559658
- ERIC R. KANDEL, J. H. (2013). *PRINCIPLES OF NEURAL SCIENCE*. New York: Copyright.
- Gerard J. Tortola, B. D. (2012). La médula espinal y los nervios espinales. In B. D. Gerard J. Tortola, *Principles of anatomy and physiology* (13 ed., pp. 492-522). Madrid -España: Editorial Médica Internacional, LTDA.
- Gregory W. J. Hawryluk, , . . (2014). An Examination of the Mechanisms by which Neural Precursors Augment Recovery following Spinal Cord Injury: A Key Role for Remyelination. *Sage journals*, 365-380. doi:<https://doi.org/10.3727/096368912X662408>
- Jia-Sheng Rao, C. Z.-H. (2018). NT3-chitosan enables de novo regeneration and functional recovery in monkeys after spinal cord injury. *PNAS*, E5595-E5604. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1804735115>
- Jörg Ruschel, F. H. (2015). Systemic administration of epothilone B promotes axon regeneration after spinal cord injury. *Science*, 347-352. doi:10.1126/science.aaa2958
- Kemal Nas, L. Y. (2015). Rehabilitation of spinal cord injuries. *World J Orthop*, 6(1): 8-16.
- Luz Elena Lugo, H. I. (2017). Calidad de vida en leiones medulares en medellin. *colombiana de medicina física y rehabilitación*, 14-27 .

Master en Ingeniería Biomédica. (Noviembre de 2011) ESTUDIO POR ELEMENTOS FINITOS DE LA BIOMECAÁNICA LUMBAR HUMANA. ANÁLISIS DE LA DEGENERACIÓN DISCAL. POP en Ingenierías Transversales

Marwa Mekki, A. D. (2018). Robotic Rehabilitation and Spinal Cord Injury: a Narrative Review. *Neurotherapeutics*, 604–617. doi:<https://doi.org/10.1007/s13311-018-0642-3>

Michael Rubin, M. (Octubre 2016). Compresión medular. New York.

Miranda, F. (2018, Octubre 12). Patologías de la médula espinal.

Murray LM, E. D.-L. (2015). Intensity dependent effects of transcranial direct current stimulation on corticospinal excitability in chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, S114-21. doi: 10.1016/j.apmr.2014.11.004

Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud. (2017, Noviembre 8). OPS. Retrieved from Rehabilitación: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13919:rehabilitation&Itemid=41651&lang=es

Peggy Assinck, G. J. (2017). Cell transplantation therapy for spinal cord injury. *Nature Neuroscience*, 637–647. doi:<https://doi.org/10.1038/nn.4541>

Pérez, R. M. (2010, junio). Fracturas inestables de la columna vertebral: presentación de una serie de casos. *Cubana ortop Traumatol*, 24(1). Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2010000100003

Phillip G. Popovich, C. A. (2014). Independent evaluation of the anatomical and behavioral effects of Taxol in rat models of spinal cord injury. *Experimental Neurology*, 97-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2014.06.020>

Salud, O. M. (2013, noviembre 19). *Lesiones medulares*. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>

Sminkey, L. (2018, Febreo). OMS. Retrieved from OMS: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/spinal-cord-injury-20131202/es/>

Timothy T. Roberts, G. R. (2017). Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. *Clinical Orthopaedics Related Research*. doi:10.1007/s11999-016-5133-4

Zhaoyang Yang, A. Z. (2015, octubre 27). NT3-quitosano provoca neurogénesis endógena robusta para permitir la recuperación funcional después de una lesión de la médula espinal. *PNAS*, 13354–13359. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1510194112>

Zimmerli L, J. M. (2013). Increasing patient engagement during virtual reality-based motor rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.*, 1737-46. doi: 10.1016/j.apmr.2013.01.029

Anexos

Estructura de la Medula espinal y dermatoma

Para la tabla número uno se hace una relación de la estructura y función que presenta la médula espinal y dermatoma, de igual manera se hace una descripción de las alteraciones, daños funcionales y los tratamientos que estos pueden llegar a presentar.

ESTRUCTURA	FUNCION	ALTERACION DE LA ESTRUCTURA	DAÑO FUNCIONAL	TRATAMIENTO
Hueso	Protección	Fracturas	Inestabilidad	Cirugía
Duramadre	Protege el sistema nervioso central es la membrana más fuerte que envuelve la	Fracturas espinales	Inestabilidad	Cirugía

	medula espinal			
Aracnoides espinal	Contiene las delicadas hebras del tejido conectivo	crecimiento o expansivo dentro del canal raquídeo	Compresión medular	Cirugía
Espacio subaracnoideo	se encarga de la distribución del líquido cefalorraquídeo (LCR)	Inflamación de la capa del tejido	Aumento del tejido conectivo y inestabilidad	Cirugía
Piamadre espinal	Es una membrana vascular que se adhiere firmemente a la superficie de la medula espinal	Fracturas espinales	Perdida del caminar	Cirugías
Ligamentos	Fijaciones la medula espinal	Fracturas espinales	Inestabilidad	Cirugías

E
stru
ctur

a de la vértebra L1

Para la tabla número 2 se hace una relación de la estructura de la vértebra L1 su funcionalidad, alteraciones de la estructura, daño funcional y que tratamientos puede recibir esa parte en específico.

ESTRUCTURA	FUNCION	ALTERACION DE LA ESTRUCTURA	DAÑO FUNCIONAL	TRATAMIENTO
Discos intervertebrales	Son que separan las vértebras de la columna vertebral. Cada uno forma un amortiguamiento cartilaginoso que organiza y permite ligeros movimientos de las vértebras y actúa como un ligamento que las mantiene juntas.	Fracturas	Inestabilidad	Cirugía
Duramadre	Protege el sistema nervioso central es la membrana más fuerte que envuelve la medula espinal	Fracturas espinales	Inestabilidad	Cirugía
Aracnoides espinal	Contiene las delicadas hebras del tejido conectivo	crecimiento expansivo dentro del	Compresión medular	Cirugía

		canal raquídeo		
Agujero vertebral	se encarga de la distribución del líquido cefalorraquídeo (LCR)	Inflama ción de la capa del tejido	Aumen to del tejido conectivo e inestabilida d	Cirugía
Cola de caballo	La médula espinal termina en el área lumbar y continúa a través del canal vertebral como nervios espinales	Presión extrema	Perdid a del caminar	Cirugías
Apófisis articular inferior y superior	Dos pares de apófisis, superiores e inferiores. Las superiores de la vértebra inferior se articulan con las inferiores de la vértebra superior y tienen una configuración diferente según la región vertebral.	Compre nsión Extensió n y una aplastamient o	Pacient e pierde movilidad	Cirugía y rehabilitación
Apófisis transversa	Apófisis que parte del arco de las vértebras en sentido transversal. En la región torácica forma con las costillas la articulación costo transversa.	Lesión traumática	Inestab ilidad mecánica déficit neurológico	Tramient o y rehabilitación

