



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Personería Jurídica 3645 del 6 de Agosto de 1965

MONOGRAFÍA

EFFECTO DEL EJERCICIO EN FUERZA SUBMÁXIMA SOBRE LA RECUPERACIÓN
DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TIPO C.

ELABORADO POR:

DANIEL EFRÉN GARCÍA GONZÁLEZ

CÓDIGO: 2082016

ASESOR:

MÓNICA SEPULVEDA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

FACULTAD DE CULTURA FÍSICA, DEPORTE Y RECREACIÓN

BOGOTÁ, NOVIEMBRE 2012

EFFECTO DEL EJERCICIO EN FUERZA SUBMÁXIMA SOBRE LA RECUPERACIÓN DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TIPO C.

1. Resumen:

La lesión medular tipo C, es una condición en la cual hay preservación de la sensibilidad y la fuerza por debajo del nivel de lesión, los músculos, se encuentran débiles y se consideran no funcionales pero susceptibles a recuperación, por lo tanto amerita una intervención multidisciplinaria, en cuyo tratamiento debe existir una estrecha colaboración de muchos profesionales de la salud incluyendo al profesional en Cultura Física. Uno de los factores que puede ocurrir en la recuperación de los pacientes con lesión medular Tipo C es el ejercicio en fuerza submáxima el cual mejora la conexión interneuronal, rehabilitando a su vez la función muscular y posteriormente mejorando la funcionalidad muscular. Por ende, ésta monografía pretende realizar una revisión documental de estudios cualitativo y cuantitativos, que demuestren la importancia de programas de intervención en fuerza submáxima y como estos a su vez ayudan a mejorar la respuesta neuromuscular proporcionando hipertrofia muscular tanto en los músculos no afectados y los afectados por la enfermedad, además se pretende proponer un programa de entrenamiento específico de fuerza submáxima con otro tipo de elementos accesibles a la población colombiana que logre la rehabilitación de estos pacientes en nuestro país.

Palabras Clave: Fuerza submáxima, Ejercicio físico, Lesión Medular Tipo C, Transmisión neuromuscular.

Summary:

Spinal cord injury type C is a condition in which there is preservation of the strength and sensitivity below the level of injury, muscles are not considered weak and susceptible to functional recovery but therefore merits a multidisciplinary intervention, in which treatment should be close collaboration of many health professionals including professional in Physical Culture. One factor that may be incurred in the recovery of patients with spinal cord injury Type C is the submaximal force exercises which improve interneuronal

connection, turn rehabilitating muscle function and subsequent improved muscle function. Thus, this paper seeks to make a review of qualitative and quantitative studies, that demonstrate the importance of intervention programs and submaximal force as these in turn help improve neuromuscular response providing both: muscle hypertrophy in unaffected muscles and those affected by the disease, and is intended to propose a training program specific submaximal force with other elements of the Colombian population accequibles that bring about the rehabilitation of these patients in our country.

Keywords: Submaximal force, Physical exercise, Spinal Cord Injury Type C. neuromuscular transmission.

1. INTRODUCCIÓN

La siguiente monografía, pretende dar a conocer mediante evidencias bibliográficas, los beneficios del ejercicio físico en fuerza submáxima sobre el tratamiento no farmacológico de la Lesión Medular Tipo C; de tal forma que se pueda demostrar el efecto que tiene dicho ejercicio durante el proceso de rehabilitación y posteriormente gracias a él su reintegro a las actividades cotidianas.

Para ello, se debe tener en cuenta que la lesión medular con el pasar del tiempo se ha convertido en uno de los mayores problemas de salud pública debido a los costos que implica para las entidades del estado su rehabilitación, puesto que afecta en mayor medida a sujetos sanos y jóvenes, con secuelas permanentes y discapacitante que les obliga a cambiar radicalmente su estilo de vida productiva. Como ejemplo de lo anterior tenemos las cifras de Estados Unidos, en las que cada año se presentan alrededor de 11,000 lesiones medulares agudas, y más de 250,000 individuos viviendo con secuelas de estas lesiones. El promedio de edad en que ocurren estas lesiones es de 38 años, aunque las lesiones más severas se presentan en adolescentes y en adultos jóvenes, por accidentes automovilísticos en autos de gran potencia, posiblemente por efecto de una mala combinación de impericia, imprudencia, alcohol, y/o drogas, afectando a los individuos en su mejor etapa productiva (Franco Chacón, y otros, 2009).

En ése mismo sentido, Colombia, puede estar cercano a los mayores estimativos mundiales debido a las condiciones actuales de violencia, a la falta de ética de los contratistas de obra que no asumen la protección adecuada y también por accidentes de tránsito debido a problemas de drogadicción y alcohol (Lesiones Medulares y Discapacidad: Revisión Bibliográfica, 2010). Es por eso que el aumento de la expectativa de vida de esta población gracias a los avances tecnológicos y científicos en prevención, atención y manejo de complicaciones lleva a la necesidad de proveer servicios de rehabilitación integral que trasciendan los aspectos funcionales y permitan la inclusión social.

La Lesión Medular es un proceso patológico que implica alteraciones en la función motora y sensitiva, la cual conlleva a diversas consecuencias psicosociales para el paciente y su familia, siendo así un agente generador de importantes y diferentes procesos de discapacidad (Desvivo, 2006).

Hechas las observaciones anteriores, la Lesión Medular Tipo C trae consigo una pérdida de movimientos; pero algunos autores anotan que durante el periodo y proceso de rehabilitación los músculos de los miembros que no se ven involucrados en la lesión tienen un desarrollo extraordinario, como es el caso de los miembros superiores para poderse movilizar. En algunos casos los miembros afectados logran rehabilitarse en un 75% (Maestro, 2011). Por consiguiente se ha observado que el entrenamiento con pesas mejora la fuerza de miembros superiores e inferiores en personas con Lesión Medular (Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002, citados por (Jiménez, Martín, & Abadía, 2007), recomendándose realizar un entrenamiento de fuerza resistencia con cargas progresivas para obtener este propósito en este tipo de población.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	4
<u>LISTA DE ILUSTRACIONES</u>	8
<u>CAPÍTULO I.</u>	10
<u>1. LESIÓN MEDULAR</u>	10
<u>1.1 Historia de la Lesión Medular:</u>	10
<u>1.2 Definición de la Lesión Medular:</u>	15
<u>1.3 Clasificación y Tipología de la Lesión Medular:</u>	16
<u>1.4 Mecanismos y Traumatismos de la lesión Medular:</u>	18
<u>1.5 Causas de la Lesión Medular:</u>	21
<u>CAPÍTULO II.</u>	22
<u>2. EPIDEMIOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR</u>	22
<u>2.1 Epidemiología a nivel Mundial:</u>	22
<u>2.2 Epidemiología en Colombia:</u>	27
<u>CAPÍTULO III.</u>	30
<u>3. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES DE LA FUERZA</u>	30
<u>3.1 Historia del origen de la fuerza:</u>	30
<u>3.2 Definición de Fuerza:</u>	33
<u>3.3 Fuerza en el Deporte:</u>	34
<u>3.4 Clasificación de la Fuerza:</u>	36
• <u>Fuerza isométrica:</u>	36
• <u>Fuerza máxima excéntrica:</u>	36
• <u>Fuerza máxima concéntrica:</u>	36
• <u>Fuerza dinámica máxima:</u>	37
• <u>Fuerza explosiva:</u>	37
• <u>Fuerza resistencia:</u>	37
• <u>Fuerza absoluta y fuerza relativa:</u>	38
<u>3.5 Factores a tener en cuenta en la metodología del entrenamiento de la fuerza</u>	38
<u>3.5 Métodos de entrenamiento:</u>	39
<u>3.5.1 Métodos de fuerza estática:</u>	39

<u>3.6 Métodos de fuerza máxima dinámica, explosiva y resistencia de fuerza:</u>	39
<u>3.6.1 Métodos de entrenamiento de fuerza dinámica:</u>	40
<u>CAPÍTULO IV</u>	42
<u>4. BENEFICIOS FISIOLÓGICOS DEL TRABAJO EN ENTRENAMIENTO DE FUERZA</u>	42
<u>4.1 Beneficios generales del entrenamiento de la fuerza:</u>	42
<u>4.2 Beneficios del entrenamiento de la fuerza en el deporte:</u>	42
<u>4.3 Beneficios del entrenamiento de la fuerza en la rehabilitación de la lesión medular incompleta:</u>	44
<u>4.4 Importancia de los protocolos en fuerza en la rehabilitación de pacientes con lesión medular tipo C:</u>	45
<u>4.5 Protocolos de rehabilitación utilizados en el tratamiento de la lesión medular incompleta:</u>	47
<u>4.5.1 Entrenamiento de la marcha con sistema LOKOMAT:</u>	47
<u>4.5.2 Entrenamiento de la fuerza del miembro inferior en usuarios de silla de ruedas:</u>	48
<u>4.5.3 Influencia de un programa de rehabilitación física en el incremento de la fuerza muscular en pacientes con lesión medular:</u>	49
<u>CAPÍTULO V</u>	52
<u>5. APOORTE DESDE LA CULTURA FÍSICA EN EL PROCESO DE REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA</u>	52
<u>5.1 Propuesta de un programa de entrenamiento de la fuerza submáxima para el proceso de rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta:</u>	56
<u>6. CONCLUSIONES</u>	60
<u>7. BIBLIOGRAFÍA</u>	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipología de la lesión medular.....	17
Tabla 2 Clasificación ASIA de la lesión medular	18
Tabla 3 Trastornos de la lesión medular	19
Tabla 4 Metodología del entrenamiento de la fuerza	38
Tabla 5 Métodos de entrenamiento	39
Tabla 6 Métodos para fuerza máxima dinámica, explosiva y resistencia de fuerza	39
Tabla 7 Métodos de entrenamiento para contracciones concéntricas	40
Tabla 8 Métodos de entrenamiento para contracciones excéntricas	41
Tabla 9 Métodos de entrenamiento para contracción pliométrica.....	41
Tabla 10 Resultados de los protocolos en pacientes con lesión medular completa	51
Tabla 11 Resultado de los protocolos en pacientes con lesión medular incompleta	51
Tabla 12 Semanas 1-2 de entrenamiento	57
Tabla 13 Semanas 3-4 de entrenamiento	57
Tabla 14 Semanas 5-8 de entrenamiento	57
Tabla 15 Semanas 9-12 de entrenamiento	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Servicios de rehabilitación recibidos en la ciudad de Manizales	29
Ilustración 2 Esquema del programa de entrenamiento del estudio anterior	49
Ilustración 3 Cuadro de ejercicios de Pilates.....	58

CAPÍTULO I.

1. LESIÓN MEDULAR

1.1 Historia de la Lesión Medular:

Al hablar de la lesión medular, tenemos que remitirnos al año 4000 A.C donde el sabio Imhotep visir del faraón Zoser, llamado en ese tiempo Dios curador de males fue quien por primera vez escribió un papiro relacionado con esta lesión, que luego en el año 3000 A.C fue traducido por Ewimn-Smith, describiendo por primera vez dicha condición (Ruz, 2003).

Más tarde, los griegos lo identificaron con Esculapio llegando a confundir ambos dioses en uno sólo: Imhotep-Esculapio. Dicho papiro fue traducido al inglés por el egiptólogo JH Breasted (1865-1935) en el que se describen los síntomas más importante de la lesión medular cervical (Cordero, 2005) como ejemplo de dicho trabajo se citan los siguientes párrafos: el artículo 31: *“quienes tienen una dislocación de la vertebra el cuello con los brazos y piernas dormidos, el falo erecto, escapándosele la orina sin que se dé cuenta, los ojos rojos, se dirá de él que tiene una luxación de las vértebras del cuello”*. En otro caso comenta *“quienes tiene una destrucción del cuello, son inconscientes de sus brazos y piernas y no pueden hablar; no deben tratarse”*. Y en el artículo 32 dice que: *“la vertebra desplazada penetra en la vértebra subyacente como el pie en la tierra empapada”*, lo que invita a pensar que ya se hacían autopsias.

No se encuentran referencia de la lesión medular hasta que Homero en su Canto X de la Odisea, menciona el caso de un joven soldado, Elpenor, que no era muy valiente y que una noche se embriagó y cuando se iba a levantar precipitadamente en la madrugada se cayó de un tejado, *“se le quebraron las vértebras del cuello, y su alma bajó al Hades”*. (Donovan., 2007).

Luego Hipócrates, unos 400 años A.C en su libro “sobre articulaciones”, describe perfectamente las paraplejas producidas por una luxación o fractura y añade sus consecuencias, tales como: estreñimiento, disuria, edema de miembros inferiores y úlceras en posición decúbito. Se sugirió que para reducir la fractura introducía una mesa de

tracción en los hombros y la pelvis con el paciente en prono donde en el lugar de la lesión se sentaba un ayudante o se hacía presión con una barra.

Como una de las recomendaciones para dicho tratamiento se destacaba la ingesta abundante de fluidos en especial leche sola de burra o combinada con miel o vino; no obstante deja claro que estas parálisis son incurables (Hipócrates, 1947).

Galeno de Pérgamo, en el primer siglo después de Cristo (129 D.C) contribuye en gran manera a la fisiología medular con estudios anatómicos realizados en cerdos y micos. Distinguiendo los nervios sensitivos de los motores e indujo las primeras lesiones medulares experimentales en marranos, identificando muchos aspectos anatómicos de la columna vertebral y relacionando los hallazgos neurológicos con los niveles de la lesión (Galeno, 1821). Estos hallazgos fueron de gran importancia puesto que el conocimiento sobre la función medular no avanzó hasta el siglo XIX.

Pablo de Aegia (625-690) modificó el método de reducción de la columna utilizado por Hipócrates y realizando la fijación externa con un pedazo de madera que se amarraba por arriba y por debajo de la fractura. Asimismo preconizó la laminectomía descompresiva, al aconsejar que los fragmentos óseos que se palparan a través de la piel fueran retirados mediante una incisión.

Avicena (980-1037), siguió el mismo camino de Aegia para la reducción de la columna toracolumbar, pero reducía la columna cervical mediante extensión decúbito supino seguido de fijación del cuello con férulas (Avicenna, 1544).

Ambrosio Paré (Siglo XVI), en sus 10 libros de cirugía, defendió las técnicas empleadas por Hipócrates reduciendo la luxación mediante extensión y tracción en prono. Reconoció el peligro de la intervención quirúrgica y afirmó que *“Puede hacerse una incisión para extraer los fragmentos de la vértebra rota que comprimen la médula y los nervios”* (Paré, 1564).

Sin embargo, en lo referente al tratamiento los intentos fueron demasiados y variados pero los avances aun no daban los resultados esperados.

En el siglo XVII surge la idea del tratamiento quirúrgico por Ashley Cooper (1824) y sus seguidores (Cooper, 1824), Pero Sir Charles Bell se opuso a dicho tratamiento y agregó que: *“dejar desnudos los huesos mediante incisiones y romperlos para exponer la médula espinal excede lo imaginable,”* llegando a afirmar que: *“En ningún caso está uno*

autorizado a cortar el hueso y trepanarlo y exponer la médula espinal o su vaina” y también “por mera ausencia de ideas y por falta de algo mejor se han inventado las operaciones”(Bell, 1824).

Como se puede ver, poco se había progresado en los casi 5000 años de los que se tiene referencia en el caso de la lesión medular. Pero en el siglo XIX se realizaron abundantes autopsias y se perfeccionó el conocimiento anatomopatológico y se avanzó en el campo de la neurofisiología, es decir en el conocimiento de toda la función medular.

El pronóstico de estos pacientes cambió radicalmente cuando el 1 de febrero de 1944 se inauguró el Centro Nacional de Lesionados Medulares del Hospital de Stoke-Mandeville en Aylesbury (Reino Unido), con 27 camas, dirigido por el Dr. Ludwig-Guttmann, de origen alemán. (Guttmann, 1976). El Dr. Guttmann consiguió en menos de dos años revolucionar la asistencia al lesionado medular basado en unos principios lógicos y de sentido común que eran cumplidos con gran minuciosidad y con una tenacidad ajena al cansancio. Desde el comienzo, el tratamiento debía ser integral pensado no sólo en salvarles la vida sino darles sentido a ésta y reintegrarles a la vida familiar, social y profesional.

Algunas bases de este tratamiento las podemos esquematizar en los siguientes apartados:

1. El paciente debía estar ocupado todo el día entre el gimnasio, los talleres de terapia ocupacional y la práctica del deporte a fin de que no tuviera tiempo de pensar en su enfermedad sino sólo en mejorar. Se cuenta que un paciente exclamó en una ocasión: *“No hay tiempo para estar enfermo en este maldito hospital”*.
2. Otro de los hitos importantes alcanzado por el Dr. Guttmann fue la introducción del deporte como parte esencial del programa de rehabilitación y la fundación en 1948 de las “Competiciones de Stoke-Mandeville para paraplégicos”. Estas competiciones se fueron desarrollando y ampliando a otras discapacidades hasta adquirir la importancia actual. Tan orgulloso estaba de los logros conseguidos con el deporte que con un brindis dijo su esposa Elsa: *“No hemos sido los primeros en poner a un hombre en la luna, pero sí en poner a los paraplégicos a competir en el baloncesto”*.
3. La reintegración laboral y socio-familiar era el objetivo por el que había que luchar desde el primer día, con la ayuda de la trabajadora social.

Después del gran éxito obtenido por Sir Ludwig Guttmann en el Hospital de Stoke-Mandeville, sus ideas se fueron difundiendo por toda Europa.

Por otra parte, en la década de los 60 y 70, el uso de glucocorticoides (dexametasona y metilprednisolona), fue altamente implementado en pacientes con lesión medular; su uso se fundamentaba principalmente en la reducción del edema postraumático, esto basado en la disminución que se presentaba en los pacientes con tumores cerebrales (Acevedo González, Varón, Berbeo Calderón, Feo Lee, & Díaz Orduz, 2008). Posteriormente, los esteroides fueron utilizados en procedimientos neuroquirúrgicos para disminuir el edema postoperatorio.

Ya a mediados de los 70s, se organizó un estudio clínico multicéntrico, de selección aleatorizada, para determinar si la dosis de esteroides representaba un beneficio clínico en pacientes con lesión medular. Éste estudio fue conocido como NASCIS I (National Acute Spinal Cord Injury Study I), (Dumont, y otros, 2001), en el cual se compararon dosis bajas de metilprednisolona (un bolo diario de 100 mg IV por 10 días) y dosis altas (un bolo diario de 1000g IV por 10 días). Éste estudio inició en 1979 y no incluyó placebo porque para la época se consideraba que había beneficio y no suministrar medicamentos era éticamente incorrecto. Los resultados no demostraron ningún beneficio a 6 meses o 1 año con dosis altas o bajas de esteroides, además, el uso de dosis altas durante 10 días incrementaba el riesgo de adquirir infecciones; la conclusión de éstos resultados fue que los neurocirujanos pensaran que el uso de glucocorticoides no traería ningún beneficio y por el contrario incrementaría el riesgo de adquirir infecciones.

Como el conocimiento no se detiene, a finales de los 70 y principios de los 80, se llegó a la conclusión que con 15 mg/Kg el efecto era parcial, con 30 mg/Kg el efecto era óptimo y con 60 mg/Kg el efecto disminuía (Springer, 2004).

Muchos estudios como éstos se repitieron constantemente en ratas, llegando a concluir que las altas dosis de metilprednisolona inhiben la lipoperoxidación postraumática, disminuyen la acumulación de lactato, previenen la hipoperfusión, disminuyen la permeabilidad vascular y marcadores inflamatorios, y producen beneficios clínicos (Springer, 2004) .

Mientras muchos investigadores demostraban los beneficios de las altas dosis de metilprednisolona en modelos animales, también otros trabajaban silenciosamente y a pasos

agigantados sobre los beneficios que presentaba la naloxana, antagonista de los receptores opiáceos, sobre modelos animales con lesión medular (Springer, 2004). La revisión y contrarevisión de éstos estudios produjo el lanzamiento de un nuevo estudio NASCIS II (National Acute Spinal Cord Injury Study II) (Meza, Pérez, Juliao, Jiménez, & Acosta Urrego, 2002), en éste estudio se compararon el uso de altas dosis de metilprednisolona y naxalona con el uso de un placebo; los resultados demostraron que las dosis altas de metilprednisolona por 24 horas (una dosis de 30 mg/Kg en 15 min, seguido por una infusión de 5,4 mg/Kg/h 45 min después) producían mejoría clínica en las primeras 8 horas de la lesión en pacientes con lesiones completas e incompletas. A partir de esto se determinó que la fase inicial del tratamiento debe empezar con metilprednisolona durante las primeras 8 horas después de la lesión.

Otani y cols, en 1994 y Petitjean y cols, en 1998 realizaron estudios que reproducen los resultados del NASCIS II (Dumont, y otros, 2001). En el tercer estudio NASCIS III (Bracken MB, 1998), se desarrolló un nuevo tratamiento ya no de 24 horas sino de 48 con metilprednisolona, iniciado con una dosis de 30 mg/Kg, por vía intravenosa, seguido de una infusión continua de 5,4 mg/Kg/h por 48 horas, el cual podría llevar a una mejor recuperación neurológica que la dosis anteriormente empleada (dosis inicial de 30 mg/Kg en los primeros 15 minutos y 45 minutos después, una infusión continua de 5,4 mg/Kg/h por 24 horas). Como dato adicional, en éste estudio se probó el efecto y la eficacia del mesilato de tirilazad, un potente fármaco no glucocorticoide que tiene la capacidad de inhibir la lipoperoxidación. Finalmente, también se evaluaría la administración de la metilprednisolona en pacientes con lesión completa y lesión incompleta.

Actualmente las alternativas de tratamiento en investigación son los lazaroides, antagonistas de receptores de opioides gangliósidos, hormona liberadora de tirotropina y análogos, antioxidantes, bloqueadores de canales de calcio, magnesio, bloqueadores de canales de sodio, antagonistas de receptores NMDA, y modulación de los metabolitos del ácido araquidónico, entre otros (Lu J, 2000). Esto abre muchas puertas y crea una esperanza para los pacientes que sufren este tipo de lesiones ya que, en contra de lo que Hipócrates dijo algún día, “sí se puede” hacer algo por estos pacientes.

1.2 Definición de la Lesión Medular:

Etimológicamente se entiende la lesión medular como una lesión discapacitante, debido a la pérdida de la función motora, sensitiva y vegetativa que se presenta en todas las estructuras nerviosas de la médula espinal.

Desde el punto de vista lingüístico se aceptan tanto tetraplejia, paraplejia como tetraplejía, paraplejía, dependiendo del uso de la pronunciación latina con diptongo entre las dos vocales finales (plejia) o la pronunciación griega con hiato entre las mismas (plejía) (Kirshblum S, 2002).

En la actualidad se entiende por lesión medular, cualquier alteración sobre la médula espinal que puede producir alteraciones en el movimiento, la función autónoma, y sensibilidad por debajo del nivel de la lesión (Barnéz Dominguez, Bender del Busto, Araújo Suárez, Zamora Pérez, Hernández González, & Rodríguez, 2003).

Con ésta se produce en el organismo una serie de complicaciones tales como pérdida de la movilidad por debajo del nivel de la lesión, pérdida de la sensibilidad, trastornos de la función vesical, trastornos del tracto gastrointestinal y trastornos de la función sexual (Chicharro & Mojares, 2008). Además, es una enfermedad multidisciplinaria, en cuyo tratamiento debe existir una estrecha relación entre médicos de urgencia, rehabilitadores, ortopédicos e intensivistas. Por otra parte se puede definir la lesión medular tal como lo hizo Brucker (1983): *“una conmoción, laceración, compresión o sección de la médula que produce una pérdida de la función neurológica por debajo de la lesión. El daño puede implicar la ausencia del control voluntario de los músculos esqueléticos, la pérdida de sensación y la pérdida de función autonómica. El alcance de tale pérdidas depende del nivel de la lesión y del daño neural residual”*(Mazaira-Álvarez J, 1997).

La *América Spinal Injury Association (ASIA)* define paraplejia como “término que hace referencia al déficit o pérdida de la función motora y/o sensitiva de los segmentos torácicos, lumbares o sacro de la médula espinal (pero no cervicales), secundarios al daño de los elementos neurales al canal raquídeo. En ésta la función de los brazos ésta preservada, pero dependiendo del nivel de la lesión, el tronco, piernas y órgano pélvicos

estarán implicados. El término también también se refiere a las lesiones de cola de caballo y cono medular, pero no a las lesiones del plexo lumbosacro o de nervios periféricos fuera del canal neural. Así mismo, se refiere al término tetraplejia como “pérdida de función motora y/o sensitiva en los segmentos cervicales de la médula espinal, que ocasiona un déficit funcional de los brazos, tronco, piernas y órgano pélvicos. No incluye lesión de plexo braquial ni de los nervios periféricos fuera el canal medular” (Association, 1992).

En la lesión medular, cualquiera que sea su causa, supone la separación de una parte de la médula del sistema nervioso central; lo que implica que la porción medular distal queda aislada de los centros superiores y llega a funcionar independientemente. El cuadro clínico va a depender del nivel de la lesión (altura de la lesión), la amplitud de la lesión en el plano transversal, la extensión de la lesión en sentido longitudinal y la velocidad a la que ésta se produce. La altura de la lesión, indicará el número de metámeras comprometidas, a mayor número más grave será el cuadro clínico. La intensidad de la lesión en el plano transversal, refleja si la lesión es completa o incompleta; una lesión completa se entiende como ausencia de paso de estímulos ascendentes y descendentes, una lesión incompleta se entiende como estímulos intermitentes en grado variable. La extensión en sentido longitudinal, hace referencia a los segmentos medulares que alcanzan a estar destruidos o necróticos que no presentan actividad refleja al estar lesionada la neurona motora. La velocidad de la lesión sencillamente puede modificar la fase de shock (Berhman & Hakerma, 2007).

En definitiva, la lesión medular consiste en la separación parcial o total de una porción de la médula del resto del Sistema Nervioso Central (SNC); la porción que queda aislada de la médula puede responder de forma independiente a los estímulos que le llegan y funcionar de forma independiente.

1.3 Clasificación y Tipología de la Lesión Medular:

Tradicionalmente la tipología de la lesión medular suele caracterizarse desde dos perspectivas principales, el nivel vertebral de la lesión y su extensión, completa o incompleta. De ésta manera entendemos como lesión medular completa o paraplejia si la lesión es a nivel dorsal, lumbar o sacro y afecta las extremidades inferiores, y la tetraplejia

implica lesiones a nivel cervical afectando las cuatro extremidades. De acuerdo con (Vivancos-Matellano, 2007) en la lesión medular completa se produce una abolición de la sensibilidad en todas sus modalidades por debajo de la lesión, al quedar interrumpidas todas las vías ascendentes o sensitivas que conducen los impulsos aferentes desde la periferia hasta el tálamo y la corteza. A la médula aislada le pueden llegar diversos estímulos por las raíces posteriores, que pueden provocar respuestas variadas, no conscientes al no llegar al cerebro. No obstante, existen ciertos mecanismos de compensación de la sensibilidad propioceptiva por medio de determinados músculos cuya inervación metamérica es alta y queda por arriba de la lesión, pero cuyas inserciones se extienden por debajo del nivel metamérico de ésta.

Cuando una lesión medular es incompleta se habla de paraparesia, que es una lesión medular a nivel vertebral bajo y afecta las extremidades inferiores y tetraparesia, lesión medular a nivel vertebral alto que afecta las cuatro extremidades. (Springer, 2004).

En el siguiente cuadro se resume las principales tipologías de la lesión medular, en función del nivel, extensión, etiología y sintomatología asociada a la lesión.

Tabla 1 Tipología de la lesión medular

TIPOLOGÍAS DE LA LM	
Criterio de clasificación	Tipologías de la LM
Por la etiología:	• <i>Médicas</i>: Por causas congénitas o enfermedades médicas. • <i>Traumáticas</i>: Por fracturas, luxaciones o contusiones vertebrales.
Por la extensión:	• <i>Completa</i>: Tetraplejía o paraplejía, si la lesión transversal en la médula es total. • <i>Incompleta</i>: Tetraparesia o paraparesia si la lesión transversal en la médula es parcial.
Por la naturaleza del tejido afectado:	• <i>Médula</i>: Suelen ser lesiones irreversibles. • <i>Raíces nerviosas</i>: Aunque lentas, suelen regenerarse. • <i>Vasos sanguíneos</i>: Pueden dar lugar a daños medulares en zonas irrigadas.
Por los síntomas:	• <i>Espásticas</i>: Musculatura dura, movimientos reflejos desordenados y dificultades de movilidad pasiva. • <i>Flácidas</i>: Musculatura blanda, sin dificultades de movilización pasiva ni movimientos reflejos.

Tomado de Aguado y Alcedo (1995a, pág. 164).

En el orden de las ideas anteriores, de la exploración sensitiva y motora, obtenemos el concepto de Nivel Neurológico que es el segmento medular más distal con funciones sensitiva y motoras normales y la zona de preservación parcial (sensitiva o motora). Se llama lesión medular completa (grado A de ASIA) cuando no existe función motora ni

sensitiva por debajo del nivel de lesión. Si hay alguna preservación sensitiva o motora la lesión es incompleta y se gradúa de la B a la E según la escala de ASIA.

Tabla 2 Clasificación ASIA de la lesión medular

A COMPLETA: No hay función motora o sensitiva preservada en los segmentos sacros S4-S5.

B INCOMPLETA: Hay preservación de la función sensitiva, pero no motora, por debajo del nivel neurológico hasta los segmentos sacros S4-S5.

C INCOMPLETA: Hay función motora preservada por debajo del nivel neurológico hasta S4-S5, pero la mayoría de los músculos clave infralesionales tienen una valoración inferior a 3.

D INCOMPLETA: La función motora está preservada por debajo del nivel neurológico, y la mayoría de los músculos clave infralesionales tienen una valoración superior o igual a 3.

E NORMAL: Las funciones sensitiva y motora son normales.

1.4 Mecanismos y Traumatismos de la lesión Medular:

La experiencia sugiere la aparición de dos mecanismos de lesión, uno primario y otro secundario. El mecanismo primario se genera a través de la deformación local de las estructuras de la columna (fractura y desplazamiento de fragmentos óseos, del material del disco intervertebral, etc.), quienes son los causantes del daño de la médula espinal y en vasos sanguíneos por compresión directa (Chicharro & Mojares, 2008). El mecanismo secundario es el resultado de la sumatoria de varios procesos bioquímicos que se generan tras el proceso primario, como son las reacciones inflamatorias postraumatismo por extravasación de electrolitos y formación de radicales libres, la isquemia, el edema, la muerte celular, etc.

De acuerdo con (Chicharro & Mojares, 2008) el conocimiento de los mecanismos de la lesión medular es crucial para el tratamiento de la misma, pues el control oportuno del proceso fisiopatológico disminuye la gravedad de la lesión. Los trastornos que se producen tras una lesión medular dependerán de las estructuras medulares afectadas, dentro de ellas aparecen trastornos motores, de sensibilidad, trastornos vegetativos (vesicales,

gastrointestinales, sexuales, vasomotores y de la termorregulación (Rueda Ruíz & Aguado Díaz, 2003).

Tabla 3 Trastornos de la lesión medular

Trastornos motores	Parálisis Flácida Parálisis Espástica
Trastornos sensibilidad.	Hipo o anestesia Disestesias Parestesias
Trastornos vegetativos.	Vesicales Gastrointestinales Sexuales Vasomotores Termorregulación

Los trastornos motores dependen de la lesión de las vías descendentes, o de las motoneuronas y dan lugar a una parálisis muscular, ésta a su vez puede ser de dos tipos: Parálisis Flácida: Los músculos muestran desde el principio los signos clásicos de las parálisis de neurona motora periférica (flacidez, arreflexia, atrofia, y los signos eléctricos típicos de denervación), Parálisis Espástica: los músculos inervados que se encuentran por debajo del nivel de la lesión se pueden contraer de forma refleja ante diferentes estímulos, aunque éstas contracciones no sean voluntarias (Martín A. Sáez, 2007).

En el momento en que se produce una lesión medular, también se afecta el sistema nervioso vegetativo por destrucción de los centros y haces que los regulan, los cuales provienen de los centros supraespinales; ésta es la razón por la cual se afectan los órganos que dependen del sistema nervioso vegetativo. Los trastornos en la función vesical en una lesión medular completa durante su fase de shock medular, genera inmediatamente una retención urinaria por atonía del destrusor (Martínez-Padilla, Dufoo-Olvera, García-López, López-Palacios, & Carranco-Toledo, 2008). La vejiga se extiende completamente hasta que gotea la orina por rebosamiento; en ésta fase es recomendado realizar vaciamientos continuos o intermitentes de la misma a través de sonda.

La función gastrointestinal también se ve afectada después de una lesión medular alta, aparece una abolición del peristaltismo gastrointestinal con meteorismo y una parálisis

rectal con retención de heces (de la Torre González, Pérez Meave, Góngora López, & Huerta Olivares, 2001). El meteorismo dificulta la respiración diafragmática lo cual añade un grado más de dificultad a las lesiones cervicales que presentan parálisis de músculos respiratorios. El peristaltismo se reanuda entre el segundo y tercer día, diferente de la función rectal, queda atrofiada y alterada de por vida, por tratarse de un músculo estriado y por ende también la motilidad voluntaria.

Ahora bien, los trastornos en la función sexual para el hombre y para la mujer son absolutamente diferentes, en el hombre, se presenta durante la fase de shock una vasoparálisis que impide la erección, en el momento en que ésta fase es superada en lesiones supranucleares, puede llegar una erección gracias a diferentes estímulos como: frotamiento del glande o área perigenital, inserción de un catéter y repleción vesical; éstos incluso se pueden acompañar de contracciones de los músculos de la pelvis y de las vesículas seminales (Ruz, 2003). Por otro lado, para la mujer, en la fase de shock pueden presentarse alteraciones transitorias del ciclo menstrual que tendrá una pronta normalización, posteriormente la mujer puede tener relaciones sexuales sin ningún inconveniente a menos que existan contracturas graves y espasmos en flexión y aducción de caderas; además pueden quedar embarazadas, pero se deben controlar las infecciones urinarias y la anemia (Ruz, 2003).

Uno de los trastornos más complicados y difíciles de superar es el vasomotor, pues en éste se produce una hipotonía del árbol vascular con ausencia de respuesta vasomotora al ortostatismo, dando lugar a hipotensión e incluso lipotimia, cuando se intenta levantar al paciente (Guimarães, y otros, 2009). Cuando el paciente se incorpora sufre mareos, visión borrosa, zumbidos de oídos, e incluso pérdida de conciencia, por ellos se debe empezar la sedestación y bipedestación de modo progresivo, en especial cuando son lesiones altas. Progresivamente se observarán las mejorías y el tono vascular se va recuperando y es capaz de responder al ortostatismo, aunque de forma imperfecta. La consecuencia práctica de todos éstos hechos es que se debe empezar de forma progresiva, incorporando el paciente en su cama, luego sentándolo, pasando al plano inclinado y por último la bipedestación (Guimarães, y otros, 2009).

Por último, aparecen los trastornos de termorregulación, donde el paciente con lesión medular alta presenta problemas debido a que no es posible la vasoconstricción, la

sudoración ni la contracción muscular por debajo del nivel de la lesión. Con el paso del tiempo, la médula infralesional es capaz de recuperar su función autónoma y cierta función termorreguladora con independencia de centros hipotalámicos (Berkowitz M, 1992).

1.5 Causas de la Lesión Medular:

Ahora bien, la incidencia global de la lesión medular es variable, pues ésta puede estar causada por diferentes tipos de alteraciones (traumatológicas, vasculares, neoplásicas, desmielinizantes, degenerativas), que inciden con mayor o menor frecuencia en diferentes países. Etimológicamente las causas de la lesión medular son Congénitas: Mienomeningoceles, Infecciosas: Mielitis víricas o bacteriana, Inflamatorias: Esclerosis en placas, Vasculares: Trombosis arterial o hemorragia, TumORAles: Metástasis vertebro-medulares, glioblastoma, ependimoma, etc. Traumáticas: Contusión, sección total o parcial, son las más frecuentes (Cordero, 2005). De acuerdo con (Chicharro & Mojares, 2008) la causa más común es el traumatismo, que provoca paraplejia o tetraplejia, parálisis de esfínteres con incontinencia, y alteración o pérdida de la sensibilidad por debajo del nivel de la lesión. De igual manera su mecanismo de producción es complejo, ya sea por movimiento de rotación, hiperflexión, hiperextensión, compresión, fenómeno de estiramiento, etc. Todos estos son movimientos que pueden producir la lesión. Microscópicamente se puede lograr observar una médula edematizada, equimótica, aplanada, comprimida por hernia discal o fragmento óseo. Para estos casos aparece aparentemente intacta, también se encuentran alteraciones en los vasos, así como de las raíces nerviosas, que pueden estar estiradas o seccionadas (GARCÍA, 2007).

CAPÍTULO II.

2. EPIDEMIOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR

2.1 Epidemiología a nivel Mundial:

La comprensión y conocimiento de la prevalencia e incidencia de la Lesión Medular son de gran importancia, tanto por las secuelas permanentes e incapacitantes que les obliga a quienes la adquieren a cambiar radicalmente de vida, y por sus consecuencias socioeconómicas. La prevalencia de la Lesión Medular en la sociedad afecta directamente los recursos económicos, sanitarios y sociales; puesto que un paciente con Lesión Medular genera un gran impacto en el sistema de salud de un país, no sólo en la fase aguda, sino también durante el resto de sus días tras la lesión (Rousselet & Álvarez, 2010). Como ejemplo de ello se pueden mencionar algunas de las complicaciones secundarias que ameritan de hospitalización, entre ellas se encuentran (infecciones urinarias, espasticidad, úlceras por presión, complicaciones urológicas, respiratorias, etc.), la necesidad de ayudas específicas y técnicas, además de los problemas desencadenados por la dificultad de reintegración social y laboral.

En el momento de establecer la epidemiología de la Lesión Medular se debe tener claro que las cifras varían de acuerdo a las características de la población del país o de la región, de la diversidad de las causas, de las metodología empleada en los estudios y de las fuentes de información, además la incidencia de la Lesión Medular traumática, depende en un gran porcentaje de las políticas de prevención adoptadas e implantadas por el gobierno de cada país (Rousselet & Álvarez, 2010).

Gracias a los avances de la ciencia y la extenuante tarea de renovar el conocimiento, hoy en día los pacientes con Lesión Medular que se encuentran entre los 25 y 34 años pueden llegar a tener una supervivencia estimada de 38 años después del momento de la lesión, con excepción de aquellos pacientes que tiene una Lesión Medular alta y dependen de un ventilador (McColl, Walker, Stirling, Wilkins, & Corey, 2007).

En Estados Unidos, se estima que el costo asistencial para un paciente con lesión medular se establece en 10 millones de dólares/año (Wyndaele M, 2006). El gasto asistencial y de adaptación en el primer año de la lesión es de 425.000 dólares/año; y de 741.425 dólares/año en tetraplejia alta (C1-C4), de 478.78 dólares/año en la baja (C5-C8), de 270.913 dólares /año en la paraplejia y de 218.504 dólares/año en las lesiones incompletas (Center, 2006). Ahora bien, un paciente en su fase aguda representa un valor que oscila entre los 170.000 dólares y la media de gastos totales en su primer año pasa alrededor de los 200.000 dólares (Center, 2006). En España el costo estimado de la hospitalización en el Centro Nacional de Paraplégicos es de 783.558 dólares, lo que supone un costo estimado de 767,199.59 dólares para todo el ámbito de ése país (Clive, y otros, 2009), lo cual representado en dólares por costos de hospitalización únicamente durante el primer año de lesión equivale a un promedio de 60.000 dólares – 100.000 dólares, con unos costos aproximados directos/año de 12.000 dólares – 20.000 dólares (McColl, Walker, Stirling, Wilkins, & Corey, 2007).

Para poder obtener una visión mucho más general de la incidencia de la lesión medular, basta con comprender la siguiente tabla:

<i>Incidencia de la Lesión Medular Tipo C (años: 1995-2006)</i>			
<i>Autor</i>	<i>Periodo de estudio</i>	<i>País</i>	<i>Incidencia por millón de habitantes/año</i>
Martins et al.	1989-1992	Portugal (Coimbra)	25,4
Silberstein et al.	1989-1993	Rusia	29,7
Karamehmeto lu et al.	1992	Turquía	21
Karacan et al.	1992	Turquía	12,7

Van Asbeck et al.	1994	Holanda	10,4
Warren et al.	1991-1993	Alaska (EEUU)	83
Surkin et al.	1992-1994	Mississippi (EEUU)	59
Dryden et al.	1997-2000	Alberta (Canadá)	44,3
Burke et al.	1993-1998	Kentucky (EEUU)	27,1
Pickett et al.	1997-2001	Canadá	42,4-51,4
Otom et al.	1988-1993	Jordania	18
Shingu et al.	1990-1992	Japón	40,2
Chen et al.	1992-1996	Taiwán	18,2
O'Connor et al.	1998-1999	Australia	14,5
Karamahmeto lu et al.	1994	Turquía (áreas rurales)	16,9
Albert et al	2000	Francia	19,4

Incidencia de la lesión medular Tipo Caños (1995 – 2006) ASIA: American Spinal Injury Association.

Las causas que la generan son diferentes, dentro de ellas se encuentran las traumáticas constituyen entre el 70% y el 81,5% y su impacto se ha visto incrementado en los últimos años debido a la incidencia creciente de lesión medular como consecuencia de los accidentes de tráfico (García Reneses J, 2005); que es la causa más frecuente de lesión medular, llegando al 52,4% de todas las lesiones medulares. Entre las causas no traumáticas, están las causas tumorales, infecciosas y vasculares (Furlan, Noonan, Cadotte, & Fehlings, 2011).

Las cifras sobre incidencia de la lesión medular difieren según autores y países. En Estados Unidos se estima que existen entre 10.000 y 11.000 casos nuevos por lesión medular al año (Furlan, Noonan, Cadotte, & Fehlings, 2011), entre 30 y 32.1 por millón de

habitantes (Acevedo González, Varón, Berbeo Calderón, Feo Lee, & Díaz Orduz, 2008), y si se cuentan las víctimas que fallecen antes de llegar a un hospital la cifra alcanza valores entre 43 y 55 casos por millón de habitantes (Cordero, 2005). En Europa la incidencia alcanza cifras que oscilan entre 10 y 20 por millón de habitantes. En un estudio epidemiológico realizado en Dinamarca (Acevedo González, Varón, Berbeo Calderón, Feo Lee, & Díaz Orduz, 2008), la incidencia fue de 9.2 casos por millón de habitantes, siendo el 47% debido a accidentes de tráfico. De igual manera a continuación se muestra una tabla con datos epidemiológicos de la Lesión Medular traumática.

Datos epidemiológicos de la Lesión Medular traumática (años:1995-2006)					
	Edad media (años)	Varón/mujer	Etiología más frecuente (%)	Nivel neurológico más frecuente (%)	Grado de la lesión ASIA más frecuente (%)
NSCISC	38	3,7/1	46,9AT 23,7C 13,7V	52,1T 47,9P	47,4Co 52,6I
Martins et al.	50	3/1	57,3AT 37,4C	51,2T 48,8P	55,6Co 44,1I
Silberstein et al.	33,5	3,5/1	44,4C 25,1AT	49T 51P	NE

Karacan et al.	33,5 +_ 15,1	2,5/1	48,8AT 36,5C	32,2T 67,8P	NE
Karamehmeto lu et al.	31,3 +_12,8	5,8/1	91,9 (AT+C+V)	41,3T 58,7P	NE
Van Asbeck et al.	NE	3/1	48,7C 31AT	57T 43P	48,7Co 51,3I
Surkin et al.	NE	4,4/1	58,1AT 15V 12,9C	NE	NE
Burke et al.	31,6	3/1	55AT 23C 14,2V	48,7T 51,3P	58Co 42I
Pickett et a.	42,2 +_20,9	3/1	35AT 31C	75T 25P	35Co 65I
Otom et al.	33	5,8/1	44,4AT 27,8V 21,2C	31,8T 68,2P	53,6Co 46,4I

Datos epidemiológicos de la lesión medular traumática años (1995 – 2006) ASIA: *American Spinal Injury Association*. AT: accidente de tráfico. C: caídas. Co: lesión completa. I: lesión incompleta. NE: no especificado. P: paraplejia. T: tetraplejia. V: violencia.

2.2 Epidemiología en Colombia:

Como se evidencia en las tablas anteriores, estudios epidemiológicos no se han realizado en las zonas de Sur América ni África, desafortunadamente en Colombia no se conocen estudios que demuestren los datos epidemiológicos de la lesión medular. El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses reportó que durante el año 2005 los accidentes de tránsito fueron responsables de alrededor de 1.036 traumas en las región cervical y pélvica, lo que representaba un 2,99% de las personas que tuvieron un accidente de tránsito en el país (Lema & Parra, 2010). Por otra parte, la lesión medular es una condición que se encuentra evidenciada en 1 de cada 40 pacientes que ingresan a un centro asistencial a nivel nacional (Lema & Parra, 2010).

En un estudio realizado en Bogotá, se logró reportar que la edad de las personas que tienen la condición de lesionado medular es de 35,8 años y en una relación de 4,1:1 (hombre: mujer) (Meza, Pérez, Juliao, Jiménez, & Acosta Urrego, 2005). Como resultado de los actos violentos que vive nuestra sociedad diariamente, la lesión medular se ha convertido en uno de los motivos de consulta más frecuentes en los centros de salud nacional sin importar su nivel de complejidad (Acevedo González, Varón, Berbeo Calderón, Feo Lee, & Díaz Ordúz, 2008).

En Medellín, Colombia, durante un estudio realizado con las personas que asistieron al Departamento de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario San Vicente de Paúl, se encontró en 1984 que 183 de ellos tenía una lesión medular y 107 de origen traumático o por arma de fuego (Acevedo González, Varón, Berbeo Calderón, Feo Lee, & Díaz Ordúz, 2008).

Entre los años 1995 y 1999, en la ciudad de Medellín, más precisamente en el Hospital San Vicente de Paúl, se realizó un estudio con 653 personas que permitieron identificar que el 81,7% de los pacientes eran hombres con un promedio de edad de 31

años, el 74,2 % se encontraba entre los 15 y 39 años de edad, el 88,4% adquirió la lesión de manera traumática, ocasionadas por otras personas, el 54,8% fueron por agresión y de éstas el 47,0% fue generada por arma de fuego (Agudelo & G, 2009).

Además de éstos estudios, en la ciudad de Bogotá, en el Hospital Militar Central se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo entre los años 1992 hasta 1997, del persona de las fuerzas militares, donde se obtuvieron los siguientes datos, el 20,6% tenían un trauma completo, con una edad promedio de 23,9 años; por su parte, el porcentaje de los casos con lesión medular correspondió a 74,3%, disgregado de la siguiente manera, el 18% con trauma cervical, el 30,8% dorsal y 21,8% a nivel lumbar. Las principales causas o etiologías fueron 43,6% por arma de fuego, 34,6% por caídas de altura y sumersión, accidentes de tránsito 15,4%, armas corto punzantes 1,3% y electrocución 1,3% (Meza, Pérez, Juliao, & Acosta, 2004).

El impacto se ve con una gran magnitud debido al gran porcentaje de prevalencia que se produce por la mayor supervivencia de los pacientes, cuya mortalidad en el primer año ha disminuido de un 100% del primer cuarto de siglo a un 10 % en la actualidad, gracias al control de las complicaciones iniciales características de un lesionado medular (Julio C. Furlan, 2011). El avance en el conocimiento de la atención y rehabilitación de ésta población, ha permitido acercar su esperanza de vida a la de la población general, lo que las lleva a tener que enfrentarse a la vida en una situación incómoda y de “discapacidad” que requiere procesos de intervención multidimensionales, interdisciplinarios e intersectoriales, que sobrepasen y trasciendan el ámbito funcional del individuo para así alcanzar verdaderos espacios de reintegración social (Lema & Parra 2011)

Ahora bien, los servicios prestados por los centros de salud se encuentran clasificados en atención multi e interdisciplinaria, vista desde los siguientes campos: medicina de rehabilitación, fisioterapia, terapia ocupacional, enfermería, nutrición y dietética, psicología, trabajo social y fortalecimiento muscular (Meza, Pérez, Juliao, & Acosta, 2004). Otros autores destacan en sus programas, la rehabilitación con el deporte como se muestra en la siguiente tabla:

Ilustración 1 Servicios de rehabilitación recibidos en la ciudad de Manizales



Servicios de rehabilitación recibidos en la ciudad de Manizales año 2011 (Lema & Parra, Situación de discapacidad de la población adulta con lesión medular de la ciudad de Manizales, 2011)

CAPÍTULO III.

3. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES DE LA FUERZA

3.1 Historia del origen de la fuerza:

La fuerza, ha acompañado al hombre desde sus orígenes más remotos y primitivos, permitiéndole una adaptación constante a su medio ambiente tosco y agresivo, gracias a patrones y habilidades de movimiento como correr, caminar, saltar, trepar, rodar, etc. (Villada, 2011). Igualmente ha sido tan importante en la historia del hombre que llegó a convertirse en un culto a sí mismo, puesto que la ley del más fuerte era la que coronaba al rey de la tribu (Casanueva, 2010). Aparte a esto, el hombre cultivaba su fuerza para hacerse temer puesto que una razón bastante importante para poder seguir en pie, era la supervivencia, lo cual hacía que se dependiera de la lucha, del poder físico, de la fuerza.

Para ése entonces, las razas más fuertes, vigorosas y resistentes, en su mayoría de las veces y por ley natural siempre superaban en poderío a las otras más débiles. Al realizar un viaje en el tiempo y nos acercamos a nuestros días, en la cultura griega se cuidaban minuciosamente las proporciones del desarrollo corporal y la belleza plástica cuando se contemplaban las famosas estatuas de los dioses Apolo y Venus, ó del semidios Hércules entrenando en las palestras (Casanueva, 2010).

De igual manera, hacia el año 600 A.C, una roca de 480 kg encontrada en la isla griega de santorino, tiene grabado en uno de sus costados lo siguiente: “Eumasta, hijo de Cristóbulo, me levantó del suelo”; con lo que se encuentran manifestaciones de antiguos encuentros y concursos de levantamiento de peso (Casanueva, 2010).

Una manifestación mucho más evidente en la Grecia clásica, durante el siglo V A.C, fue encontrar a señor Milón de Crotona, luchador de Pancrasio, seis veces

campeón Olímpico, quien corría transportando un novillo en sus hombros, el novillo crecía y engordaba cada mes y él seguía cargándolo, por tanto entrenaba con cargas que iban incrementando haciéndose cada vez mucho más fuerte (Casanueva, 2010).

Posteriormente, hacia el siglo III AC, Filóstrato entendía la gimnasia y el juego como medios para conseguir la belleza del cuerpo humano; en ciertos puntos coincidía con Platón quien expresaba que el ejercicio era medio de preparación para la guerra. La historia sigue con Claudius Galeno quien fuera el médico más destacado de la antigüedad después de Hipócrates; Galeno diseccionó cantidad de animales para explicar como los diferentes músculos eran controlados por la médula espinal, a dichas observaciones se les reconoció durante 1400 años como la teoría y la práctica de la medicina; pero, curiosamente, aparte a su teoría, Galeno consideraba la gimnasia como hija protectora de un estado armónico del cuerpo, auxiliar de la salud (Villada, 2011).

Probablemente el interés de la comunidad científica en observar, medir y comprender la expresión de tensión que genera un trabajo conjunto entre el sistema neuronal y muscular con relación al movimiento, nace por los primeros estudios biomecánicos y morfológicos del hombre (Villada, 2011).

Y sobre este punto se pueden conocer las raíces del ideal de la Cultura Física moderna.

Con el transcurrir de los años, los Romanos siguieron cultivando la cultura física de fuerza en sus innumerables gimnasios de gladiadores y los circos de la Roma Imperial, pero tenían otro fin: preparación para la guerra. También los Egipcios grabaron en sus pinturas demostrando interés por el desarrollo de la fuerza en los hombres, y por último la cultura China, donde se practicaban entrenamientos específicos en fuerza (Escobar, 2010).

Ya en la Edad Media, se practicaban luchas con armas, justas y torneos, incluso en algunas publicaciones se encuentran prácticas de ejercicios específicos de fuerza (Escobar, 2010).

Entre los pensadores que se atrevieron a observar y analizar fenómenos como la contracción muscular y la respiración, se destacan William Croone (1633 - 1684), discutió la estructura muscular, y el señor Thomas Willis (1621 – 1675), expuso los primeros datos microscópicos y fisiológicos sobre los movimientos y la contracción muscular (Villada, 2011). Junto a ellos Issac Newton (1642 - 1727), realizó análisis de diferentes cuerpos en diferentes medios, resistentes y no resistentes, además enumeró sus tres leyes que han sido fundamentales para generar estudios biomecánicos y de cineantropometría, al permitir analizar la fuerza muscular.

Durante los siglos XVIII y XIX, la fuerza se manifiesta mediante una serie de conjuntos dentro los cuales se destacan: levantamientos, múltiples ejercicios, hazañas de proezas, demostraciones de fuerza, exhibiciones de desarrollo muscular y belleza plástica (Casanueva, 2010). Además de esto, con la entrada del siglo XIX, autores e investigadores como Matiegka (1921), Behnke (1942), entre otros, trabajaron fuertemente estudiando la constitución y proporciones corporales; con éstos estudios nació un interés por analizar el rendimiento físico y la actividad motora humana (Villada, 2011).

Para finalizar, los primeros trabajos de investigación que se destacan fueron realizados después de la segunda guerra mundial, donde se analizó el efecto de los “ejercicios con cargas progresivas” en la fuerza y en la masa muscular para el acondicionamiento y recuperación del personal militar, así como algunos datos de la intensidad, el volumen y la recuperación aplicada a programas y planes de recuperación muscular (Villada, 2011).

En el año de 1946, la Asociación Médica Americana aceptó su importancia en la rehabilitación física de los soldados que llegaban heridos de combate durante la segunda guerra mundial. Éste avance se logra a través de la electromiografía, la cual es utilizada para observar y tomar información del sistema nervioso funcional para ayudar en el diagnóstico y pronóstico de diferentes trastornos neuromusculares, dentro de ellos se encuentran: Amputación, lesión de la médula

espinal, lesiones deportivas y accidentes cerebrovasculares (Liaison, Stroke, Health, & Services, 2005).

Con todo lo anterior y después de un barrido histórico, se puede entender que el hombre ha progresado en el deporte, en el entrenamiento muscular y por ende en la fuerza, utilizándola como terapia de rehabilitación en diferentes enfermedades, la cual sin duda alguna ha ayudado a la mejora de la calidad de vida, la mejora de la alimentación, los sistemas de entrenamiento científico, la existencia de sofisticadas maquinarias, la evolución de las técnicas y la incorporación de la cibernética y tecnología.

3.2 Definición de Fuerza:

Desde el punto de vista de la física, la fuerza es definida como: acción o influencia que modifica el estado de reposo o aceleración de cualquier objeto; ésta también puede ser considerada como un vector, lo cual significa que tiene dirección, sentido, módulo, siendo el Newton su unidad de medida en el sistema internacional (Serway & Jewet, 2004).

Además, para la física, la fuerza muscular se entiende como la capacidad de la musculatura para producir la aceleración o la deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento. En ciertas situaciones deportivas, la resistencia a la cual se opone la musculatura es el mismo cuerpo del deportista, en otras ocasiones se actúa sobre resistencias externas que hacen parte de las peculiaridades de cada deporte (Serway & Jewet, 2004). A nivel ultraestructural, la fuerza, está en relación con el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina (Goldspink, 1992).

Al igual que en cualquier otra capacidad física, existen unos factores básicos que la determinan, dentro de ellos encontramos dos tipos: De carácter morfológico y de carácter fisiológico dentro de estos está: la constitución de la sección muscular, la coordinación inter e intramuscular y la motivación. Para alcanzar su manifestación se hace dependiente fundamentalmente de unidades motoras

solicitadas, como también de la frecuencia en los impulsos nerviosos sobre tales unidades; todo esto, a su vez, depende de la magnitud de la carga y la velocidad del movimiento (Badillo & Ayestarán, 2002).

Finalmente, la definición más precisa de fuerza puede entenderse como: habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, el tipo de activación (concéntrica, isométrica, excéntrica, pliométrica) y la velocidad del movimiento (Harman, 1993).

3.3 Fuerza en el Deporte:

En el ámbito deportivo, la fuerza útil es aquella que un deportista es capaz de manifestar o utilizar a la velocidad que realice un gesto deportivo (Badillo & Ayestarán, 2002), dicho en otras palabras, la fuerza es la capacidad del músculo para producir tensión al activarse o como se puede entender habitualmente al contraerse. De acuerdo a esto, se puede decir que un deportista no tiene un nivel de fuerza único, sino muchos diferentes en función de la velocidad a la que se mida la fuerza máxima ejercida. La fuerza que un deportista no es capaz de ejercer en un movimiento específico de su especialidad deportiva, evidencia que sencillamente no la tiene; basándonos en ello y de acuerdo con (Harman, 1993) la fuerza se define como la máxima tensión ejercida por el músculo o conjunto de grupos musculares con relación a una velocidad determinada.

En el deporte, no sólo es importante la fuerza ejercida en función de la velocidad del movimiento, sino que por otra parte se debe considerar la fuerza en función del tiempo en la cual ésta se pueda manifestar, especialmente en periodos de tiempo muy corto, como por ejemplo los 100 y 200 metros planos en el atletismo de pista. Frente a éste evento la fuerza también se puede definir como la capacidad de un músculo o conjunto de grupos musculares en ejercer su máxima tensión en un tiempo determinado (Lorenz & Reiman, 2011).

Por su parte, la fuerza posee diferentes medios de activación (concéntrica, isométrica, excéntrica, pliométrica o combinada), las cuales determinan en un mismo deportista una expresión de fuerza de diferente magnitud. La fuerza no siempre se manifiesta en un mismo sujeto de forma pura, pues en casi todos los movimientos es necesario recurrir en mayor o menor medida de diferentes expresiones de la misma; adicional a esto, la gran mayoría de los movimientos deportivos poseen una fase de estiramiento-acortamiento que implica la manifestación de distintas expresiones de la misma. Fuerza máxima isométrica, elástica, explosiva, reactiva, etc, (Lorenz & Reiman, 2011).

En algunos casos las variaciones en los ángulos articulares y posiciones pueden llevar a la pérdida de un gran porcentaje de la fuerza máxima que realmente se puede desarrollar por parte del músculo o los grupos musculares implicados en el movimiento, de acuerdo a esto, la fuerza máxima tiene una gran relación con el grado de trofismo muscular y de la masa muscular implicada en la ejecución del ejercicio, pero ésta relación se va haciendo mucho más débil a medida que se incrementa la velocidad con la cual se realiza el movimiento (Badillo & Ayestarán, 2002).

Algo realmente importante y no desconocido en el mundo del deporte, es que en la mayoría de los deportes no es necesario desarrollar la fuerza máxima del deportista, sino una fuerza óptima que le ayude a ejecutar con mayor facilidad la técnica de un movimiento específico, buscando el beneficio y el mejor rendimiento deportivo. Al tiempo que se incrementa el nivel competitivo, la fuerza máxima disminuye su relación con los resultados; lo realmente importante es mantener los valores de fuerza y conseguir aplicarlos de manera precisa a las diferentes situaciones a las que se enfrenta un deportista (Lorenz & Reiman, 2011).

3.4 Clasificación de la Fuerza:

La posibilidad de desarrollar la fuerza, se encuentra absolutamente ligada a la capacidad de contracción del sistema muscular; para alcanzar ésta contracción se deben poner en contacto moléculas de actina y miosina dentro de las unidades morfofuncionales de las fibras musculares (sarcómeras). Pero, la relación que genera la tensión muscular con la resistencia a vencer, dan como resultado la acción de diferentes formas de contracción que conllevarán a la producción de fuerza (Badillo & Ayestarán, 2002); como resultado de todo éste proceso se obtiene los diferentes tipos de fuerza:

- **Fuerza isométrica:** Ésta se produce cuando el sujeto realiza un aumento en la tensión de los elementos contráctiles sin que se detecte un cambio significativo en la longitud de la musculatura, es decir, la resistencia externa y fuerza interna producida tienen la misma magnitud, por lo tanto el resultado es igual a cero (Villada, 2011). Si ésta manifestación de fuerza se hace lo más rápido posible, se puede analizar la vinculación del sistema neural, dando como resultado a la fuerza explosiva.
- **Fuerza máxima excéntrica:** Se expresa cuando la máxima capacidad de contracción muscular ante una resistencia que se desplaza en sentido opuesto al deseado por el sujeto; en éste caso es necesario aclarar que la fuerza expresada depende de la velocidad a la que se produce el estiramiento o contracción excéntrica, lo que sí es cierto es que éste tipo de contracción permite movilizar altas intensidades con un menor coste energético, aunque se asocia de manera directa al dolor muscular tardío (Puertas., 2003).
- **Fuerza máxima concéntrica:** En éste tipo de fuerza, la contracción y tensión se generan en el mismo sentido de la fuerza que el individuo pretende vencer; en ella, la fuerza muscular interna supera la resistencia a vencer (Villada, 2011).

- **Fuerza dinámica máxima:** Es la máxima expresión de la fuerza cuando la resistencia a vencer sólo se puede desplazar una vez o moverse ligeramente o transcurre su movimiento a una muy baja velocidad, donde se suman la fase concéntrica y la fase excéntrica. El momento en el que se realiza la máxima fuerza es cuando la ejecución del ejercicio se realiza a la mínima velocidad de desplazamiento (Casanueva, 2010).
- **Fuerza explosiva:** Se caracteriza por la capacidad del sistema neuromuscular en superar una resistencia dada a una muy alta velocidad de contracción. El tipo de fibras musculares en la ejecución de éste tipo de fuerza va tener una gran importancia, de tal forma que las fibras blancas o también llamadas fibras rápidas van a tener mayor participación. Dentro de éste tipo de fuerza se establece una atención importante sobre los elementos elásticos de las fibras musculares, lo cual justifica la aparición de otro tipo de fuerzas que implican la participación del ciclo de estiramiento-acortamiento (Thudor, 1990), éstas fuerzas son:

Fuerza explosivo-elástica: Es la fuerza que la musculatura o el músculo acumula cada vez que se realiza un ejercicio de flexibilidad, la energía que se produce se transforma en cinética cuando se produce la fase de contracción concéntrica (Bompa, 1990).

Fuerza explosivo-elástico-reactiva: En ésta se produce una disminución notoria del ciclo estiramiento-acortamiento, lo cual implica una acción de los tejidos y la aparición del reflejo miotático (Bompa, 1990).

- **Fuerza resistencia:** Es la capacidad que tiene un individuo en realizar un trabajo sostenido en el tiempo, el cual implica una alta tolerancia a la fatiga y sin alterar de manera significativa la técnica del gesto. En éste sentido se puede hablar de fuerza resistencia de

corta duración, donde se intenta superar la fatiga ante intensidades superiores del 80% de una repetición máxima (1RM); fuerza resistencia de mediana duración, donde se superan rangos que van desde el 20% y 40% de 1RM, y por último fuerza resistencia de baja duración, implica esfuerzos mantenidos por debajo del 20 % de 1RM (Chicharro & Mojares, 2008).

- **Fuerza absoluta y fuerza relativa:** Por fuerza absoluta se entiende la cantidad de fuerza que un sujeto puede producir independientemente de su peso corporal, mientras que por fuerza relativa es la cantidad de fuerza producida en relación con el peso corporal (Chicharro & Mojares, 2008).

3.5 Factores a tener en cuenta en la metodología del entrenamiento de la fuerza:

Tabla 4 Metodología del entrenamiento de la fuerza

MANIFESTACIÓN	INTENSIDAD	REPETICIONES	VELOCIDAD
Fuerza Neuronal	85-100%	1-4	No importa
Hipertrofia	70-80%	8-12	Lenta
Fuerza Explosiva	60-70%	8-10	Máxima
Resistencia Fuerza	Variable	Más de 30	Rápida.

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza*. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo

3.5 Métodos de entrenamiento:

3.5.1 Métodos de fuerza estática:

Tabla 5 Métodos de entrenamiento

MÉTODO		DESCRIPCIÓN
MÉTODOS ISOMÉTRICOS		5 a 10 series. 3 a 6 rep. De 5 a 7'' 1 a 3' descanso
SIN CARGA	Hasta la fatiga total	Serie: 6R (+ ó -45'') hasta la fatiga; 1 a 3'D.
	Combinados	Sesión: 6s de 1R (hasta fatiga) más 6S de 6rpt. 3-5'D Serie: 4-8S de 1R (hasta fatiga) + 2R de 3-5'D
CON CARGA	Isometría máxima	Tratar de vencer una resistencia supramaxima. 1. Contra carga. 2. Contra barra fija. 3. Combinada.
	Hasta la fatiga total	Aguantar la carga hasta la fatiga total (entre 30 y 45'') Sesión: 4S de 1R+4-6S de 6R (70-80%)X2 Serie: 5 a 10S de 1R+2R(70-80%)X2.
	Estado-dinámico	En una misma repetición se combina Estática+Dinámica. 1. Excéntrico+isométrico. 2. Isométrico+concéntrico: 1 y 2 tiempos. 3. Isométrico+pliométrico.
CONTRASTE	Combinados	1. Contraste en velocidad. 2. Contraste en carga.

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.*

3.6 Métodos de fuerza máxima dinámica, explosiva y resistencia de fuerza:

Tabla 6 Métodos para fuerza máxima dinámica, explosiva y resistencia de fuerza

	FUERZA MÁXIMA		FUERZA EXPLOSIVA	RESISTENCIA DE FUERZA
	NEURONAL	HIPERTROFIA		
TIPO CONTRACCIÓN	Anisométrico isocinético		Pliométrico	Anisométrico
SOBRECARGA	85-100%	78-80%	30-50%	40-60%
RITMO	Velocidad controlada		Máxima	Competición
TIEMPO TRABAJO	1,5 a 3''	4 a 6''	Menos 15''	Tiempo competición

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.*

3.6.1 Métodos de entrenamiento de fuerza dinámica:

3.6.1.1 Contracción concéntrica:

Tabla 7 Métodos de entrenamiento para contracciones concéntricas

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
MÉTODO DE CARGAS MÁXIMAS	3 a 5 – 1 a 3 rep. Con 85-95% de 1RM- 5 a 7'D. Consigue la tensión máxima en el músculo aplicando cargas máximas.
CONTRASTE O BÚLGARO	SERIE: se realizan 3 a 5s de 2 a 6 rep con el 70-90% de 1 Rm+3 a 5s de 6 a 8 rep con el 30-50%. El número de series puede llegar a 20 en total de la sesión. A) Variantes del contraste en la sesión. B) Variantes del contraste con diferentes métodos. C) Variantes del contraste acentuado. D) Variantes del contraste en la serie.
M. DE CARGA PIRÁMIDE	SESION: al principio de la sesión se aplican cargas pesadas (1 a 3 RM) y al final de la sesión se aplican cargas ligeras (4 a 8RM). SERIE: 1RM 95-5'd-2RM 90-5'd- 3RM 85-3'd- 4RM 80-3'd... SERIE: 2RM 95-5'd-2RM 90-5'd- 2RM 85-5'd- 2RM 80... cuando el método se hace poco eficaz se hacen las series dobles. También se puede aplicar en la serie con 1R por carga.
M. CARGA ASCENDENTE	SERIE: 2R 70- 2R 80- 1RM 90. Es de poco interés para el entrenamiento de los factores neuronales ya que se asemeja a los métodos de esfuerzos repetidos.
OTRAS VARIANTE	1. Carga estable. 5RM 80- 4RM 80- 3RM 80- 2RM 80. 2. Escalera: 2x4R 70- 2x3R 80- 2x2RM 90. "Series dobles". 3. Oleaje: 6R 70- 3R 80- 4R 70- 2 RM 85- 3 RM 80- 1 RM90.
MÉTODO VOLUNTARIO O CONCÉNTRICAS PURAS	SERIE: 4 a 8s de 6R al 60% a velocidad máxima, EXPLOSIVAS. En estas series, se elimina la parte excéntrica de la repetición por medio de la ayuda de compañeros o de una máquina y el deportista solamente realiza la parte concéntrica del movimiento, obligándolo a centrarse en ella, a la vez que eliminan las perturbaciones de la fase negativa, sobre todo a nivel nervioso.

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.*

3.6.1.2 Contracción excéntrica:

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
MÉTODO	4 a 8s. – 6 a 8 repeticiones de 5 a 7'D.

Tabla 8 Métodos de entrenamiento para contracciones excéntricas

EXCENTRICO	
SIN CARGA	TRABAJO NEGATIVO: bajar con una pierna subir con dos. NATURALES: cuesta abajo, escaleras, gradas. FRENADO DE LA EC: saltos desde un lugar elevado, entre 40 y 120 cm. Frenando la caída hasta llegar a 0°.
CON CARGA	EC SOBRECARGADO: 4 a 8s; 6R; 80-150%; 3 a 5'D. COMBINADO: 1. Excéntrico+concéntrico. 2. Excéntrico+pliométrico. 3. Frenado excéntrico+concéntrico o pliométrico. CONTRASTE: 1. Sin carga: frenado+natural. 2. Con cargas: sobrecargado+negativo. 120-80 4 a 8s; 6R; 120% EC+80% CC; 3 a 5'D

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.*

3.6.1.3 Contracción pliométrica:

Tabla 9 Métodos de entrenamiento para contracción pliométrica

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	
MÉTODOS PLIOMÉTRICOS	6 a 12s – 6 a 12 rep. 5 – 7'D.	
SIN CARGA	Pliometría simple	8 a 20s de 6 a 10 saltos con 3'D. altura a ras de suelo.
	Pliometría media	6 a 12s de 6 a 10 saltos con 5'D. altura 20 y 40 cm.
	Pliometría intensa	6 a 12 series de 6 a 10 saltos con 7'D. altura superior a 60 cm.
CON CARGA	Variaciones en	1. La colocación. 2. El desplazamiento. 3. La tensión.
	Lógica del contraste	1. Pliométrico-pliométrico. 4 a 8s de 6 a 10rept con 7'D. 2. Pliométrico-concéntrico. 4 a 8s de 6 a 10rept con 7'D.
	Con prefatiga	6 a 10s de 12 a 16 rept con 5'D.

Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.*

CAPÍTULO IV

4. BENEFICIOS FISIOLÓGICOS DEL TRABAJO EN ENTRENAMIENTO DE FUERZA

4.1 Beneficios generales del entrenamiento de la fuerza:

Dentro de los beneficios fisiológicos más destacados por el entrenamiento en fuerza se destacan: Incremento en el tamaño del músculo y el tono, pérdida de peso a causa del incremento de la tasa metabólica en los tejidos musculares, incremento en la densidad mineral ósea gracias a las cargas que se le imponen al hueso, disminuye el colesterol sérico, el porcentaje de grasa corporal, la frecuencia cardiaca, aumenta el tamaño de tendones y ligamentos, incrementa la potencia necesaria para diferentes salidas deportivas, aumenta la velocidad de movimientos, mejora los rangos articulares, aumenta la agilidad, el equilibrio y la coordinación (Humphries, 2012).

A su vez, el entrenamiento de la fuerza también puede reducir los signos y síntomas de algunas enfermedades, como por ejemplo: En la artritis disminuye el dolor y la rigidez, en la Diabetes Mellitus ayuda en la mejoría del control glucémico, en la Osteoporosis disminuye el riesgo de caídas e incrementa la densidad mineral ósea, en las Cardiopatías mejora el estado físico y mejora el perfil lipídico, en la Obesidad incrementa el metabolismo, lo cual ayuda a controlar el peso a largo plazo e incrementa la oxidación de moléculas de grasa (Seguin, Epping, Buchner, Bloch, & Nelson, 2002).

4.2 Beneficios del entrenamiento de la fuerza en el deporte:

El entrenamiento de la fuerza utiliza el principio de sobrecarga progresiva para poder esforzar el cuerpo (músculos, huesos, tendones, etc), buscando adaptarse con el fin de producir o ser capaz de resistir fuerzas más grandes (Scott & Keith, 2004).

Se debe diferenciar que el entrenamiento de la fuerza no es fisiculturismo, ni levantamiento de pesas, ni el que más peso levante. El entrenamiento de fuerza, es un medio, es una herramienta que le permite al atleta mejorar e incrementar su rendimiento deportivo a través de una mejora en la resistencia y el control motor (Scott & Keith, 2004).

En un análisis realizado por los organismos y directrices de certificación a los últimos libros y textos de fisiología del ejercicio editados hasta el año 2004, el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) y el National Strength and Conditioning Association Education Department, revelaron un consenso académico sobre cómo los individuos deben realizar el entrenamiento con pesas para obtener un resultado óptimo (Jones, 2004). Las directrices emitidas por las fuentes afirman que las personas con un alto grado de entrenamiento deben realizar:

1. Varios conjuntos de cada ejercicio para obtener los mejores resultados.
2. Establecer bajas repeticiones para incrementar la fuerza, y conjuntos de varias repeticiones para incrementar la resistencia.
3. Realizar repeticiones explosivas (es decir, con una cadencia relativamente rápida), para el desarrollo de energía óptima.

Finalmente, dentro de las adaptaciones del tejido muscular al entrenamiento de la fuerza (Kraemer, 2005), se destacan las siguientes:

- Incremento de la masa muscular: Aumenta la fuerza muscular.
- Aumento del área seccional por hipertrofia: Incrementa la capacidad contráctil.
- Incrementan las áreas de las fibras I y fibras II: Aumenta la fuerza por mejor reclutamiento selectivo.
- Disminuye la densidad capilar: Disminuye la difusión y la capacidad oxidativa.
- Disminuye la densidad mitocondrial por fibra (pero no hay pérdida del volumen mitocondrial): Disminuye la difusión y la capacidad oxidativa.
- Aumentan los lípidos intracelulares: Aumenta la capacidad de lipólisis.
- Aumenta el glucógeno muscular: Aumenta la capacidad glucogenolítica.

- Incrementa la reserva fosfágena (ATP, PC, ATPasa, CPK): Aumenta la potencia muscular.
- Se incrementan los sitios de receptores androgénicos: Se incrementa la efectividad de los andrógenos en la hipertrofia.

4.3 Beneficios del entrenamiento de la fuerza en la rehabilitación de la lesión medular incompleta:

La lesión medular, conlleva a una pérdida de los patrones motores que le permiten a un sujeto realizar una marcha, aunque se mantiene la actividad refleja infralésional una vez que se supere la fase de shock medular (Maestro, 2011), esto conlleva a que la independencia en la lesión medular que adquiera el sujeto sea mayor.

Entre los beneficios del entrenamiento de la fuerza parece influir en la organización funcional de los circuitos espinales que logran una secuencia e intensidad adecuada de contracción muscular para la marcha, esto quiere decir que inciden de manera muy positiva sobre los centros generadores de patrones de marcha espinales (Molinari M, 2009).

Los CGP (centro generador de patrones de marcha espinales), se establece como un circuito de células nerviosas que generan movimiento de forma autónoma y sostenida, que contiene información necesaria para activar motoneuronas con la secuencia e intensidad adecuada para generar un patrón motor (Grillner., 2003). Además, los CGP, se caracterizan por:

- Ser circuitos neuronales.
- Que son capaces de generar patrones actividad rítmica, independientemente del estímulo sensorial.
- Su respuesta puede ser modulada por vía periférica como central.

Hoy en día, se ha establecido que un entrenamiento en fuerza en pacientes con lesión medular incompleta mejoraría factores y determinantes físicos como lo son: la fuerza y el tono muscular, la coordinación, el arco de movimiento, la propiocepción, el equilibrio

y el control postural, los cuales se ven alterados dependiendo de la severidad y el nivel de la lesión según la ASIA.

Para dicho entrenamiento debe tener en cuenta: el estado físico basal, la aparición del dolor, los antecedentes personales, la edad y la medicación antiespástica (Barbeau H, 2006).

Sin embargo, en la actualidad se cree que cualquier tipo de tratamiento rehabilitador de las lesiones medulares tipo C debe ir encaminado hacia la mejora de la función aprovechando la plasticidad de los circuitos neuronales y no a tratar signos y síntomas específicos (Dietz V, 2003). Por su parte, el trabajo físico en fuerza submaxima va encaminado a trabajar los determinantes más importantes de la marcha, liberar arcos articulares, potenciar la musculatura, y ha reeducar la coordinación y el equilibrio. Al mismo tiempo, se facilitan las estrategias de compensación que facilitan el desplazamiento en función de las limitaciones (Berhman AL, 2007)

Por último, y dependiendo del nivel de la lesión el entrenamiento en fuerza ayudaría a superar las siguientes fases: bipedestación pasiva en standing, equilibrio en paralelas, marcha en paralelas, marcha con caminador, marcha con un bastón en paralelas, equilibrio con bastones fuera de las paralelas, marcha con bastones y fuera de las paralelas, escaleras y marcha en exteriores (Somers, 2001).

4.4 Importancia de los protocolos en fuerza en la rehabilitación de pacientes con lesión medular tipo C:

Alrededor del 53% de las lesiones medulares son lesiones incompletas, de éste porcentaje casi el 70% de ellas logra retomar la marcha con una mayor o menor independencia (Steevens, 2007). Se cree que con sólo el 10 al 15% de fibras descendentes recuperadas es posible recuperar un mínimo grado o capacidad de marcha (Maestro, 2011).

Bastante ha sido el avance científico en el querer devolver el patrón de marcha a los lesionados medulares, es por ello que (Scott & Keith, 2004), (Steevens, 2007), muestran una gran correlación entre la fuerza y la velocidad de marcha, donde algunos autores como (Grillner., 2003), (Rantanen, 2001), se atreven a afirmar que la fuerza es el factor determinante en la marcha para lesión medular incompleta (Barbeau, 2006).

Por su parte (Kim, 2004), realizó estudios donde se identificaron cuáles son los músculos que se deben entrenar (trabajo de fuerza) con mayor intensidad, para recuperar la marcha del paciente con lesión medular incompleta, dentro de ellos se destaca: Flexores, extensores y abductores de cadera, son los grupos musculares a los que se les evidencia una mayor relación con la capacidad de marcha; sin embargo, estos estudios no lograron obtener un grado de correlación con los músculos extensores de la rodilla, al igual que lo hacían otros estudios donde afirmaban la fuerza en el cuádriceps como uno de los predictores en la marcha (Rantanen, 2001).

Otros determinantes físicos que se deben tener en cuenta durante el proceso de rehabilitación con cualquier protocolo de fuerza, es el tono muscular y el dolor. Actualmente a la hipertonía se le añaden otros factores, por lo cual la espasticidad causada por la lesión medular se entiende como la sumatoria de los siguientes síntomas: hipertonía o aumento anormal del tono muscular, espasmos o contracción muscular involuntaria y brusca, clonus o contracción muscular involuntaria y rítmica, incremento exagerado en la función refleja tanto propioceptiva como cutánea y coactivación simultánea de músculos antagonistas (Gómez, 2010). La espasticidad también puede generar una reducción en el grado de funcionalidad de las extremidades afectadas, de igual manera puede producir un dolor crónico, contracturas articulares y acortamientos musculares e inferir en un gran porcentaje en el desarrollo de las actividades de la vida diaria del paciente que la adquiera.

De cualquier manera, en los pacientes con lesión medular incompleta la activación recíproca de los miembros inferiores se mantiene a pesar de la espasticidad que pueda alcanzar (Dietz, 2000), con lo cual se considera la posibilidad de realizar un entrenamiento específico de fuerza que permita generar una tipo de marcha espástica, la cual se puede interpretar como un mecanismo de compensación debido a la pérdida de la función motora central (Dietz, 2000).

Para lograr esto los protocolos en fuerza deben realizar sesiones diarias de movilizaciones articulares por debajo del nivel de la lesión, potenciación y tonificación de la musculatura supralesional y de los restos motores de las lesiones que son incompletas, postura de relajación y estiramiento muscular que permitan una mayor relajación, trabajo de equilibrio de tronco y volteos. Y cuando se ha conseguido un equilibrio de tronco

adecuado por trabajo de fuerza en el core, y cierto grado de fuerza en los miembros superiores, se inicia el proceso de reeducación en el patrón de la marcha.

4.5 Protocolos de rehabilitación utilizados en el tratamiento de la lesión medular incompleta:

4.5.1 Entrenamiento de la marcha con sistema LOKOMAT:

Se trabaja en la reeducación de la marcha con sesiones diarias de 20 a 30 minutos de duración, de lunes a viernes durante 5 días a la semana. En la primer sesión se realiza la adaptación del paciente al sistema LOKOMAT. Para éste cometido se siguieron los siguientes pasos (Maestro, 2011):

1. Se toman las medidas antropométricas para seleccionar el tamaño del arnés, las cinchas de sujeción y las longitudes de los brazos de movimiento de la ortesis de marcha.
2. Posteriormente, se ajusta la alineación del sistema electromecánico con respecto a los miembros inferiores de cada individuo en los planos frontal y sagital.
3. Finalmente se realiza una prueba de marcha para ajustar la longitud del paso, los arcos de movimiento articular y la velocidad, comprobando la adecuada disposición de todos los movimientos, la comodidad del paciente, la consecución de un patrón de marcha adecuado y la familiarización del paciente con el sistema y la pantalla de biofeedback.
4. La descarga del peso corporal, se inicia con un valor aproximado del 60 % del peso corporal de cada individuo, ésta medida va disminuyendo durante todo el programa de entrenamiento en relación a la carga y mejora del patrón básico de marcha.
5. Respecto a la velocidad, se seleccionó una en la cual el paciente se sienta más comodo.

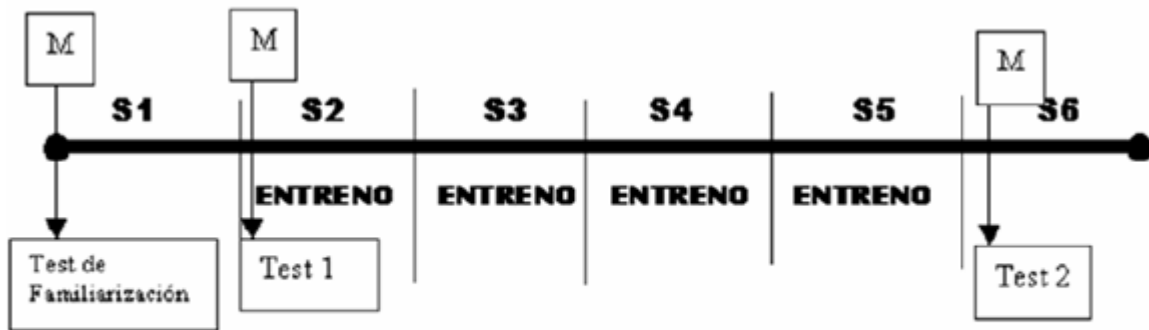
6. Las siguientes sesiones del programa de entrenamiento se realizan bajo la supervisión de un fisioterapeuta especialista en el sistema LOKOMAT.
7. Finalmente, éste programa debe ser complementado con técnicas de rehabilitación convencionales debido a que éste sistema no trabaja el equilibrio de tronco ni el fortalecimiento del core, además, la reeducación de la marcha llevada a cabo en él debe adaptarse a las condiciones normales de marcha sobre piso.
8. Todo el programa de entrenamiento se diseñó y estableció para un total de 40 sesiones.

4.5.2 Entrenamiento de la fuerza del miembro inferior en usuarios de silla de ruedas:

El objetivo de éste trabajo fue analizar y observar el efecto de un entrenamiento de fuerza resistencia en la condición física de pacientes con lesión medular incompleta. Entrenaron 3 veces por semana durante 4 semanas (3-4 series de 20-30 repeticiones x 40-70% de intensidad); se entrenaron músculos flexores y extensores de la rodilla y cadera, abductores y aductores de cadera. Antes y después de cada entrenamiento se midió la velocidad de desplazamiento y la fuerza máxima isométrica (Jiménez, 2007).

Los ejercicios realizados fueron: Curl de piernas, extensión de piernas, abducción y aducción de cadera, extensión de cadera con polea y peso muerto. Los entrenamientos se realizaron 3 veces por semana durante 4 semanas; las sesiones de entrenamiento oscilaban entre los 50-60 minutos, la estructura de la planificación se muestra a continuación:

Ilustración 2 Esquema del programa de entrenamiento del estudio anterior



Esquema de la fase experimental. Días en que se efectuaron los test y semanas de entrenamiento. Los entrenamientos se realizaron lunes, miércoles y viernes a las 10 horas. M=martes; S=semana

La estructura de cada sesión de entrenamiento quedó de la siguiente manera:

- Calentamiento: Movilidad articular de cadera y rodilla, estiramiento de los músculos flexores y extensores de la rodilla y cadera, estiramiento de los músculos abductores y aductores de la cadera; con una duración parcial de 6 minutos.
- Entrenamiento: En la primera sesión, se realizaba un test a los participantes, donde debían ejecutar 1RM con cada ejercicio, de ésta manera se valoraron los porcentajes de intensidad; se iniciaba trabajando con el 40 % hasta llegar al 70% en la última semana de entrenamiento. El número de series varió de 3-4 y las repeticiones de 20-30, los tiempos de descanso eran de 1 minuto entre serie y serie y 5 minutos entre cada ejercicio.
- Estiramiento: Al final de cada sesión de entrenamiento se realizaban ejercicios de estiramiento de acuerdo a los grupos musculares implicados.

4.5.3 Influencia de un programa de rehabilitación física en el incremento de la fuerza muscular en pacientes con lesión medular:

Este estudio fue realizado en un periodo de dos meses de tratamiento rehabilitatorio, con una muestra de 12 pacientes, 9 hombres y 3 mujeres, con un tiempo de evolución de 3 a

5 años, el promedio de edad es de 28 (mínima de 15 y máxima de 48). Se realizó una batería inicial y final, elaborada con actividades propias de programas de rehabilitación raquimedular, conformada por actividades de brazos, troncos y piernas, buscando medir el nivel de fuerza en éstas regiones (Castellanos., L, 2004).

Programa de tratamiento por ejercicios físicos:

Brazos:

1. Empuje de brazos (Equipo de empuje).
2. Bíceps decúbito supino, sedestación.
3. Tríceps decúbito supino, sedestación.
4. Flexo extensión de brazos decúbito prono.
5. Abducción y aducción con brazos flexionados y brazos extendidos decúbito supino, sedestación.
6. Contractor de pectorales.
7. Rodar en silla de ruedas venciendo diferentes distancias (sin y con pesos).

Tronco:

1. Abdominales con diferentes ángulos de inclinación. (flexión de tronco)
2. Hiperextensiones decúbito prono.
3. Giros en una colchoneta.
4. Torsiones.
5. En camilla de bipedestación. Movimientos laterales del tronco.

Cadera:

1. Abducción y aducción con piernas flexionadas (asistido).
2. Abducción y aducción con piernas extendidas (asistido).

3. Elevar cadera con rodillo debajo de las piernas.

Piernas (Sólo se aplicó a los pacientes con diagnóstico de lesión medular incompleta).

1. Abducción y aducción con piernas extendidas (entre paralelas).
2. Empuje de piernas en la prensa horizontal.
3. Flexo extensión de pierna en camilla con y sin pesos.
4. Péndulos de piernas.
5. Contracciones isométricas.
6. Flexión de piernas decúbito prono.

Tabla 10 Resultados de los protocolos en pacientes con lesión medular completa

Cuadriplejia			
Nº 9 Pacientes	Media Inicial general	Media Final general	% Mejoría
Brazo	2,4 kg	8,3 kg	71%
Tronco	13 rep	25 rep	48%
Cadera	0,05 kg	0,4 kg	87.5%
Piernas	0	0	0

Tabla 11 Resultado de los protocolos en pacientes con lesión medular incompleta

Nº 3 Pacientes	Media Inicial general	Media Final general	% Mejoría
Brazo	5,24 kg	21,33 kg	75 %
Tronco	20 rep	40rep	50%
Cadera	1,5 Kg	4,8 Kg	69 %
Piernas	2,33 Kg	5 Kg	53 %

CAPÍTULO V

5. APORTE DESDE LA CULTURA FÍSICA EN EL PROCESO DE REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA

Desde el punto de vista del Profesional en Cultura física Deporte y Recreación es el de proponer una serie de ejercicios que ayuden a la rehabilitación de los pacientes con lesión medular tipo C, que en ningún momento desconozca la opinión de los profesionales en el campo de la Medicina. Por lo tanto dicho programa de entrenamiento debe tener en cuenta la importancia de alcanzar una posición de equilibrio en bipedestación y reeducar el patrón de la marcha, utilizando como recurso primordial el trabajo en colchoneta sobre el piso, el cual fundamenta la independencia funcional y ayuda a mejorar el desempeño durante las actividades de la vida diaria. Con el transcurrir de los años, las evidencias han venido demostrando que ejercicios de fortalecimiento muscular y coordinación de movimientos, mejoran y facilitan el trabajo que se puede realizar sobre la colchoneta, éste trabajo le permite al paciente tener una mayor facilidad en la ejecución de los ejercicios, mejora su base de apoyo, fortaleciendo de manera indirecta el trabajo psíquico (Hernández , 2011).

Existe evidencia sobre la mejoría que puede tener una persona con la práctica de actividad física sistemática ya sea laboral o deportiva, practicada antes de la lesión, es por ello que (Torres Costoso, 2006) afirman: *“es imprescindible en reeducación neurológica conocer el trabajo, las habilidades que tenía la persona a tratar, para determinar de esta forma cuales eran los patrones de movimiento con que su sistema neuromuscular estaba acostumbrado a trabajar y en qué grado, porque así podremos elegir con más éxito aquellos que tras la lesión podrán recordar mejor a su sistema nervioso ahora lesionado.”*

Para lograr cumplir con el propósito establecido, el profesional de cultura física debe manejar una serie de objetivos claros en cada fase los cuales son primordiales en el proceso de rehabilitación y estos son:

Primera etapa: Los objetivos a cumplir son:

1. Mejorar la capacidad física general.
2. Mejorar y mantener la amplitud de los movimientos articulares específicamente en miembros inferiores.
3. Buscar una posición de equilibrio en sedestación, progresivamente llegar a ésta posición sin ayuda de sus manos hasta llegar a una posición de 4 apoyos.

Segunda Etapa: Inicia después de alcanzar una posición de 4 apoyos, los objetivos dentro de ésta fase son:

1. Alcanzar una posición de equilibrio en bipedestación con ayudas dentro de las paralelas.
2. Realizar ejercicios que permitan recobrar patrones de marcha estáticos y dinámicos.
3. Lograr que el paciente alcance la marcha fuera de las paralelas con ayuda de muletas o preferiblemente sin ellas de acuerdo al caso.

A partir de lo anterior, se establecen unos principios básicos que el profesional en cultura física debe de tener absolutamente claros (Ducret., 2001):

Patrones de movimiento en espiral y diagonal: En éste la fuerza y la coordinación se trabajan al mismo tiempo, lo que permite tener ventaja en el proceso de reeducación de la marcha.

Resistencia máxima: Debe de estar programada para cada uno de los pacientes, sin que interrumpa la armonía del movimiento que se vaya a ejecutar, además se puede acompañar de movimientos de tracción y coaptación que permitan que se dirigen a los receptores propioceptivos de las intraarticulaciones, lo que puede favorecer el reflejo flexor y extensor respectivamente (Ducret, 2001).

Contactos manuales: La posición de las manos y dedos del profesional de cultura física deben estimular los exteroceptores cutáneos, los cuales envían la información al sistema nervioso del paciente sobre el movimiento que se le está solicitando para que sea guiado dirigido.

Estimulación verbal: Se deben utilizar comandos de voz claros para explicar el ejercicio, además deben ser órdenes breves y enérgicas.

Estimulación visual: Entrega suficiente información espacial, debe de estar fija en el segmento corporal que se va a movilizar.

Estimulación por estiramiento: Éste produce una breve contracción refleja, la cual permite incrementar en mayor medida la contracción muscular consciente; para que éste sea mucho más eficaz es necesario que esté coordinado con la estimulación verbal y el esfuerzo voluntario del paciente.

Todos éstos son algunos de los factores que el profesional de cultura física aporta durante el proceso de rehabilitación del paciente con lesión medular, pero aparte a éstos, existen otros factores que se deben tener en cuenta; uno de ellos puede ser el siguiente: La capacidad de aprendizaje motor como condición individual para el desarrollo de habilidades motrices, van a variar en un gran porcentaje de paciente a paciente, debido a la existencia de factores que influyen en el rendimiento que no se pueden modificar por medio del ejercicio físico (Hernández, 2011).

Por otra parte, todos los profesionales del ejercicio, durante su tiempo de intervención y acompañamiento al paciente, no deben olvidar los buenos resultados que han producido maniobras, métodos y técnicas, que han antecedido a los utilizados en la actualidad. Éste conjunto de nuevas maniobras, permite el desarrollo de un trabajo multifactorial, interdisciplinario o interdisciplinario (Rodríguez, 2006). Adicional a los patrones anteriormente expuestos, se pueden también incluir como parte de las funciones del profesional del ejercicio las siguientes acciones:

- El tiempo real del tratamiento
- Sistematización de proceso de rehabilitación

- Individualización del paciente
- Relación entre el tiempo de trabajo y descanso.
- Incremento gradual de las cargas físicas estresantes, teniendo en cuenta principio anterior y las limitaciones relativas del paciente.

De todos éstos principios, se derivan diferentes métodos, que adoptados en la investigación denotan que los métodos escalonado, rectilíneo ascendente o el ondulatorio entre otros conllevan a resultados mucho más satisfactorios y en mayor medida cuando éstos logran combinarse (Hernández González, 2008).

A partir de lo anterior nacen 10 principios cardinales que deben ser pilares durante todo el proceso de rehabilitación.

1. Prevenir la privación sensorial.
2. Promover la participación activa.
3. Repetir los ejercicios sin y con variación.
4. Lograr que se comprenda la utilidad de la actividad
5. Lograr la plena motivación del paciente.
6. “Forzar” el proceso.
7. Seguir la ley del desarrollo cervico-céfalo-caudal.
8. Tener presente que la integración subcortical precede a la integración cortical.
9. Tener paciencia y aplicar una atención sensible y afectuosa al paciente.
10. Manejar bien la facilitación-inhibición.

Poniedo en marcha varios de estos componentes del proceso de rehabilitación, se puede lograr una mejor comprensión del los ejercicios antes de ejecutarlos; debe trabajarse la fuerza, coordinación de los movimientos, la potenciación de los

músculos residuales y la creatividad que demuestre el profesional del ejercicio para realizar variables, cambios y ajustes necesarios durante el ejercicio, entregarán de seguro resultados mucho más positivos.

5.1 Propuesta de un programa de entrenamiento de la fuerza submáxima para el proceso de rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta:

Éste protocolo, permite realizar cargas progresivas con instrumentos como bandas, poleas, balones y lo más importante el trabajo con el propio peso corporal; de igual manera, se encuentra diseñado para un periodo de 24 semanas con una frecuencia semanal de 5 días por semana.

El trabajo desarrollado durante cada sesión se encuentra establecido para un tiempo de 40-60 minutos, divididos de la siguiente manera:

Calentamiento: Se realizan ejercicios de movilidad articular por cada segmento corporal que se vaya trabajar, de igual forma se realiza un trabajo de flexibilidad activa y pasiva de acuerdo a los grupos musculares que tengan que esforzar con la sesión de entrenamiento.

Parte Central: Se realiza la explicación del ejercicio correctamente (incluyendo los momentos de inhalación y exhalación del aire), el número de series y repeticiones por cada uno de los mismos; hay que aclarar que no existen tiempos de descanso superiores a 15 segundos entre serie y serie ni entre ejercicios.

Vuelta a la Calma: Se realiza un trabajo de flexibilidad activa y pasiva por cada grupo muscular que se haya trabajado.

Control 1

Tabla 12 Semanas 1-2 de entrenamiento

Semana 1-2		
Ejercicio	Series	Repeticiones
Elevación de pierna acostado	3	8
Flexión de cadera con piernas 45 °	3	8
Superman acostado	3	10
Adducción de piernas con banda acostado (asistido)	4	10
Aducción de pierna acostado (asistido)	4	10

Tabla 13 Semanas 3-4 de entrenamiento

Semana 3-4		
Ejercicio	Series	Repeticiones
Elevación de pierna acostado (90°)	3	8
Crunch en máquina	4	10
Flexión y extensión de columna en cuadrupedia	4	10
Puente bipodal	3	8
Abducción de piernas con banda (asistido)	4	10

Tabla 14 Semanas 5-8 de entrenamiento

Semana 5-8		
Ejercicio	Series	Repeticiones
Superman con apoyo en rodilla	4	12
Puentes laterales	4	12
Plantiflexión y Dorsiflexión de tobillo (banda) sentado	4	15
Aducción de pierna acostado con banda (asistido)	4	12
Flexiones de codo en 4 apoyos	4	12
Abducción de piernas acostado con banda (asistido)	4	12

Tabla 15 Semanas 9-12 de entrenamiento

Semana 9-12		
Ejercicio	Series	Repeticiones
Puentes laterales	4	15
Extensión de columna sobre balón (asistido)	3	8
Flexión de codo en 4 apoyos	4	12
Abducción de pierna acostado con banda (asistido)	4	12
Aducción de pierna acostado con banda (asistido)	4	15
Plantiflexión y Dorsiflexión de tobillo con banda (asistido)	4	15
Abducción de cadera sentado	3	8
Aducción de cadera sentado	3	8

Cuando se complete la semana 12, se realiza control para observar las mejoras en la fuerza de los miembros inferiores.

Ilustración 3 Cuadro de ejercicios de Pilates



De la semana número 13 hasta la semana 24 se trabaja de la siguiente manera:

Semana 13-22: Se realiza la mitad de los ejercicios que se encuentran en la figura anterior y la siguiente clase la otra mitad, así sucesivamente hasta completar las 10 semanas.

Semana 23-24: Se realizan todos los ejercicios dibujados en la figura por cada sesión de entrenamiento, teniendo claro en cuáles de los ejercicios se debe asistir al paciente cada 5 ejercicios se realizará un ejercicio de respiración.

Finalmente, terminadas las 24 semanas se observarán los cambios obtenidos en la musculatura del cuerpo con una hipertrofia muscular, mejoramiento tanto en el tono muscular como en la espasticidad. Al igual que se espera como mínimo lograr una posición de bipedestación, corroborándolo con una prueba control.

6. CONCLUSIONES

- La importancia de los protocolos en el entrenamiento de la fuerza para el tratamiento de rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta está enmarcada en el fortalecimiento que se puede lograr de los músculos flexores, extensores de rodilla y cadera, abductores, aductores de cadera, musculatura del core y brazos, aunque en la actualidad se combinan aspectos como la fuerza y resistencia en la marcha en una banda para obtener mejores resultados.
- El porcentaje de pacientes con lesión medular incompleta (C), que logran recuperar la marcha es relativamente alto (70%), gracias a la intervención adecuada y minuciosa que programe el equipo interdisciplinar, autores como (Grillner., 2003), (Rantanen T, 2001), se atreven a afirmar que la fuerza es el factor determinante en la marcha para lesión medular incompleta (Barbeau H, 2006).
- Los beneficios del entrenamiento de la fuerza parecen influir en la organización funcional de los circuitos espinales que logran una secuencia e intensidad adecuada de contracción muscular para la marcha, esto quiere decir que inciden de manera muy positiva sobre los centros generadores de patrones de marcha espinales, además mejora factores y determinantes físicos como lo son: la fuerza y el tono muscular, la coordinación, el arco de movimiento, la propiocepción, el equilibrio y el control postural.
- La propuesta realizada para un programa de rehabilitación, tiene como beneficios mejoramiento y fortalecimiento muscular de todo el cuerpo el fortalecimiento de los músculos de la espalda y el core, bases para poder evolucionar a trabajos en bipedestación. y coordinación entre mente, cuerpo y respiración aspecto que se ve reflejado en el ambiente laboral.

- Por último trabaja todo el proceso de fortalecimiento y tonificación de los miembros inferiores, la oxigenación y modificaciones osteo-articulares; además cuando tenemos en su estructura corporal con piernas trabajadas, se corrige pisada y se previene el mal funcionamiento de la columna vertebral.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, G. J., Varón, L., Berbeo, C. M., Feo, L. O., & Díaz, O. R., (2008). Avances fisiopatológicos para el entendimiento de la lesión medular traumática. Revisión bibliográfica. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 272-281.
- Agudelo, L. H., & G, H. I. (2009). Descripción de la calidad de vida en una cohorte de pacientes con Lesión Medular en el Hospital San Vicente de Paúl. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 14-27.
- Association, A. A. (1992). Standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. Chicago, Estados Unidos .
- Avicenna. (1544). Avicenna Operum de Rex Medica. Venice.
- Badillo, J. J., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Barbeau, H., Nadeau, S., & Gadeau, C. (2006). Physical determinants, emerging concept, and training approaches in gait of individuals with spinal cord injury. *J Neurotrauma*, 571-585.
- Barnéz, D. J., Bender del Busto, J. E., Araújo, S. F., Zamora, P. F., Hernández, G. E., & Rodríguez, M. (2003). Lesión Medular Traumática. *Rev Mex Neuroci*, 21-25.
- Bell, C. (1824). Observations on injuries of the Spinal and the thigh bone in two lectures. London: Thomas Tegg Publishing.
- Berhman, A., & Hakerma, S. (2007). Physical rehabilitation as an agent for recovery after spinal cord injury. *Physical Medicine Rehabilitation Clin N Am*, 183-202.
- Berkowitz, M., Harvey, C., Greene, C., & Wilson, S. (1992). *The economics consequences of traumatic spinal cord injury*. New York: Demos Publications.
- Bompa, T. (1990). Theory and Methodology of Training. En B. T, *The Key of Athletic Performance* (págs. 267-273). Dubuque: Kendall.

- Bracken, M. (2002). Steroids for acute spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev*, 1-30.
- Bracken, M., Shepard, M., Holford, T., Leo-Sumner, L., Aldrich, E., & Fazl, M. (1998). Methylprednisolone or tirilazad mesylate administration recommended after acute spinal cord injury: 1-year follow up. Results of the third National Acute Spinal Cord Injury randomized controlled trial. *J Neurosurg*, 699-706.
- Brien, O. (2003). Immediate management of Spinal Injury. *Neurosurgery*, 696-701.
- Casanueva, R. M. (2010). *Trabajo desarrollo de la fuerza*. Andalucía: Federación Andaluza de Taekwondo.
- Castellanos, L., Brown, J., & Valenzuela García, B. (2004). Influence of a physical rehabilitation program in the increase of muscular strength patients with spinal cervical lesions. *Efdeportes.com*, 1.
- Center, N. S. (2006). *National Spinal Cord Injury Statistical Center*. Birmingham, Alabama : NSCISC.
- Chicharro, J. L., & Mojares, L. L. (2008). *Fisiología clínica el Ejercicio* (1 ed.). Buenos Aires; Madrid, España: Medica Panamericana.
- Clive, A., Glass, Tesio, L., Itzkovich, M., Bakul, M., Soni, y otros. (2009). Spinal cord independence measure, version iii: applicability to the uk spinal cord injured population. *J Rehabil Med*, 723-728.
- Cooper, A. (1824). *Principles and practices of surgery*. London.
- Cordero, I. F. (2005). *Tratamiento Conservador versus Quirúrgico de la Paraplegia Traumática por Fracturas Vertebrales Torácicas y Lumbares*. València: Universitat de València.
- Costoso, T., López, B., Morales, F., & Molina, L. (2006). Umbral Científico. En B. L. Torres Costoso, *El método Kabat y la lesión medular espinal* (págs. 73-81). Bogotá: Fundación Universitaria "Manuel Beltrán".

- de la Torre González, D., Pérez Meave, J., Góngora López, J., & Huerta Olivares, V. (2001). Evaluación de pacientes con traumatismo raquímedular clínico y radiológico. *Trauma*, 22-28.
- Devivo M, B.-S. F. (2006). International Spinal Cord Injury Data Set. *Spinal Cord*, 505-519.
- Dietz, V. (2003). Spinal cord pattern generators for locomotion. *Clin Neurophysiol*, 1379-1389.
- Dietz, V., Wirz, M., Curt, A., & Colombo, G. (2000). Locomotor pattern in paraplegic patients: training effects and recovery of spinal cord function. *Spinal Cord*, 380-390.
- Donovan, & William, H. (2007). Lesión de la Médula Espinal-Pasado, Presente y Futuro. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 85-100.
- Ducret, N. (2001). *Méthode de Kabat. Facilitation Neuromusculaire par la proprioception*. París: Elsevier.
- Dumon, R., Okonkw, D., Verma, S., Hurlbert, R., Boulos, P., Ellegala, D., y otros. (2001). Acute spinal cord injury, part I: pathophysiologic mechanisms. *Clin Neuropharmacol*, 254-264.
- Escobar, O. (2010). *Características de la programación de la capacidad física de fuerza en los ancianos*. Medellín: Publicaciones de la Universidad de Antioquia.
- Franco, C. N., Aguilar, C. E., García, R, V., Gómez, M. L., Jiménez, Q. G., Quiñones, C. E., y otros. (2009). Abordaje de la sexualidad en el proceso de rehabilitación de personas con lesión medular. *Redalyc Sistema de Información Científica, Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 1-12.
- Furlan, J., Noonan, V., Cadotte, D., & Fehlings, W. (2011). Timing of Decompressive Surgery of Spinal Cord after Traumatic Spinal Cord Injury: An Evidence-Based Examination of Pre-Clinical and Clinical Studies. *JOURNAL OF NEUROTRAUMA*, 1371-1399.

- Galeno. (1821). Opera Omnie. Leipzig: Carolus Kühn Edition.
- GARCÍA, I. M. (2007). *Síndrome del lesionado medular, tratamiento, rehabilitación y cuidado continuos*. coslada (madrid): hospital monográfico asepeyo.
- García, J., & Herruzo Cabrera, R. (2005). Epidemiología descriptiva de la prevalencia de la lesión medular en España. *Médula Espinal*, 111-115.
- Goldspink, G. (1992). Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle. En G. Goldspink, *Strength and power in sport* (págs. 211-229). Londres: P. Komi. Blackwell Scientific Publication.
- Gómez, J., & Oliviero, A. (2010). Fisiopatología y tratamiento de la Espasticidad. En E. A, *Lesión medular. Enfoque multidisciplinario* (págs. 219-225). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Grazón, M. (2005). Trauma Raquimedular. Factores predictivos de recuperación neurológica a largo plazo. *Repertorio de Medicina y Cirujía*, 74-78.
- Grillner, S. (2003). The motor infrastructure: from ion channels to neuronal networks. *Nat Rev Neurosci*, 1607-1616.
- Guimarães, J., Freire, M., Lima, R., Souza-Rodrigues, D., Costa, A., dos Santos, C., y otros. (2009). Mecanismos de Degenaración Secundaria en el Sistema Nervios Central durante los Trastornos Neuronales Agudos y el Daño en la Sustancia Blanca. *REV NEUROL*, 304-310.
- Guttman, L. (1976). *Spinal cord injuries: comprehensive management and research*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Harman, E. (1993). Strength and powers: A definition of terms. *National Strength and Condiotioning Association Journal*, 18-20.
- Hernández, G. P. (2008). *Influencia de los ejercicios en colchoneta y su relación con el equilibrio y la marcha en pacientes parapléjicos*. La Habana: Editorial Deportes.

Hernández, P., & González, L. (09 de Mayo de 2011). *eFisioterapia.net*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de eFisioterapia.net:
<http://www.efisioterapia.net/articulos/cultura-fisica-terapeutica-una-interesante-eleccion>

Hipocrates. (1947). *The genuine works of Hipocrates*. Baltimore: William and Wilkins Company.

Humphries, B. D. (2012). *Entrenamiento de fuerza para los huesos, músculos y hormonas*. Michigan strett-Indianápolis: American College of Sports Medicine.

Jiménez, B., Martín, J., & Abadía, O. y. (2007). Entrenamiento de fuerza del miembro inferior en usuarios de silla de ruedas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 232-240.

Jones, A. (2004). Entrenamiento de fuerza. *Diario Oficial de la Sociedad Americana de Fisiólogos del Ejercicio (ASEP)*, 52-68.

Kim, C., Eng, J., & Whittaker, M. (2004). Level walking and ambulatory capacity in patients whit spinal cord injury: relationchip whit muscle strength. *Spinal Cord*, 156-162.

Kraemer, W. (2005). Hormonal responses and adaptation to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 339-361.

Lema, C., & Parra, J. (2010). Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. *AQUICHAN*, 157-172.

Lema, C., & Parra, J. (2011). Situación de discapacidad de la población adulta con lesión medular de la ciudad de Manizales. *Hacia la Promoción de la Salud*, 52-67.

Liaison, S. (2005). *Lesión de la Médula Espinal: Esperanza en la Investigación*. Miami: NIH Publication.

Lorenz, D. S., & Reiman, M. P. (2011). Performance Enhancement in the Terminal Phases of Rehabilitation. *Sports Physical Therapy*, 470-480.

- Lu J, A. K. (2000). advances in secondary spinal cord injury: role of apoptosis. *Spine*, 1856-1866.
- Maestro, M. A. (2011). Capacidad de marcha en la lesión medular. *Efectividad del entrenamiento de la marcha mediante el sistema LOKOMAT en pacientes agudos con lesión medular incompleta*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Física y Rehabilitación.
- Martínez, P. L., Dufoo, O. M., G, L. O., López, P. J., & Carranco, P. G. A. (2008). Cambios neurológicos pre y postquirúrgicos en pacientes con lesión medular traumática basados en el análisis de la historia clínica secuencial. *Acta Ortopédica Mexicana*, 374-383.
- Maynard, F., Bracken, M., Creasey, G., JF, D., Donovan, W., Ducker, T., y otros. (1997). International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. *Spinal Cord*, 266-274.
- Mazaira, J. L. M. (1997). Epidemiología de la Lesión Medular en 8 Comunidades Autónomas Diferentes. *Medula Espinal*, 28-57.
- McColl, M., Walker, J., Stirling, P., Wilkins, R., & Corey, P. (2007). Expectations of life and health among spinal cord injured adults. *Spinal Cord*, 818-828.
- Meza, M., Pérez, E., Juliao, R., Jiménez, A., & Acosta Urrego, G. (s.f.). Rehabilitación en Trauma Raquimedular. Bogotá, Colombia.
- Molinari, M. (2009). Plasticity poperties of CPG circuits in human: impact on gait recovery. *Brain Res Bull*, 22-25.
- Paré, A. (1564). *Dix livres de chirurgie*. París: INDE: Pubicaciones.
- Ramírez, J. F. (2011). *Fuerza muscular, funcionalidad y envejecimiento: consideraciones y perspectivas para su incorporación en los modelos de intervención*. Bogotá, D.C.: Departamento de publicaciones de la Universidad Santo Tomás.

- Rantanen, T., Corriveau, H., Hérbert, R., & Perry, J. (2001). Association of muscle strength maximum walking speed in disable older women. *Am J Phys Med Rehabilitation*, 299-305.
- Robaina, P. F. (2007). Controversies about instrumented surgery and pain relief in degenerative lumbar spine pain. Results of scientific evidence. *Neurocirugia*, 406-413.
- Rodríguez, G. P. (2003). *Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración*. Murcia: Publicaciones Universidad de Murcia.
- Rodriguez, E., Cassanova, O., & colaboradores. (2006). *Ejercicios Físicos y Rehabilitación*. La Habana: Editorial Deportes.
- Rousselet, M. Á., & Álvarez, J. M. (2010). Epidemiología. En A. E. Ruz, *Lesión Medular* (pág. 332). Madrid: Médica Panamericana Sa.
- Rueda, R. M., & Aguado, D. A. (2003). *Estrategias de afrontamiento y proceso de adaptación a la leión medular*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Instituto de Migraciones y Asuntos ociales.
- Ruz Esclarín, A. (2003). *Lesión Medular y Secuelas*. Toledo.
- Sáez, M., Moreno, C., Platas, M., & Lambre, J. (2007). Dilatación del ventrículo terminal: presentación de un caso. revisión de la literatura. *Rev Argent Neuroc*, 133-137.
- Scott, R., & Keith, C. (2004). Entrenamiento de la fuerza para atletas jóvenes. *National Strength and Conditioning Association Education Department*, 1-5.
- Seguin, R. A., Epping, J. N., Buchner, D., Bloch, R., & Nelson, M. E. (2002). El podel del entrenamiento de la fuerza. En R. A. Seguin, J. N. Epping, D. Buchner, R. Bloch, & M. E. Nelson, *Cada vez más fuerte: Entrenamiento de fuerza para adultos mayores* (págs. 12-14). Nueva York: US Departamentos de salud y servicios humanos: Centros para el control y prevención de enfermedades.
- Serway, R. A., & Jewet, J. W. (2004). *Física I*. Madrid: International Thompson Editors.

- Somers, M. (2001). *Spinal cord injury: functional rehabilitation*. Londres: Prentice-Hall Inc.
- Springer, H. (2004). Neuroprotection and acute spinal cord injury: a reappraisal. *NeuroRx*, 80-100.
- Steevens, J., Lammertse, D., Curt, A., Fawcett, J., Tuszynski, M., & Ditunno, J. (2007). Guidelines for the conduct of clinicals trials for the spinal cord injuryas developed by the ICCP panel: clinical trial outcome measure. *Spinal Cord*, 206-221.
- Steinberg, L., Lauro, F., Sposito, M. ..., Tufik, S., Mello, M., Naffah-Mazzacoratti, M., y otros. (2000). Catecholamine response to exercise in individuals with different levels of paraplegia. *Brazilian Journal of Medica and Biological Research*, 913-918.
- Vivancos, M, F., Pascual. S., Nardi-Villardaga, J., Rodríguez, F., León, M., Martínez-Garre, M., y otros. (2007). Guía del Tratamiento Integral de la Espasticidad. *REV NEUROL*, 365-375.
- Wyndaele M, W. J. (2006). Incidence, prevalence and epidemiology os spinal cord injury: what learns a worlwide literature survery? *Spinal Cord*, 523-529.