



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**CARRERA DE KINESIOLOGÍA**

**EFFECTIVIDAD DE UN PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO  
ACUÁTICO COMPLEMENTARIO AL ENTRENAMIENTO  
FÍSICO-LOCOMOTOR EN LA REHABILITACIÓN DE  
PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA TIPO  
C, D Y E SEGÚN ASIA**

ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO SIMPLE CIEGO

---

**Tesis para optar al grado de  
Licenciados en kinesiología**

---

**AUTORES**

**Víctor A. Cárcamo Barrera - H. Viviana Sáez Paillaqueo**

**TEMUCO, 10 DE ENERO DE 2011**



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**CARRERA DE KINESIOLOGÍA**

**EFFECTIVIDAD DE UN PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO  
ACUÁTICO COMPLEMENTARIO AL ENTRENAMIENTO  
FÍSICO-LOCOMOTOR EN LA REHABILITACIÓN DE  
PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA TIPO  
C, D Y E SEGÚN ASIA**

**ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO SIMPLE CIEGO**

---

**Tesis para optar al grado de  
Licenciados en kinesiología**

---

**AUTORES**

**Víctor A. Cárcamo Barrera - H. Viviana Sáez Paillaqueo**

**PROFESOR GUÍA**

**Klga. Lidia Castillo M.**

**TEMUCO, 10 DE ENERO DE 2011**

## AGRADECIMIENTOS

---

*A todas las personas que han hecho posible plasmar nuestro sueño de contribuir a la sociedad a través de este proyecto de tesis, mostrando nuestra visión acerca de la rehabilitación integral y de la importancia de pacientes jóvenes que se ven limitados en su nueva condición.*

*Reconocemos la entrega y disposición de la Klga. Verónica Ruiz, Klgo. Juan Antonio Colomera, Prof. David Padilla e Ing. Álvaro Hernández, pertenecientes al instituto Teletón-Temuco, por acoger nuestras dudas e inquietudes acerca del tema.*

*Agradecimientos a la Asociación Cristina de Jóvenes Temuco – YMCA, destacando la buena disposición al facilitar los datos requeridos, proporcionar el acceso a las dependencias y demostrar interés acerca de nuestro proyecto.*

*Gratitudes hacia nuestro cuerpo de profesorado, en especial a los Bioestadísticos Luis Bustos y Juan José Orellana por resolver nuestras interrogantes en el transcurso de la formulación del proyecto.*

*Destacamos a la Klga. Lidia Castillo por orientarnos en decisiones difíciles, por guiarnos en aspectos desconocidos y enfrentar este desafío en conjunto.*

**Víctor Cárcamo - Viviana Sáez**

*Agradezco a mi familia por su incondicional apoyo y cariño, claramente sin ellos no hubiera alcanzado esta etapa en mi carrera y en mi vida.*

*Agradezco a mi compañera de tesis y amiga, Viviana Sáez, por su esfuerzo y entrega para que nuestro proyecto finalizara de la mejor manera, gracias por hacer de todo este esfuerzo y sacrificio algo más grato y llevadero.*

*No puedo dejar de lado mis amigos Camila, Paula, Carla, Álvaro y Oscar, sus consejos y compañía han hecho de la etapa universitaria una experiencia inolvidable, gracias por los momentos de risas y alegrías.*

*“No existe el fracaso,  
Salvo cuando dejamos de esforzarnos”*

*Juan Pablo Marat*

***Víctor Cárcamo***

*El aprender algo significa entrar en contacto con un mundo desconocido, frente esto reconozco el afecto y entrega de mis seres queridos, mi Madre por estar siempre ahí, por dejar cumplir mis metas y sueños, a mi hermano Gonzalo por manifestarme su apoyo, energías y confianza incondicional a pesar de la distancia física y a Marcelo por estar presente en esta última etapa, la culminación de este proyecto, por manifestarme su incondicionalidad, afecto y tranquilidad en los momentos de alegría y estrés.*

*Agradezco a mi amigo y partner compañero Víctor Cárcamo por estar siempre ahí, presente cuando más lo necesité, por darme el apoyo y seguridad de plasmar de la mejor manera posible, un sueño que sabemos, podemos hacer realidad.*

*Por último a los amigos de siempre, a mis compañeros incondicionales que sin ellos esas sonrisas, motivación y esas tardes de trabajo no serían lo mismo, a Javiera, Fernanda, Felipe, Jonathan, Andrés y Cristóbal.*

**Viviana Sáez**

## RESUMEN

<b>Título</b>	Efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA
<b>Introducción</b>	La lesión de la medula espinal (LME), se manifiesta clínicamente con la pérdida de la funcionalidad y ejecución de la marcha implicando el compromiso global del individuo, afectando áreas tanto sensitivas como motoras de los segmentos involucrados.
<b>Objetivo</b>	Determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha, pertenecientes al Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante el año 2011.
<b>Hipótesis</b>	Un entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor en pacientes con lesión medular incompleta mejora la funcionalidad y la ejecución de la marcha.
<b>Diseño</b>	Ensayo clínico aleatorizado simple ciego.
<b>Materiales y método</b>	El estudio se llevará a cabo en 30 pacientes con diagnóstico de lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, que cumplan con los criterios de selección, siendo aleatorizados para el grupo experimental de entrenamiento acuático y el grupo control de entrenamiento físico-locomotor. Se medirá la funcionalidad y marcha al inicio, a los 6 meses, a los 12 meses finalizada la intervención, con una última evaluación de 6 meses posteriores correspondiente al seguimiento.
<b>Conclusión</b>	Los resultados de este estudio significarán un aporte para el tratamiento en fase crónica de pacientes con lesión medular incompleta, unificando conceptos internacionales, y siendo de vital importancia tras la prevalencia en ascenso de esta condición.

## INTRODUCCIÓN

---

Un individuo que presenta o ha sido víctima de un evento catastrófico a raíz de un accidente, puede sufrir lesiones de tal envergadura que condiciona una situación nueva y abrumadora con grandes pérdidas físicas como ocurre en el caso de una la lesión de la médula espinal (LME), manifestándose clínicamente con la pérdida de la funcionalidad por debajo del nivel de la lesión, puesto que se produce una interrupción de las vías aferentes y eferentes que comunican los centros neurológicos superiores con los efectores periféricos, esto implica, el compromiso global del individuo, afectando áreas tanto sensitivas como motoras de los segmentos involucrados, además, ocurren modificaciones en todos los aspectos de la vida de una persona, en su rol individual, familiar, laboral y social.

La rehabilitación debe poseer un enfoque dinámico, activo y funcional, en base a esto el entrenamiento físico-locomotor y el entrenamiento acuático, implican al individuo en su totalidad, potenciando las capacidades que conserva tras la lesión, descubriendo las posibilidades en su nueva condición e integrar al sujeto a un nuevo mundo que no cerrara sus puertas frente a su discapacidad.

Generar un tratamiento unificado, es el objetivo al que nos enfocamos, con el fin de insertar a los pacientes en actividades que enriquezcan sus talentos físicos y sociales, la meta final es lograr un nivel de funcionalidad y marcha óptimo e inculcar el ejercicio como parte de sus vidas, generar deportistas con ambiciones y metas a cumplir, sin tener en mente el concepto de discapacidad sino como capacidades especiales y fomentar su vida como deportistas con objetivos claros en juegos paraolímpicos si es posible.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

AGRADECIMIENTOS .....	3
INTRODUCCIÓN .....	7
LISTA DE TABLAS .....	15
LISTA DE FIGURAS .....	16
GLOSARIO .....	18
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEORICO .....</b>	<b>20</b>
I.1. DESCRIPCIÓN ANATOMO FUNCIONAL DE LA MÉDULA ESPINAL .....	20
I.1.1 ANATOÍA MEDULA ESPINAL.....	20
I.1.1.1 Topografía externa.....	20
I.1.1.2. Estructura interna.....	22
I.1.1.2.1 Sustancia gris .....	23
I.1.1.2.2. Sustancia blanca.....	24
I.2. NEUROPLASTICIDAD .....	25
I.3. HISTORIA NATURAL DE LA LESION MEDULAR.....	28
I.3.1. DEFINICIÓN .....	29
I.3.2. EPIDEMIOLOGÍA.....	30
I.3.3. ETIOLOGÍA.....	37
I.3.4. CLASIFICACIONES DE LESIÓN MEDULAR.....	39
I.4. HISTORIA NATURAL DE LESION MEDULAR TRAUMÁTICA .....	48
I.4.1 DEFINICIÓN .....	48
I.4.2. EPIDEMIOLOGÍA.....	48
I.4.3. ETIOLOGÍA.....	52

I.4.4 FISIOPATOLOGÍA .....	53
I.4.4.1. FASE AGUDA .....	54
I.4.4.2. FASE SUBAGUDA .....	57
I.4.4.3. FASE CRONICA .....	59
I.4.5. CHOQUE ESPINAL .....	61
I.4.6. CLASIFICACIONES .....	65
I.4.7. FACTORES DE RIESGO .....	69
I.4.8. SÍNTOMAS Y SIGNOS .....	70
<b>I.4.9. CURSO CLINICO DE LESION MEDULAR TRAUMÁTICA .....</b>	<b>73</b>
I.4.9.1. DIAGNÓSTICO .....	73
I.4.9.2. PRONÓSTICO .....	75
I.4.10. TRATAMIENTO MEDICO DEL TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR .....	78
I.4.11. REHABILITACIÓN FUNCIONAL .....	82
I.5. ENTRENAMIENTO FISICO .....	85
I.5.1. CONCEPTOS CLAVES .....	85
I.5.1.1. ACTIVIDAD FISICA .....	85
I.5.1.2. DEPORTE .....	85
I.5.1.3. EJERCICIO FISICO.....	86
I.5.1.3.1 ADAPTACIONES AL EJERCICIO FISICO.....	86
I.5.1.3.1.4. LESIÓN MEDULAR Y EJERCICIO FISICO.....	89
I.5.1.4. ENTRENAMIENTO .....	92
I.5.1.4.1. ENTRENAMIENTO FÍSICO Y LESION MEDULAR .....	94
I.5.4.1.1. RESPUESTAS ALTERADAS AL ENTRENAMIENTO EN LESIONADOS MEDULARES .....	95

I.5.4.2. ENTRENAMIENTO LOCOMOTOR EN LESIONADO MEDULAR .....	102
I.5.4.2.1. ENTRENAMIENTO LOCOMOTOR EN LESIONADO MEDULAR INCOMPLETO .....	105
I.5.4.3 ENTRENAMIENTO ACUÁTICO .....	107
I.5.4.3.1. HIDROTERAPIA.....	107
I.5.4.3.2. ENTRENAMIENTO ACUATICO EN LESIONADO MEDULAR	112
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>115</b>
II.1 OBJETIVO DE LA BÚSQUEDA .....	115
II.2 IDENTIFICACIÓN DEL TEMA CENTRAL .....	115
II.3 PREGUNTA DE BÚSQUEDA .....	116
II.4 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO ...	116
II.5 ESTUDIOS QUE PODRÍAN CONTESTAR LA PRUEBA DE BÚSQUEDA.....	116
II.6 ESTUDIOS QUE CONTESTAN LA PREGUNTA DE BÚSQUEDA.....	117
II.7 FUENTES DE BÚSQUEDA .....	117
II.8 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA .....	117
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>120</b>
III.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	120
III.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	124
III.3. ANÁLISIS FINER.....	124
III.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	129
III.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	129
III.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	129
III.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	130
III.5.1.DISEÑO DEL ESTUDIO .....	130

<b>CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>132</b>
IV.1 SUJETOS DEL ESTUDIO .....	132
IV.1.1 POBLACIÓN DIANA.....	132
IV.1.2 POBLACIÓN ACCESIBLE.....	132
IV.2. MUESTRA .....	133
IV.2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	133
IV.2.1.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	133
IV.2.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	134
IV.2.2.3.CRITERIOS DE EXPULSIÓN .....	134
IV.3. FLUJOGRAMA DEL ESTUDIO.....	135
IV. 4. VARIABLES Y MEDICIONES .....	136
IV. 4.1. VARIABLE DE INTERVENCIÓN .....	136
IV.4.1.1. VARIABLES DE EXPOSICIÓN O INDEPENDIENTE .....	136
IV.4.1.1.1. Variable entrenamiento físico-locomotor .....	136
IV.4.1.1.2. Variable entrenamiento acuático .....	136
IV.4.1.2. VARIABLES DE RESPUESTA .....	137
IV.4.1.2.1. VARIABLES PRIMARIAS .....	137
IV.4.1.2.1.1. Variable funcionalidad.....	137
IV.4.1.2.1.2. Variable marcha.....	140
IV.4.1.2.2. VARIABLES SECUNDARIAS .....	146
IV.4.1.2.2.1. Variable nivel de lesión .....	146
IV.4.1.2.2.2. Variable grado de lesión .....	150
IV.4.1.2.2.3. Variable fuerza.....	152
IV.4.1.2.2.4. Variable espasticidad .....	154
IV.4.1.3. VARIABLES DE CONTROL.....	155

IV.4.1.3.1 Variable edad .....	155
IV.4.1.3.2 Variable sexo .....	156
IV. 5. TAMAÑO MUESTRAL .....	156
IV.6. ALEATORIZACIÓN .....	157
IV.7. ENMASCARAMIENTO.....	158
<b>CAPÍTULO V: INTERVENCIONES .....</b>	<b>160</b>
V.1. INTERVENCIÓN FÍSICO-LOCOMOTOR Y ACUÁTICO .....	160
V.1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INTERVENCIÓN.....	161
V.2. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO FÍSICO-LOCOMOTOR ETAPA CRÓNICA.....	162
V.2.1 ENTRENAMIENTO EN GIMNASIO .....	163
V.2.1.1. FASE: SEDESTACIÓN .....	163
V.2.1.2. FASE: FUERZA .....	167
V.2.1.3. FASE: BIPEDESTACIÓN .....	170
V.3. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO ACUÁTICO .....	174
V.3.1 FASE: ADAPATACIÓN AL MEDIO Y CONTROL RESPIRATORIO .....	174
V.3.2 FASE: APRENDIZAJE DEL CONTROL POSTURAL Y ROTACIONES .....	178
V.3.3. FASE: TRABAJO MUSCULAR.....	181
V.3.3.1 EJERCITACIÓN .....	184
V3.3.1 PATRÓN RECÍPROCO UNILATERAL .....	184
V.3.3.2. PATRONES SIMÉTRICOS BILATERALES .....	189
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>193</b>
VI.1. HIPÓTESIS .....	193
VI.1.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN $H_i$ .....	194

VI.1.2. HIPÓTESIS NULA $H_0$ .....	194
VI.1.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA $H_a$ .....	194
<b>VI.2. PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>195</b>
VI.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO .....	196
VI.2.2. ANÁLISIS INFERENCIAL .....	197
VI.2.2 Análisis multivariado.....	199
<b>CAPÍTULO VII: CONSIDERACIONES ÉTICAS.....</b>	<b>200</b>
VII.1. RIESGOS Y BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	201
VII.2 SELECCIÓN DE INDIVIDUOS PARA LA INVESTIGACIÓN .....	202
VII.3 AUTORIZACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.....	202
VII.4 CONTROL DE DATOS .....	202
VII.5 CONSENTIMIENTO INFORMADO .....	202
VII.6. EFECTO PLACEBO.....	203
<b>CAPÍTULO VIII: ADMINISTRACIÓN Y PRESUPUESTO.....</b>	<b>204</b>
VIII.1. EQUIPO MULTIPROFESIONAL .....	204
VIII.1.1. EQUIPO DE TRABAJO.....	204
VIII.1.2. DEFINICIÓN DE ROLES .....	205
VIII.2. MATERIALES E IMPLEMENTOS .....	209
VIII.3. LUGAR FÍSICO .....	209
VIII.4. PRESUPUESTO .....	210
VIII.4.1 RECURSOS HUMANOS .....	211
VIII.4.2 ARRIENDO .....	211
VIII.4.3 IMPLEMENTACIÓN.....	212
VIII.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	213
VIII.6. CARTA GANTT.....	216

<b>ANEXOS.....</b>	<b>217</b>
ANEXO N°1: Medida de independencia funcional FIM.....	217
ANEXO N°2: WISCI: índice de caminata para la lesión medular espinal.....	218
ANEXO N°3: Escala de deterioro ASIA (ASIA IMPAIRMENT SCALE).....	220
ANEXO N°4: Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato locomotor .....	223
ANEXO N°5: Escala de Ashworth modificada .....	224
ANEXO N°6: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	225
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>231</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: <i>Causas de la lesión medular, año 2005 (9)</i> .....	32
Tabla 2: <i>Costos estimados para la vida según grado de lesión (9)</i> .....	33
Tabla 3: <i>Esperanza de vida en años después de una lesión medular, según gravedad y edad de la lesión. (9)</i> .....	34
Tabla 4: <i>variable funcionalidad</i> .....	138
Tabla 5: <i>variable marcha</i> .....	140
Tabla 6: <i>variable nivel de lesión</i> .....	146
Tabla 7: <i>variable grado de lesión</i> .....	150
Tabla 8: <i>criterios de determinación de la lesión completa o incompleta</i> .....	151
Tabla 9: <i>clasificación según asia impairment scale, del grado de lesión medular.</i> .....	152
Tabla 10: <i>variable fuerza</i> .....	153
Tabla 11: <i>variable espasticidad</i> .....	154
Tabla 12: <i>variable edad</i> .....	155
Tabla 13: <i>variable sexo</i> .....	156
Tabla 14: <i>Presupuesto de salarios para el proyecto de investigación.</i> .....	211
Tabla 15: <i>Presupuesto para materiales y equipamiento básico para el proyecto de investigación.</i> .....	212
Tabla 16: <i>FIM, indicador de discapacidad, escala, sub-escalas, ítem y puntaje.</i>	217
Tabla 17: <i>FIM, Grado de dependencia y nivel de funcionalidad.</i> .....	217
Tabla 18: <i>instrucciones del uso de índice de caminata para la lesión medular espinal</i> .....	218
Tabla 19: <i>WISCI: índice de caminata para la lesión medular espinal</i> .....	219
Tabla 20: <i>clasificación neurológica estándar de la lesión de la medula espinal.</i>	220
Tabla 21: <i>músculos claves en la evaluación motora, Standard Neurological Classification Of Spinal Cord Injury, ASIA</i> .....	221
Tabla 22: <i>Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato Locomotor (73)</i> .....	223
Tabla 23: <i>Escala de Ashworth modificada, evaluación de espasticidad</i> .....	224

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>configuración externa de la medula espinal (1)</i> .....	21
Figura 2 : <i>configuración interna de la medula espinal; sustancia gris con identificación de láminas de rexed (3)</i> .....	23
Figura 3: <i>Configuración interna de la medula espinal; tractos ascendentes y descendentes (3)</i> .....	25
Figura 4: <i>Fisiopatología del traumatismo raquímedular (17)</i> .....	61
Figura 5: <i>Rehabilitación de la lesión medular (27)</i> .....	84
Figura 6: <i>respuestas referente al consumo de oxígeno, gasto cardiaco, frecuencia cardiaca y volumen sistólico en pacientes con diferentes niveles de lesión medular A consumo de oxígeno, B gasto cardiaco, C frecuencia cardiaca, D volumen sistólico (29)</i> .....	89
Figura 7 : <i>Ilustración esquemática de la información aferente de carga correspondiente a la cadera. Flecha grande, de entrada supraespinales que se interrumpe (línea ondulada) después de la lesión. La entradas de carga influye en los sistemas interneuronales y motoneuronas (L, izquierda, R, derecha), incluida la coordinación de activación contralateral, lo que resulta en la producción final eferentes (flecha pequeña, +) (39)</i> .....	105
Figura 8: <i>Flujograma del estudio</i> .....	135
Figura 9: <i>Patrón reciproco bilateral: flexión, aducción, rotación externa con rodilla en flexión, isotónica (derecha), ext., aducción, rotación externa con rodilla extendida, isométrico (izq.)</i> .....	184
Figura 10: <i>Patrón reciproco bilateral: flexión, abducción, rotacion interna con rodilla en flexión, isotónico (derecha), extensión, abducción, rotacion interna con rodilla extendida, isométrico (izquierda)</i> .....	185
Figura 11: <i>Patrón bilateral reciproco: extensión, aducción, rotacion externa con rodilla en flexión, isotónico (derecha), flexión aducción, rotacion externa con rodilla extendida, isométrico (izquierda)</i> .....	186

Figura 12: <i>Patrón bilateral recíproco: extensión, abducción, rotación interna con rodilla en flexión, isotónica (derecha), flexión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isométrico (izquierda).</i> .....	187
Figura 13: <i>Patrón recíproco bilateral: flexión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isotónico (derecha): extensión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isotónico (izquierda).</i> .....	188
Figura 14: <i>Patrón simétrico bilateral: flexión, aducción, rotación externa con rodillas y tronco flexionado.</i> .....	189
Figura 15: <i>Patrón simétrico bilateral: extensión, abducción, rotación interna con rodillas y tronco en extensión.</i> .....	189
Figura 16: <i>patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con flexión de tronco y rodillas.</i> .....	190
Figura 17: <i>Patrón simétrico bilateral: extensión, aducción, rotación externa con extensión de rodillas y tronco.</i> .....	190
Figura 18: <i>Patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con extensión de rodillas y flexión de tronco.</i> .....	191
Figura 19: <i>Patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con rodillas y tronco en extensión.</i> .....	191
Figura 20: <i>áreas claves para la clasificación del grado el nivel de lesión (80)</i> ...	222

## GLOSARIO

C7: séptima vértebra cervical

T1: primera vertebra torácica

FMV: Fisura mediana ventral

GPC: circuito interneuronales  
espinales

LME: Lesión medula espinal

SNC: Sistema nervioso central

SNP: Sistema nervioso periférico

LCR: Liquido cefalorraquídeo

SNA: Sistema nervioso autónomo

ASIA: American Spinal Injury  
Association

NSCISC: National Spinal Cord  
Injury Statical Center, base nacional  
de datos perteneciente a EEUU.

ULM: Unidad de lesiones medulares

AVD: Actividades de la vida diaria

CIREN: Centro Internacional de  
Rehabilitación Neurológica cubana

LMET: Lesión medula espinal  
traumáticas

ZPP: zona de conservación parcial

TRM: Traumatismo raquimedular

HPPAF: Proyectoil de arma de fuego

IL1 y IL6: Interleucinas 1 y 6

TNF  $\alpha$ : Factor de necrosis tumoral

MIP -1 $\alpha$  y  $\beta$ : Proteínas inflamatorias  
de macrófagos 1 $\alpha$  y  $\beta$ .

GFAP: Proteína fibrilar acida de la  
glía

FGF-2: Factor de crecimiento  
fibroblastico básico

MHC I y II: Mayor complejo de  
histocompatibilidad clase I y II

IFN $\gamma$ : Interferon gamma

Th2: Interleuquina 2	FC: Frecuencia cardiaca
RM: Resonancia Magnética	VO2max: Volumen (consumo) máximo de oxígeno
TAC: Tomografía axial computarizada	AGL: Ácidos grasos libres
RX: Radiografía	CVF: Capacidad vital forzada
AO asociación de ortopedia	HTA: Hipertensión arterial
FIM. Independencia funcional	TA: Tensión arterial
ATP: Adenosín trifosfato	GPC: Generador central de patrones
ADP: Adenosindifosfato	EMG: Electromiografía
CHO: Hidratos de carbono	ABD: Abducción
CoA: Acetilcoenzima A	ADD: Aducción
TCA: Ácido tricarbóxico	PNA: Péptido natriurético auricular
GC: Gasto cardíaco	ACHS: Asociación chilena de seguridad
VS: Volumen sistólico	MMT: Test muscular manual

**I.1. DESCRIPCIÓN ANATOMO FUNCIONAL DE LA MÉDULA ESPINAL****I.1.1 ANATOMÍA MÉDULA ESPINAL****I.1.1.1 ESTRUCTURA EXTERNA**

La médula espinal adulta se extiende desde el foramen magno hasta el nivel de la primera o segunda vértebra lumbar, mide alrededor de 45 cm en hombres y 42 cm en las mujeres, es de forma cilíndrica en los segmentos cervicales altos y torácicos, oval en los segmentos cervicales bajos y lumbares, siendo los sitios de origen de los plexos nerviosos braquial y lumbosacro, respectivamente. El extremo caudal de la médula espinal se adelgaza para formar el cono medular, desde el cuál un filamento formado por la piamadre y células gliales, el *filum terminale*, se extiende y fija al cóccix quedando de esta manera anclada.

La médula espinal está suspendida por la duramadre mediante una serie de 20 a 22 ligamentos dentados de tejido epipial, en forma de lengüetas, que se extienden lateralmente de la piamadre a la duramadre. Estos ligamentos se insertan medialmente formando líneas verticales continuas a cada lado de toda la medula espinal. (1)

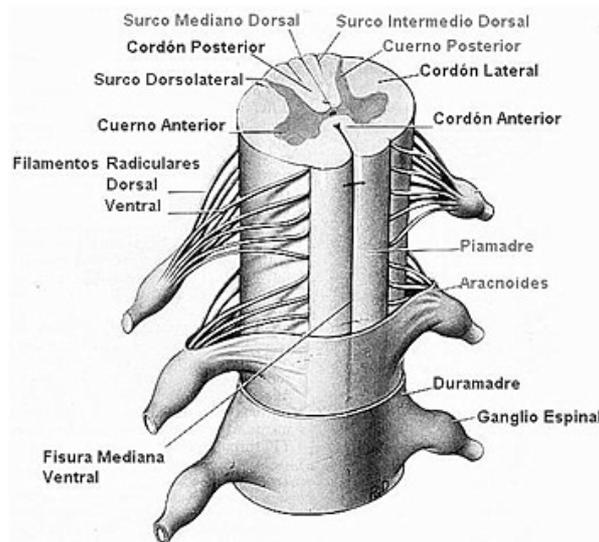


Figura 1: configuración externa de la medula espinal (1)

La médula espinal se compone de 31 pares de nervios espinales. Cada nervio se forma por la unión de una raíz dorsal (sensitiva) y una raíz ventral (motora). El primer segmento cervical tiene solo una raíz ventral. El primer nervio cervical emerge entre el hueso atlas y el occipital. La octava raíz cervical sale por el agujero intervertebral entre C7 y T1; todos los otros nervios espinales más caudales emergen de los agujeros intervertebrales situados debajo de la vértebra de su mismo número.

Sobre la cara anterior se observa la *fisura mediana ventral* (FMV), muy profunda y que contiene los vasos espinales anteriores; sobre la cara posterior se encuentra el *surco mediano dorsal*, poco profundo y que se continúa en una pequeña separación glial, el *surco dorsolateral* que es el lugar por donde penetran las fibras que forman la raíz dorsal de los nervios espinales. Las raíces anteriores de los nervios espinales emergen por los *surcos ventrolaterales* que se ubican a ambos lados de la FMV. En los segmentos medulares torácicos superiores y cervicales, el *surco intermedio dorsal*, se hunde en la médula entre los surcos ventrolaterales y el surco mediano dorsal. (2)

#### I.1.1.2. ESTRUCTURA INTERNA

En un corte transversal se puede observar que la médula espinal consta de una región central, denominada sustancia gris y una región periférica de aspecto blanquecino denominada sustancia blanca. La sustancia gris tiene forma de “letra H” y contiene los cuerpos celulares de las neuronas mientras que la sustancia blanca contiene los fascículos.

El surco mediano dorsal, la fisura mediana ventral, el surco dorsolateral y el surco ventrolateral dividen la sustancia blanca de la médula en un funículo dorsal, un funículo lateral y un funículo ventral. Los segmentos torácicos y lumbares superiores presentan además en la sustancia gris un asta o columna intermediolateral en forma de cuña.

#### I.1.1.2.1 SUSTANCIA GRIS

Basándose en Rexed quien investigó la organización celular de la médula espinal en el gato descubriendo que los grupos celulares están dispuestos con una regularidad extraordinaria en 10 zonas o láminas.

La actual nomenclatura de Rexed indica que las láminas I, II, III y IV corresponden a la lámina Marginal, que funciona formando una unidad funcional encargada de recibir sensibilidad exteroceptiva. La zona del cuello del cuerno dorsal, corresponde a las láminas V y VI, se asocia con la recepción de la sensibilidad propioceptiva, información relacionada con posición, movimiento, equilibrio, aunque responden a estímulos cutáneos. La lámina VII, que corresponde a la base del cuerno dorsal, actúa como relevo entre el cerebelo y el mesencéfalo; la lámina VIII modula la actividad motora en tanto la lamina IX es la principal área motora de la medula espinal.

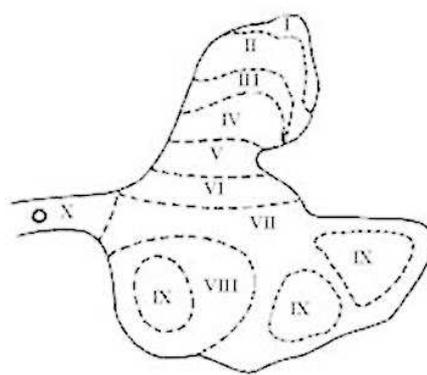


Figura 2 : configuración interna de la medula espinal; sustancia gris con identificación de láminas de Rexed (3)

#### I.1.1.2.2. SUSTANCIA BLANCA

La sustancia blanca se divide en tres funículos:

1. Funículo dorsal o cordón posterior
2. Funículo lateral o cordón lateral
3. Funículo ventral o cordón anterior

Cada uno de estos contiene uno o más fascículos los cuales se componen de fibras nerviosas que comparten un origen, destino y función comunes.

El funículo dorsal en la región cervical y torácica alta, gracias a la presencia del surco mediano dorsal queda dividido en dos fascículos o tractos: Fascículo Grácil y Fascículo Cuneiforme, los cuales contienen fibras ascendentes pertenecientes a la propiocepción y tacto discriminativo (localización precisa del tacto, incluida la discriminación de dos puntos).

Los funículos laterales y anteriores contienen varios fascículos ascendentes y descendentes, el lateral contiene fascículos relacionados con los movimientos voluntarios, tracto corticoespinal lateral así como fascículos relacionados con la sensibilidad, en tanto el anterior posee tractos motores que también controlan movimientos asociados a los voluntarios. (3)

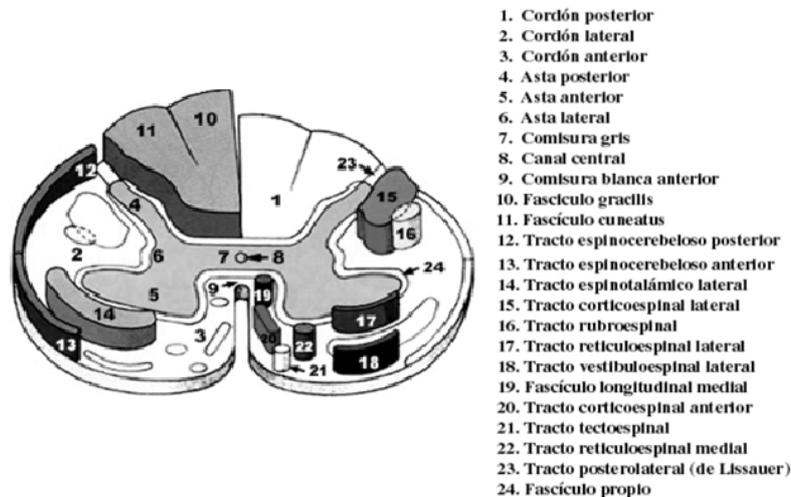


Figura 3: Configuración interna de la médula espinal; tractos ascendentes y descendentes (3)

---

## I.2. NEUROPLASTICIDAD

La recuperación funcional después de lesión de la médula espinal probablemente depende de la reorganización de los circuitos espinales que permanecen en buen estado, proporcionando una importante fuente de activación y regulación de los circuitos espinales que se han perdido a consecuencia de la lesión. El refuerzo provocado por las entradas aferentes experimentadas durante la repetición de los movimientos son importantes durante la adquisición de movimientos aprendidos después de una lesión. Se concluye que la médula espinal tiene importantes capacidades plásticas y los esfuerzos deben dirigirse hacia la

maximización de la contribución de esta plasticidad a la recuperación funcional después de lesión de la médula espinal. (4)

La neuroplasticidad tiene que ver con los cambios ocurridos en la conectividad del sistema nervioso, aunque mucho de los cambios posee un carácter adaptativo al medio y a los problemas clínicos.

Después de una lesión que da lugar a una nueva inervación, donde las células modifican su comportamiento para atraer nuevas conexiones, en general, reactivan los procesos de desarrollo que formaron en un primer momento. A la célula le incumbe su propia conectividad, no a la funcionalidad de todo el sistema al que pertenece, por ello, algunas de las nuevas conexiones creadas después de la lesión resultan perjudiciales para el sistema en su conjunto y en tales casos la misión de la fisioterapia radica en eliminar estas conexiones nuevas inadecuadas. También se da la desgracia de que muchos mecanismos celulares que posibilitan la plasticidad en exceso resultan lesivos para el sistema nervioso.

Al inicio, la activación de los dispositivos de reparación una vez que los procesos patológicos ya los han hiperactivado, podría ejercer unos efectos más perjudiciales que beneficiosos; estudios describen que las moléculas que participan en la plasticidad neuronal también tiene un carácter neurotóxico si se activan en exceso durante los periodos de vulnerabilidad celular. Una vez que el sistema nervioso ha desarrollado todas las conexiones anatómicas que necesita, cualquier nuevo aumento de la conectividad podría ir en contra de su adaptación, pues, ya la vía está refinada; los sistemas nerviosos maduros poseen mecanismos que contraponen la formación de nuevas conexiones y esto impide la recuperación de una lesión, por lo tanto hay criterios a favor y en contra de la reparación en el

sistema nervioso; este mecanismo inhibitorio adulto actúa sobre todo en la sustancia blanca, de manera que en la actualidad es muy difícil el recrecimiento de los haces dañados sin ayuda de una intervención externa, no así, la sustancia gris que queda al margen de cualquier intervención, por lo que la plasticidad representa algo más que una mera posibilidad, siendo probable a lo largo de toda la vida, incluso en la ancianidad; a través de las teorías que se han concebido como las teorías de los brotes axónicos, el desenmascaramiento y los circuitos medulares interespinales (GPC) (5).

No es todavía claro qué cambios son responsables de la recuperación; muchos de los tratamientos exitosos como estimular la regeneración del axón a través del sitio de las lesiones.

En el campo de la plasticidad, esta se utiliza como un término para describir a los brotes por encima y por debajo de la lesión con cambios en la fuerza sináptica, así como la percepción del sistema nervioso central (SNC) para cambiar su conectividad.

Otra forma definitiva en la que axones regenerados se pueden mostrar para restaurar la función es estudiar los efectos de fibras sensoriales que han vuelto a crecer en el cordón después una sección o avulsión de la raíz dorsal.

Los axones sensoriales que se intentan regenerar de nuevo en la médula espinal, normalmente se detienen en la cicatriz como interfaz entre el SNP, las células de Schwann y astrocitos del SNC en la raíz dorsal. A pesar de estas pruebas definitivas de que los axones regenerados en la médula espinal dañada pueden restaurar la función, es probable que gran parte de la

recuperación se ha visto después del tratamiento de animales con lesión medular incompleta se debe a la estimulación de la plasticidad.

El tracto corticoespinal, vías rubroespinal, las interneuronas, axones serotoninérgico y adrenérgicos, han demostrado que pueden ser nuevos lugares de brotes después de la lesión. Algunas de estas nuevas conexiones son claramente anormales, por ejemplo, cuando un tracto corticoespinal está lesionado el tracto contralateral puede brotar hacia el lado denervado de la médula. Sin embargo, estos eventos están asociados a mejoras funcionales. (6)

---

### **I.3. HISTORIA NATURAL DE LA LESIÓN MEDULAR**

#### **LESIONES DE LA MÉDULA ESPINAL**

La médula espinal resulta dañada por lesiones directas en el tejido medular, afectando nervios, neuronas y tejido neuroglial dentro de las membranas espinosas, o por lesiones indirectas como las lesiones de los vasos sanguíneos esenciales para el funcionamiento de la médula, tales como la arteria espinal anterior, arterias espinales posteriores y las arterias circunferenciales que se ramifican adentrándose en las regiones centrales más profundas de la médula espinal, además, la red compleja de capilares, sobre todo dentro de la sustancia gris, que pueden resultar dañados. Contamos en la actualidad con datos que

apuntan a que los nervios de la médula espinal sufrirán daños progresivos unas horas después de la lesión inicial por culpa de las alteraciones que se producen en el tejido microvascular de las sustancias gris y blanca. La naturaleza exacta de estas alteraciones patológicas progresivas todavía no se ha identificado plenamente, pero existen luces que aclaran su fisiopatología.

### **I.3.1. DEFINICIÓN**

“El concepto de lesión medular engloba el daño a los elementos neurales contenidos dentro del canal medular y se determina por su localización y extensión”, “La lesión medular es un injuria a la médula espinal que resulta en un cambio, ya sea temporal o permanente, de su función motora, sensorial o autónoma”. (7)

Las lesiones pueden ser completas o parciales –congénitas o adquiridas– de la médula espinal o las raíces nerviosas , estas lesiones alteran una compleja red neuronal que participa en la transmisión, modificación y coordinación del control motor, sensorial y autónomo de los sistemas orgánicos, en general provoca la pérdida de los mecanismos homeostáticos y adaptativos; estas lesiones pueden ser difusas como localizadas que dan origen a una variedad de cuadros clínicos caracterizados por diferentes grados de parálisis motora o sensitiva.

Algunas alteraciones que afectan las vértebras o las meninges se conocen como lesiones extramedulares donde se produce una alteración en la conducción producida por presión directa sobre la médula o deficiencia en el aporte sanguíneo, en cambio las intramedulares cuando se ve afectada la médula propiamente tal. (8)

Las evaluaciones motoras y sensoriales de la *American Spinal Injury Association (ASIA)* se emplean para establecer el nivel de la lesión.

### **I.3.2. EPIDEMIOLOGÍA**

La mayoría de los datos fueron obtenidos a partir de la *National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC)*, base nacional de datos perteneciente a los Estados Unidos de Norteamérica.

#### **I.3.2.1. INCIDENCIA**

Se estima que la incidencia anual de las lesiones médula espinal, sin incluir los que mueren en el lugar de la accidente, es de aproximadamente 40 casos por millón de habitantes en el EE.UU o aproximadamente 12.000 nuevos casos cada año; puesto que no existen estudios de incidencia global de LME en EE.UU, desde la década de 1970, se han mantenido las tendencias. Respecto de los niveles de afección corresponden al 51,6% cervical, 46,3% torácico, lumbar y sacro, el porcentaje restante queda sin identificación. En España se estima en 2,5 por cada 100.000 habitantes/año.

#### **I.3.2.2. PREVALENCIA**

El número de personas con lesión medular en los Estados Unidos y que se encuentran con vida hasta el año 2009, ha sido estimada en aproximadamente

262.000 personas, con un rango de 231.000 a 311.000 personas. En el reino unido, la proporción de lesiones medulares incompletas ha crecido alrededor de un 65% respecto a las lesiones completas en la unidad de lesiones medulares (ULM).

#### I.3.2.3. EDAD

LME afecta principalmente a adultos jóvenes, entre los años 1973 y 1979, la edad promedio de lesiones fue de 28,7 años, y la mayoría de las lesiones ocurrió entre las edades de 16 y 30; sin embargo, como la edad media de la población general de los Estados Unidos se ha incrementado aproximadamente 8 años desde mediados de la década de 1970; desde 2005, la edad promedio de la lesión medular es de 40,2 años, y esta tendencia se debe a las tasas de supervivencia de las personas de edad en el lugar del accidente ha aumentado.

#### I.3.2.4. GÉNERO

La base de datos de los EEUU, informa que el 80,8% de las LME se han producido entre los hombres, sin embargo, a lo largo de la historia esta tendencia ha disminuido. Las lesiones del segmento cervical tienen predominio en mujeres en relación a los hombres con un 85,7% versus un 14,3%.

#### I.3.2.5. RAZA / ETNIA

Con el tiempo se ha observado una tendencia significativa en la distribución racial y étnica de las personas; entre 1973 y 1979, los porcentajes de

lesionados medulares se distribuyeron en el 76,8% de origen caucásicos, 14,2% eran afroamericanos, y el 0,9% eran asiáticos; sin embargo, desde el año 2005, el porcentaje para la raza caucásicas disminuyó a un 66,2%, se produjo un aumento al 27,0% de raza afroamericana y asiática a un 2,0%. Los hispanos presentaron un alza respecto al de 5,9% en 1970 a 12,5% entre los años 2000 y 2004, pero con un descenso a un 7,9% desde el 2005.

#### I.3.2.6. ETIOLOGÍA

Las principales causas de las lesiones a nivel medular corresponden al origen traumático siendo las caídas, accidentes automovilísticos, disparos y apuñalamientos entre otras; de causa no traumática se destacan anomalías en el desarrollo (espina bífida) y congénitas (malformaciones angiomasas), alteraciones inflamatorias (esclerosis múltiple), isquémicas, otras lesiones causadas por presión en la médula por una lesión expansiva (tumor, absceso intrínseco o extrínseco de la médula espinal), entre otras.

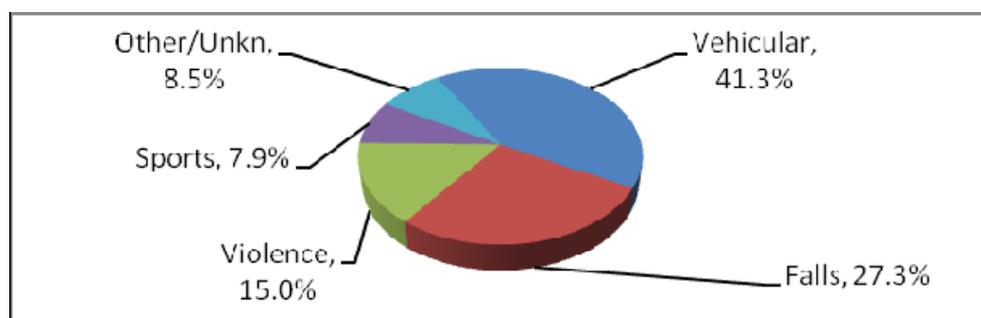


Tabla 1: *Causas de la lesión medular, año 2005 (9)*

### I.3.2.7. NIVEL NEUROLÓGICO Y EL ALCANCE DE LA LESIÓN

Las personas con tetraplejía han sufrido lesiones a nivel de uno de los ocho segmentos cervicales de la médula espinal; las personas con paraplejía pueden ser lesionados a nivel torácico, lumbar o región sacra de la médula espinal. Desde 2005, la categoría neurológica más frecuentes fue la lesión en niveles altos de tipo incompleta produciendo una tetraplejía (38,3%), seguido por paraplejía completa (22,9%), paraplejía incompleta (21,5%), y tetraplejía completa (16,9%). En los últimos 15 años, el porcentaje de personas con tetraplejía incompleta ha aumentado, mientras paraplejía completa y tetraplejía completa han disminuido ligeramente.

### I.3.2.8. COSTOS DE POR VIDA

Los costos estimados para la vida, los cuidados de salud y los gastos diarios son directamente proporcionales a la gravedad de la lesión medular espinal.

Severity of Injury	Average Yearly Expenses (in 2009 dollars)		Estimated Lifetime Costs by Age At Injury (discounted at 2%)	
	First Year	Each Subsequent Year	25 years old	50 years old
High Tetraplegia (C1-C4)	\$829,843	\$148,645	\$3,273,270	\$1,926,992
Low Tetraplegia (C5-C8)	\$535,877	\$60,887	\$1,850,805	\$1,172,070
Paraplegia	\$303,220	\$30,855	\$1,093,669	\$745,951
Incomplete Motor Functional at Any Level	\$244,562	\$17,139	\$729,560	\$528,726

Tabla 2: Costos estimados para la vida según grado de lesión (9)

Estas cifras no incluyen los costos indirectos, como las pérdidas en los salarios, beneficios sociales y la productividad con un promedio de 65,384 dólares

al año en diciembre de 2009, pero varía sustancialmente basado en la educación, la gravedad de la lesión y el empleo previo a la lesión.

La esperanza de vida (promedio de los años restantes de vida de un individuo), de las personas con LME sigue aumentando, pero todavía están algo por debajo de las expectativas de vida de la población sana. Las tasas de mortalidad son significativamente más altas durante el primer año después de la lesión que durante los años siguientes, especialmente para las personas con lesiones graves.

		Life expectancy (years) for post-injury by severity of injury and age at injury									
		For persons who survive the first 24 hours					For persons surviving at least 1 year post-injury				
Age at Injury	No SCI	Motor Functional at Any Level	Para	Low Tetra (C5-C8)	High Tetra (C1-C4)	Ventilator Dependent- Any Level	Motor Functional at Any Level	Para	Low Tetra (C5-C8)	High Tetra (C1-C4)	Ventilator Dependent- Any Level
20	58.8	52.3	44.6	39.4	35.1	18.1	52.7	45.3	40.3	36.6	24.9
40	39.9	33.9	27.2	22.9	19.4	8.0	34.2	27.7	23.6	20.6	12.1
60	22.5	17.5	12.6	9.6	7.5	1.8	17.8	12.9	10.1	8.2	3.6

Tabla 3: *Esperanza de vida en años después de una lesión medular, según gravedad y edad de la lesión. (9)*

### I.3.2.9. CAUSA DE MUERTE

En los últimos años, la causa principal de muerte entre las personas con LME fue la insuficiencia renal. Hoy, sin embargo, importantes avances en el manejo urológico que ha resultado en cambios dramáticos en las principales causas de muerte. Las personas inscritas en la base nacional de datos desde su creación en 1973 han sido seguidas durante 35 años después de la lesión. Durante ese tiempo, las causas de la muerte que parecen tener el mayor impacto en la

menor esperanza de vida para esta población son la neumonía, la septicemia y la embolia pulmonar. (9)

#### I.3.2.10. ESTADO CIVIL

Las personas solteras se lesionan con mayor frecuencia que los casados. La investigación ha indicado que entre las personas con LME cuya lesión es de aproximadamente 15 años, un tercio permanecerá soltera de 20 años después de la lesión. La tasa de nupcialidad después de la LME, anualmente alrededor de un 59% inferior al de personas en la población general de género comparable, la edad y estado civil. La tasa de divorcios cada año entre los individuos con lesión medular en los primeros 3 años después de la lesión es de aproximadamente 2,5 veces la de la población general, mientras que la tasa de matrimonios contraídos después de la lesión es de aproximadamente 1,7 veces sobre la de la población en general. El matrimonio es más probable si el paciente es profesional universitario, divorciado previamente, parapléjico, que viven en una residencia privada, e independiente en el ejercicio de actividades de la vida diaria (AVD). La tasa de divorcios entre las personas con LME que estaban casados en el momento de la lesión es mayor si el paciente es mujer joven de raza afroamericana, sin hijos, que no pueda caminar, previamente divorciada. La tasa de divorcios entre los que se casaron después de que el LME es mayor si la persona es de sexo masculino, con una educación universitaria con una lesión a nivel torácico y de divorcio previo.

#### I.3.2.11. NIVEL Y TIPO DE LESIÓN

Los niveles más común de lesión al ingreso son el C4, C5 (el más común), y C6, mientras que el nivel de paraplejia es la unión toracolumbar (T12). El tipo más común de lesión al ingreso es el nivel ASIA A.

#### I.3.2.12. TEMPORADA

LME de origen traumático ocurren con mayor frecuencia en EEUU, entre los meses de julio y en menor medida en febrero. El día más común en el que se producen corresponde al sábado, con mayor frecuencia en el día, lo que puede deberse a la mayor frecuencia de accidentes de automóvil y de los accidentes de buceo y otros deportes de recreo durante el día.

#### I.3.2.13. ABUSO DE SUSTANCIAS

La tasa de intoxicación de alcohol entre las personas que sufren lesión medular corresponde al 17 a 49%. (10)

Según la información que arroja el Centro Internacional de Rehabilitación Neurológica (CIREN) cubana, en un estudio descriptivo de la incidencia de lesiones medulares traumáticas en el periodo comprendido entre enero-diciembre del 2000, evaluados 58 pacientes se destacó un mayor porcentaje en los pacientes pertenecientes a Colombia, Argentina, Portugal, Venezuela y Chile.

#### I.3.2.14. EPIDEMIOLOGÍA CHILENA – TEMUCO

Se cuenta con los datos estadísticos que posee el instituto teletón actualizados hasta el 09 de septiembre del año 2010, de los cuales a nivel nacional existen registrados en sus institutos 125 mujeres y 48 hombres entre 21 y 33 años de edad; dentro de la comuna de Temuco, el instituto consta de un total de 33 pacientes con lesión traumática, de ellos mayores a 21 años corresponderían a 11 pacientes.

En el Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena, se cuenta con registros incompletos desde el año 2005 hasta el año 2009, con un total de 55 pacientes, lo que nos demuestra que es una población pequeña posible de reclutar.

#### I.3.3. ETIOLOGÍA

Las causas más comunes de la lesión medular son las siguientes:

- Los accidentes de transporte (44,5%), corresponde a las principales causas de LME traumáticas (LMET) en los Estados Unidos.
- Las caídas (18,1%), comúnmente en personas de edad igual o superior a 45 años. Las mujeres mayores con osteoporosis tienen tendencia a las fracturas vertebrales asociadas a lesión medular.
- La violencia (16,6%), causa común en zonas urbanas de los EEUU, a pesar de una tendencia hacia una ligera disminución. Se ha demostrado que una lesión penetrante tiende a ser de mayor riesgo que un traumatismo cerrado.

- Las lesiones deportivas (12,7%) tales como el buceo, deportes del alto impacto como lo es el rugby y las artes marciales.
- En el parto generalmente por hiperextensión lateral de cuello asociado a nacimientos podálicos.

Otras causas de LME son las siguientes:

- Trastornos en el desarrollo
- Trastornos vasculares
- Tumores
- Condiciones infecciosas
- Espondilosis
- Lesiones iatrogénicas, especialmente después de las inyecciones de la columna vertebral y la colocación del catéter epidural

No existen datos epidemiológicos para determinar la ocurrencia de LME no traumática, pero el cáncer por sí solo puede representar más LME que un trauma; espondilosis es también una causa común de la lesión medular; la LMET es más común en personas menores de 40 años, mientras que una lesión no traumática más común en personas mayores de 40 años.

## **I.3.4. CLASIFICACIONES DE LESIÓN MEDULAR**

### **I.3.4.1. SEGÚN LOCALIZACIÓN O NIVEL DE LESIÓN**

#### **I.3.4.1.1. TETRAPLEJIA**

Pérdida o disminución de la función motriz y/o sensitiva en los segmentos cervicales debido a la lesión de los elementos neurales contenidos en el canal medular. Como consecuencia se encuentra un déficit de la función motriz y/o sensitiva de los brazos, el tronco, las piernas y órganos pélvicos. No se incluyen las lesiones del plexo braquial o de los nervios periféricos situados fuera del canal neural. El compromiso puede ser completo o incompleto.

#### **I.3.4.1.2. TETRAPLEJIA COMPLETA**

Muestran una limitada recuperación neurológica, sólo un 9%, clasificados inicialmente como A. dentro de 72 horas pueden modificarse. Pacientes con lesión medular cervical completa recobran el nivel radicular en 66% a 90%. Muchas recuperaciones motoras de la extremidad superior se presentan durante los primeros 6 meses con alto índice de cambio a los 3 meses. La fuerza motora inicial constituye una predicción significativa para lograr fuerza suficiente antigravitaroria. Casi el 100% de los músculos con una fuerza inicial de 1 ó 2 alcanzan un valor de 3 a los 6 meses o al año, solo el 40% de los pacientes con fuerza inicial de 0 alcanzan el valor de 3. C4 a C5 son menores las posibilidades

de recuperación sensitiva y motora. La mayoría de la recuperación se centra a nivel proximal del nivel neurológico de la lesión.

#### **I.3.4.1.3. TETRAPLEJIA INCOMPLETA**

Muestra un mejor pronóstico en comparación con la tetraplejia completa, en la recuperación de las extremidades inferiores y la marcha, el 11- 88% de los pacientes son capaces de caminar al año.

La recuperación de la extremidad superior en las tetraplejia incompletas es aproximadamente 2 veces más grande que en las tetraplejas completas, pero el nivel sensitivo no es tan notorio al año de intervención.

#### **I.3.4.2. PARAPLEJIA**

Parálisis y anestesia en tronco y miembros inferiores. Lesión situada en los segmentos medulares desde T1 hacia abajo.

##### **I.3.4.2.1. PARAPLEJIA COMPLETA**

Es correcto referirse con ese concepto a lesiones de la cauda equina y del cono medular, pero no a las lesiones del plexo lumbosacro o de los nervios periféricos situados fuera del canal medular. Este tipo de lesión ocurre cuando sufren distintos grados de afectación medular por debajo de la última metámera cervical, es decir, en los segmentos torácicos, lumbares o sacros. La interrupción

de los mensajes de movimiento y sensibilidad afecta las extremidades de forma completa (interrupción total del mensaje nerviosos) o incompleta (interrupción parcial del mensaje nervioso). (11)

La mayor recuperación se observa a los 6 meses, cuanto más distal sea el nivel neurológico de la lesión mejor será la recuperación motora. Pacientes con lesión por debajo de T12 recuperan mayor la función motora que T10, mientras estos se recuperan más T9, la recuperación de la fuerza muscular depende de la fuerza inicial de los músculos y de la musculatura adyacente proximal. Cuanto mayor sea la fuerza inicial y mayor la de los músculos proximales, mayor será el grado de recuperación. La marcha funcional es baja <5%, pero alta 20% en los pacientes con un nivel inicial bajo T12. Solo un tercio con un nivel inicial por debajo de T9 mantienen alguna recuperación motora y casi ninguno con un nivel sobre T9. La conservación tardía después de 4 meses a un estado incompleto se consigue solo en un 4% con alguna posibilidad pronostica de recuperación. Se recuperan 1 a 2 segmentos debajo del nivel neurológico.

#### I.3.4.2.2 PARAPLEJIA INCOMPLETA

Pronóstico recuperador es mejor y la velocidad recuperativa más rápida en los 3 meses después de la lesión. Pueden recuperar todos los grupos musculares distales al nivel neurológico. La presencia de fuerza muscular inicial es significativa en la recuperación motora, aproximadamente el 85% de los músculos con alguna fuerza mejora > a 3 punto en un año, de ellos el 20% inicialmente con

puntuación 0. Cuanto más bajo sea el nivel neurológico mayor será la recuperación de los músculos con alguna actividad motora. 76% posee una probabilidad de obtener una marcha independiente, sobre T12 poseen un 63% de posibilidades respecto a los lesionados por debajo de T12.

#### I.3.4.2.3. PARAPLEJIA ESPÁSTICA

Esta lesión se caracteriza porque los músculos del paciente, por debajo de la lesión, presentan un estado de rigidez y de difícil movilización. Los estímulos en la región corporal, correspondiente a la parte inferior a la lesión, obtienen una respuesta de movimientos reflejos desordenados.

#### I.3.4.2.4. PARAPLEJIA FLÁCIDA

Los pacientes que sufren este tipo de lesión presentan los músculos blandos y sin dificultad para su movilización, por debajo de la lesión. Con el tiempo se va produciendo cierto grado de atrofia, lo que le confiere un aspecto de delgadez de las zonas afectadas (12).

### **I.3.4.3. SEGÚN NIVELES FUNCIONALES CRITERIO ASIA**

Las clasificaciones entre lesiones completas e incompletas radica en el descubrimiento de pruebas convincentes que señalan la presencia de sensibilidad que señalan la presencia de sensibilidad en los segmentos sacros inferiores, o de actividad motora voluntaria en el esfínter anal, como valiosos indicadores del propósito para la recuperación neurológica; esto implica la conservación de las vías a través de la lesión. El sistema de la ASIA define que un paciente puede tener a salvo las funciones neurológicas por debajo del nivel de la lesión, pero si no se ha librado la parte sacra, esto se clasifica como lesión completa ASIA A, en el caso de existir la zona de conservación parcial (ZPP), siempre que se haya salvado S4 – S5 el paciente se cataloga como ASIA B, C, D o E. el tiempo estimado para clasificar a los pacientes es al mes ocurrida la lesión.

#### **ESCALA DE DETERIORO DE LA ASIA**

- A: Completa, no se conserva la función motora ni la sensorial en los segmentos sacros S4-S5
- B: Incompleta, se conserva la función sensorial, pero no la motora, por debajo del nivel neurológico y se extiende hacia los segmentos sacros S4-S5.
- C: Incompleta, se conserva la función motora por debajo del nivel neurológico, y la mayoría de los músculos clave inferiores a este punto presentan una pérdida de grado muscular inferior a 3.

- D: Incompleta, se conserva la función motora por debajo del nivel neurológico, y la mayoría de los músculos clave inferiores a esta altura presentan un grado muscular superior o igual a 3.
- E: Normal, la función motora y sensitiva son normales.

#### **I.3.4.3.1. LESIONES INCOMPLETAS**

Significa algún grado de preservación de la función motriz y/o sensitiva en más de tres segmentos por debajo del nivel de lesión. Las lesiones menos graves de la médula espinal, que pueden ser trastornos patológicos son reversibles y se aprecian áreas pequeñas y dispersas con hemorragia en las sustancias blancas y gris sin interrupción de la estructura medular, a modo de ejemplo.

##### **I.3.4.3.1.1. SÍNDROME CLÍNICO MEDULAR ANTERIOR**

Lesión ventral de la médula espinal que afecta los haces espinotalámicos y corticoespinal, con una pérdida completa caudal a la lesión con desaparición de la sensibilidad al dolor y la temperatura ya que estas vías sensoriales ocupan un lugar anterolateral en la medula espinal. La conservación de las columnas posteriores mantiene intacta la propiocepción del lado ipsilateral. Puede surgir a consecuencia de una embolización de la arteria espinal anterior.

#### I.3.4.3.1.2. SÍNDROME CLÍNICO MEDULAR CENTRAL

Habitualmente provocado por un mecanismo de hiperextensión del cuello en pacientes mayores que tienen algún grado de estenosis cervical; el compromiso motor es mayor en las extremidades superiores y más proximales que distales. De mayor compromiso a nivel de C8 – T1, con un patrón de amiotrofia parética que tiene caracteres de segunda motoneurona que afecta a estos niveles y de primera motoneurona de extremidades inferiores. Suele haber arreflexia en extremidades superiores e hiperreflexia y plantares extensores en las extremidades inferiores; característico de pacientes ancianos con espondiloartrosis cervical, donde los cambios degenerativos se manifiestan con la presencia de osteofitos y posibles protrusiones discales en la parte anterior de la médula; posteriormente el ligamento amarillo se encuentra engrosado; así la médula puede comprimirse y sufrir restricción del riego sanguíneo.

#### I.3.4.3.1.3. SÍNDROME CLÍNICO DEL CONO MEDULAR

Lesión de médula sacra (cono) y de las raíces nerviosas lumbares dentro del canal lumbar que pueden sufrir avulsión, a la altura de la transición toracolumbar T12 - L1 están los segmentos S3, S4 y S5, su lesión produce parálisis esfinteriana y anestesia en silla de montar, el reflejo aquiliano puede estar conservado, la micción es inconsciente, con reflejos sacros tales como el anal y bulbocavernoso o sin ellos, la erección y eyaculación están abolidos, se presenta vejiga neurogénica, un intestino arrefléctico y unas extremidades inferiores arreflécticas; No hay dolor de tipo radicular.

#### I.3.4.3.1.4. SÍNDROME CLÍNICO DE LA CAUDA EQUINA

Daño situado a nivel de la vértebra L2 hasta el fondo del saco dural, está formado por las raíces nerviosas de L2 - L3 - L4 - L5 y S1 - S2 - S3 - S4 - S5. Caracterizado por una parálisis periférica radicular con trastornos esfinterianos. El daño a nivel de las raíces nerviosas lumbosacras dentro del canal medular, trae como resultado una vejiga neurogénica, un intestino y extremidades inferiores arreflécticos, produce parálisis flácida por lesión de los nervios periféricos que normalmente afecta niveles con interrupción variables de las raíces sacras. En las lesiones altas existe parálisis total de las piernas. En las bajas puede estar ausente o solo comprometer los segmentos distales. Hay ausencia de los reflejos anal, bulbo cavernoso y parálisis esfinteriana. Como hallazgos prominentes existe dolor urente de tipo radicular asociado a signos de irritación intensos y anestesia.

#### I.3.4.3.1.5. SÍNDROME CLÍNICO DE BOWN-SÉQUARD

Lesión hemimedular sagital caracterizado con parálisis motora ipsilateral e interrupción de la columna dorsal con anestesia propioceptiva ipsilateral y pérdida contralateral de la sensibilidad a la temperatura y el dolor. La conservación de estas propiedades en la mitad ipsilateral de debe a que el haz espinotalámico cruza al lado opuesto de la médula. Esta hemisección se debe tradicionalmente a una puñalada. Su pronóstico es favorable y casi todos los pacientes logran la deambulación. En traumatismos cerrados es muy infrecuente encontrar una hemisección medular neta.

- B-S plus a lesiones que comprometen parcialmente la médula contralateral
- B-S minus, a las que lo hacen en forma incompleta al mismo lado.

#### I.3.4.3.1.6.SÍNDROME CLÍNICO MEDULAR POSTERIOR

Produce daños en las columnas dorsales de la médula espinal alterando la sensibilidad de tacto ligero, propiocepción y vibración, con conservación de la función motora y las vías para el dolor y la temperatura. Pero como consecuencia de la pérdida de la propiocepción el paciente repercute en una profunda ataxia.

#### I.3.4.3.2. LESIÓN COMPLETA

Significa que no hay preservación de la función motriz y/o sensitiva en tres segmentos debajo del nivel de lesión. No se presenta función sensitiva ni motriz en el segmento sacro más caudal. Se produce un síndrome radicular caracterizado por parálisis flácida arrefléxica y atrofia muscular, así como el síndrome sublesional dado por síntomas motores, sensitivos y vegetativos (mareos, visión borrosa, pérdida de conciencia, trastornos de la termorregulación, esfinterianos y tróficos), esto por motivo de un desgarró o magullamiento graves a nivel de la lesión. En los adultos, esta lesión suele asociarse con frecuencia con la alteración del conducto óseo que se produce tras la fractura o fractura-luxación. En los niños, con frecuencia no se aprecian pruebas radiológicas patentes de daños significativos en la columna vertebral

## **I.4. HISTORIA NATURAL DE LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA**

**TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR (TRM):** incluye todas las lesiones traumáticas que afectan las diferentes estructuras osteoligamentosas, cartilaginosas, musculares, vasculares, meníngeas, radicales y medulares de la columna vertebral a cualquiera de sus niveles.

### **I.4.1 DEFINICIÓN**

“La lesión de la médula espinal traumática, es un evento catastrófico, un proceso dinámico, evolutivo y multifásico a partir del momento en que se produce el traumatismo, afectando la conducción sensorial y motora desde el sitio de la lesión siendo manifestado tanto en los dermatomas como miotomas correspondientes”; “La lesión medular traumática es una alteración del tejido medular tras un traumatismo, clínicamente se caracteriza por la pérdida funcional por debajo de la lesión, ya que hay una interrupción de las vías aferentes y eferentes que comunican los centros neurológicos superiores con los efectores periféricos. Suele acompañarse de algún tipo de fractura o luxación de los elementos vertebrales”.

### **I.4.2. EPIDEMIOLOGÍA**

- El traumatismo raquimedular habitualmente afecta a personas jóvenes en etapa reproductiva, representando un problema económico para los sistemas de salud

dado el alto costo que implica su tratamiento en la etapa aguda y posterior rehabilitación.

- A nivel mundial la lesión medular de tipo traumática posee una incidencia anual de 15 a 40 casos por millón de personas, por motivos de accidentes en vehículos motorizados y actos de violencia, actividades recreativas, deportivas o de trabajo.
- En el congreso anual de la *International Spinal Cord Association* (2001) se calculó que unas 17,2 personas por millón de habitantes sufren en Europa una lesión medular traumática al año y 8 personas por millón de habitantes experimentan una LM no traumática.
- 47% se determinan como paraplejia, y 53% en cuadriplejía. El 60% ocurren en columna torácica, y el 48% de las lesiones en columna cervical son completas. En EEUU se ha documentado en el año de 1989 48,700 personas fallecidas en accidentes por vehículos de motor y 30,000 civiles murieron a causa de las heridas por proyectil de arma de fuego HPPAF. (13) (14)
- El TRM tiene una incidencia anual en Chile que fluctúa entre 11,5 – 53,4 por millón de habitantes.
- Publicaciones indican que el daño sobre la médula espinal permanece sin ser reconocido entre el 4 a 9% de los individuos que lo padecen.
- El único tratamiento conocido hasta la fecha para mejorar la disfunción neurológica que se produce en o por debajo del nivel de lesión neurológica se basa en la terapia con metilprednisolona por vía intravenosa.

- En la actualidad las heridas por proyectil ocupan aproximadamente el 13% de todos los casos de lesión a nivel medular y/o raquídeo aumentando a 14% si se toman en cuenta todas las heridas penetrantes (arma blanca, punzo-cortantes, etc.) en la literatura se habla de que más del 60% de casos ocurre en edades entre 15 y 29 años y otro 23% en pacientes de 30 a 34 años.
- El intervalo de edad de 20 – 39 años con un 45%, seguido por los 40 – 59 años correspondiente al 24% y los de 0 – 19 años siendo el 20%, los mayores de 60 años muestran una menor incidencia con el 11%.
- El daño medular puede derivar de un traumatismo en un 84% de los casos y de origen no traumático con un 16%.
- De los pacientes con traumatismos mayores, el 5% presenta inestabilidad a nivel de la columna cervical, de ellos, 2/3 (3,3%) se presentan sin déficit neurológico.
- La columna dorsal desde T1 a T10 posee una considerable estabilidad intrínseca debido a la presencia de la parrilla costal y a su relativa inmovilidad, se produce lesión a menos que se presenten múltiples fracturas costales concomitantemente.
- La columna toracolumbar desde T11 a L2 es una zona de transición entre una región torácica relativamente rígida y la región lumbar, que posee un rango de movilidad mayor, corresponde al segundo sitio más común de fracturas vertebrales y luxaciones, generándose lesiones inestables.
- Entre un 25 a 50% de los pacientes con TRM también tiene un severo traumatismo encéfalo craneano asociado, usualmente con pérdida de

conciencia, amnesia postraumática y a veces con déficit neurológico severo por hematomas intracraneales.

#### I.4.2.1. ESPERANZA DE VIDA

Aproximadamente entre el 10 y 20% de los pacientes que han sufrido una LME traumática, no sobreviven a la hospitalización aguda. Los pacientes mayores de 20 años en el momento de sostener una LME tienen una esperanza de vida de aproximadamente 33 años (pacientes con tetraplejia), de 39 años (los pacientes con tetraplejia baja), o 44 años (pacientes con paraplejia). Las personas mayores de 60 años en el momento de la lesión tienen una esperanza de vida de aproximadamente 7 años (pacientes con tetraplejia), 9 años (los pacientes con tetraplejia bajo), y 13 años (pacientes con paraplejia). La tasa anual de mortalidad para los pacientes con LME aguda es 750 a 1000 muertes por año en los EE.UU. Un estudio realizado en el año 2006 por Strauss y sus colegas informaron que entre pacientes con lesión medular incompleta, durante los críticos primeros dos años después de una lesión, se produjo una baja del 40% de la mortalidad se produjo entre 1973 y 2004.

- Desde 2005, los accidentes automovilísticos representan el 41,3% de los casos de LMET; la segunda causa más común son las caídas, la proporción de lesiones que son debido a los deportes ha disminuido con el tiempo, mientras que la proporción de lesiones producidas por caídas se ha incrementado. La violencia causó el 13,3% de lesiones de médula espinal antes de 1980, y

alcanzó su punto máximo entre 1990 y 1999 con un 24,8% antes de disminuir a sólo un 15,0% desde 2005.

#### I.4.2.2. LESIONES ASOCIADAS

Otras lesiones se asocian son las fracturas de huesos (29,3%), pérdida de conciencia (17,8%), y lesiones cerebrales traumáticas que afectan emocional / el funcionamiento cognitivo (11,5%).

- La mayor ocurrencia de lesión ocurre entre los niveles T11 –L1, siendo las fracturas por compresión en un 66%, por distracción en un 15% y por rotación axial en un 19%.
- Incidencia global de compromiso neurológico, desde radiculopatía a paraplejia corresponde a un 22%.
- El compromiso neurológico según tipo de lesión corresponde por tipo A: 14%, B 32% y C 55%.
- En un estudio de epidemiología de lesiones traumáticas de la columna vertebral del año 2008, se ha presentado la causa más común de accidente fue la caída de alta energía.

#### I.4.3. ETIOLOGÍA

Las causas de trauma espinal son varias, la más frecuente es el trauma automovilístico, generalmente asociado a la ingestión de alcohol. Otras causas son los accidentes industriales y de la construcción, los accidente deportivos, y el trauma como resultado de la inseguridad: heridas cortopunzantes y heridas por

arma de fuego. El trauma espinal en gran parte es prevenible, conviene impulsar campañas de uso del cinturón de seguridad, uso prudente del alcohol, uso del casco en las construcciones e industria y por parte de motociclistas y ciclistas. De igual forma es útil educar a la población general sobre cómo introducirse en el agua piscina o río con los pies inicialmente y no lanzándose de cabeza.

En un estudio epidemiológico de lesiones traumáticas de la columna vertebral, que incluyó a pacientes con fractura vertebral, que fueron atendidos en un centro Alemán de parapléjicos entre los meses de enero del año 1996 y diciembre del año 2000, se reunieron 562 casos de los cuales una simple caída o tropiezo forman el 20% de las hospitalizaciones, veintinueve pacientes (5,2%) sufrieron una fractura de columna como resultado de actividades relacionadas con el deporte.

#### **I.4.4 FISIOPATOLOGÍA**

Dependiendo del mecanismo traumático, el daño neural ocurre por compresión (pinzamiento) o elongación, a los que se agregan edema y/o hemorragia y/o isquemia y eventualmente prolapso masivo discal; excepcionalmente un hematoma intrarraquídeo puede ser causa de compresión, se puede agravar el cuadro con una raquiostenosis relativa de tipo constitucional o degenerativa.

En el sistema nervioso central, el proceso de establecimiento de nuevas conexiones como ocurre en el sistema nervioso periférico no es posible, ya que cuando hay una lesión a nivel medular, el daño inicial se ubica en el epicentro,

induce un proceso de isquemia e inflamación que provoca la muerte neuronal primaria, debido a la presencia de radicales libres de oxígeno. Con el tiempo la lesión se extiende y se produce la muerte neuronal secundaria, que acaba con más neuronas que en la fase primaria. (15)

Existen muchos obstáculos en la regeneración del SNC, como por ejemplo la presencia de sustancias como proteoglicanos y los derivados de la mielina son barreras que impiden el crecimiento axonal.

La médula espinal dañada, sigue una secuencia temporal de cambios anatomopatológicos distribuidos en *3 fases de trauma medular*:

#### I.4.4.1. FASE AGUDA

Primeras 24 horas, en esta fase el trauma en la médula espinal destruye la barrera hematoencefálica y los vasos sanguíneos locales inmediatamente, ocasionando una alteración en la microvasculatura de la sustancia gris, induciendo hemorragias petequiales, de esta forma las células sanguíneas y las proteínas del suero invaden al área lesionada, representada por la presencia de edema dándose primero en la porción central del cordón espinal y se expande de manera centrifuga a la sustancia blanca, esta formación de edema es máxima en los primeros días después de la lesión, y provoca una compresión en el tejido produciendo una variación anormal de electrolitos, induciendo a la liberación de bradicininas, citocinas, histaminas y óxido nítrico que a su vez contribuyen a

aumentar la permeabilidad vascular. La destrucción capilar causa isquemia, así como anoxia e hipoglucemia. La necrosis y la degeneración de la mielina de los axones dañados siguen las 8 a 24 horas siguientes, ya a las 48 horas los fagocitos sanguíneos se acumulan localmente para eliminar la mielina degenerada y otros residuos celulares. La sustancia gris se ve afectada principalmente por los cambios de flujo sanguíneo y la hipoperfusión postraumática que inducen a la muerte neuronal primaria; la sustancia blanca es más resistente a los efectos de la hipoxia e isquemia, aunque una vez con la lesión se produce hiperemia inicial y una isquemia posterior afectándose. Los factores que influyen en la reducción del flujo sanguíneo microcirculatorio son los tromboxanos, leucotrienos, el factor activador de plaquetas, la serotonina y los opioides endógenos; se provoca además cambios metabólicos tempranos causados por el decremento lineal en la presión parcial de oxígeno en el sitio de la lesión, que persisten horas después de ésta. En las primeras cuatro horas tras el trauma, las concentraciones de fosfato de alta energía decrecen, el rango metabólico se deprime y el ambiente medular se vuelve predominantemente anaeróbico. Entre las 4 y 24 horas después, el metabolismo se hace oxidativo en el tejido que permanece viable, originando acidosis láctica.

Las variaciones leves sobre las concentraciones de iones como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en el fluido intersticial perturban la excitabilidad y la transmisión sináptica; las alteraciones de iones calcio son de vital importancia pues este regula la permeabilidad para el sodio y potasio durante la excitación neuronal, controla la actividad de muchas enzimas críticas y almacenamiento de neurotransmisores en las vesículas sinápticas. Se acumula calcio intraaxonal durante los primeros 30

minutos tras la lesión reduciendo la concentración extracelular, esta concentración intraaxonal aumenta con el paso del tiempo llegando a un máximo a las 8 horas de la lesión permaneciendo elevado durante al menos una semana, este exceso de calcio provoca un efecto nocivo sobre la función de las neuronas que aún permanecen vivas y les puede causar su muerte, además esta concentración activa las fosfolipasas dependientes de calcio, como la fosfolipasa C y A<sub>2</sub>, alterando la membrana celular con producción de ácido araquidónico, cuyo metabolismo produce tromboxanos, leucotrienos y radicales libres de oxígeno, que promueven daño tisular e inflamación, además, esta elevación de calcio intracelular estimula la liberación de aminoácidos excitatorios como glutamato y aspartato, cuya concentración extracelular máxima ocurre pocos minutos después del trauma, resultando altamente tóxicos para las neuronas que no han sufrido daño; al modificarse la concentración de calcio lo hacen los niveles de potasio extracelular que se elevan en la fase aguda postraumática, puesto que se activa la fosfolipasa dependiente de Ca<sup>++</sup>, hidrolizando fosfolípidos y liberando ácidos grasos polisaturados que se acumulan, el pico inicial ocurre entre 5 y 15 minutos posteriores a la lesión, luego se regula, volviendo a un segundo pico que se correlaciona fuertemente con el grado de daño irreversible. El origen de los radicales libres de oxígeno después de una lesión en la médula espinal se debe a la actividad de los macrófagos que atraviesan la barrera hematoencefálica destruida, además de la muerte de eritrocitos que provee una fuente de hierro que cataliza la formación de estos radicales que acaban con las proteínas, lípidos y ácidos grasos nucleídos, lo cual permite la formación de lipoperóxidos y destruyen las membranas celulares de células que no han sufrido daño.

La respuesta inflamatoria se mantiene por varios días, incluyendo daño endotelial, liberación de mediadores proinflamatorios como las interleucinas IL1 e IL6, el factor de necrosis tumoral TNF  $\alpha$  y las proteínas inflamatorias de macrófagos MIP -1 $\alpha$  y  $\beta$ .

Los oligodendrocitos dañados exponen unas proteínas específicas denominadas Nogo y están relacionadas con el crecimiento axonal, conforman proteínas inhibitorias que reaccionan con un anticuerpo NI-1, desencadenando otra respuesta inflamatoria.

#### I.4.4.2. FASE SUBAGUDA

Primera semana tras el trauma, en esta etapa sobreviene la reactivación de las células gliales como consecuencia de la necrosis, hemorragia e isquemia local posteriores al trauma medular. Durante la primera semana después del trauma, se conforman las zonas de penumbra isquémica es las que tendrá lugar la muerte neuronal secundaria, donde se formaran cavidades y quistes durante la fase crónica; esto quistes formados principalmente por glía reactiva, involucrando a la microglia y astrogía, así como a poblaciones de células periféricas en el área de la lesión, denominados astrocitos reactivos, que muestran incremento en la expresión de filamentos intermedios que son reconocidos por anticuerpos contra la proteína fibrilar acida de la glía GFAP, alcanzando su máximo al día 14 de la lesión permaneciendo hasta 28 días después. Esta glía reactiva representa el intento del sistema nervioso por aislarse de las influencias incontroladas del resto del

organismo constituyendo una cicatriz glial o *glía limitans*, siendo el mayor obstáculo para la restitución de las conexiones lesionadas. Adicionalmente, los fibroblastos del tejido conjuntivo adyacente proliferan sobre la capa de astrocitos fibrosos, depositan colágeno y completan la formación de una verdadera barrera que separa las neuronas que antes de la lesión estaban conectadas; se manifiesta una forma de adaptación en las neuronas que han perdido su inervación original, siendo inervadas por neuronas no dañadas ubicadas cercanamente.

La invasión del sitio de lesión por las células de Schwann, células meníngeas y los fibroblastos; las primeras con capaces de migrar desde el SNP al SNC en presencia de daño y se han implicado en procesos de recuperación en lesiones incompletas, existe en el proceso de recuperación un aumento de la concentración del factor de crecimiento fibroblástico básico (FGF-2), que promueve la proliferación de fibroblastos y angiogénesis; tanto las células de Schwann como los fibroblastos y los macrófagos depositan material de matriz extracelular, como la laminina, fibronectina y colágeno de diferentes tipos que quizá estén implicados en la recuperación funcional de las lesiones medulares incompletas.

En la fase subaguda existen dos momentos en que ocurre infiltración de células inflamatorias, primero ocurre infiltración de granulocitos polimorfonucleares que dependen de la hemorragia en el sitio de la lesión, pues, los productos de la hemoglobina son fuertes quimioatrayentes de éstos e inducen neuronofagia y astrofagia; durante el segundo episodio lo hacen las células de linaje monocito-macrófagos-microglial, que fagocitan el tejido muerto, las células

microgliales se reactivan y adquieren morfología ameboide, expresan moléculas de los complejos de histocompatibilidad clase I y II (MHC I y II, el receptor de la fracción C3 del complemento y el marcador de activación de macrófagos ED1; esta activación como proceso graduado que depende de la severidad de la lesión, comenzando en la zona central de la medula espinal y se extiende a la sustancia gris y blanca adyacente. Las células inflamatorias pueden persistir por semanas dentro de las cavidades, una vez que se rompe la glía limitans y se dañan las células dendríticas, la microglia residente y las células mononucleares reclutadas facilitan la exposición y la presentación de antígenos en el contexto de MCH clase II, que junto con sustancias coestimuladoras como citocinas proinflamatorias (IL2, IFN $\gamma$  y Th2), favorecen la activación y expansión del repertorio autorreactivo de los timocitos CD4 positivos que desarrollan posteriormente el proceso autoinmune.

#### I.4.4.3. FASE CRÓNICA

Segunda semana en adelante, en esta fase el proceso degenerativo de la médula espinal continúa y se extiende a lo largo del sitio de lesión primaria, la destrucción neuronal se extiende en razón al tiempo y al espacio. La muerte neuronal secundaria o tardía comienza uno o dos días después de la lesión y es responsable de la muerte de más neuronas que las que ocasiona la muerte neuronal primaria. El tejido neuronal (neuronas y glía) cercano al área lesionada o conectado con ella, presenta actividad eléctrica y actividad funcional deprimidas,

esta zona se denomina zona de penumbra en las lesiones isquémicas, evoluciona hacia una lesión secundaria y es responsable de la pérdida de función neuronal, en la mayoría de los traumas dirigidos a cerebro y médula espinal. Las lesiones son permanentes pues los axones lesionados no se regeneran y las neuronas muertas no son remplazadas.

Las fases de trauma medular agudo y subagudo se resuelven en varios días, semanas o meses después de la lesión, los macrófagos fagocíticos desaparecen del área lesionada y dejan una cavidad llamada quiste, carente de células, llena de fluido cerebroespinal rodeada de glía reactiva. La pérdida de mielina depende del tiempo y empieza a las 24 horas de la lesión, a los 7 días se presentan los axones sin protección de mielina y la desmielinización se incrementa después de dos semanas, debido al efecto de las células inflamatorias que entran en la segunda fase de migración; a las 3 semanas, algunas fibras presentan degeneración walleriana y pérdida del diámetro axonal. En zonas adyacentes a la lesión medular se encuentran formas inmaduras de oligodendrocitos no dañados, estos precursores, al madurar, son capaces de remielinizar algunos axones y la depleción de macrófagos es concomitante con la remielinización. Cerca de la entrada de la raíz dorsal, en lesiones con degeneración walleriana extensiva, se ha identificado remielinización debida a células de Schwann; se ha reportado regeneración axonal endógena debida a factores tróficos que liberan las células de Schwann, que son capaces además, de regenerar axones. Esto implica que cuando existe una lesión medular, los factores de crecimiento de tipo neurotróficos, ya sea producido por células de Schwann o administrados exógenamente, pueden inducir a regeneración

axonal, pero hay que tomar en cuenta que esta capacidad decrece cuando más tiempo pase después del trauma inicial. (16)

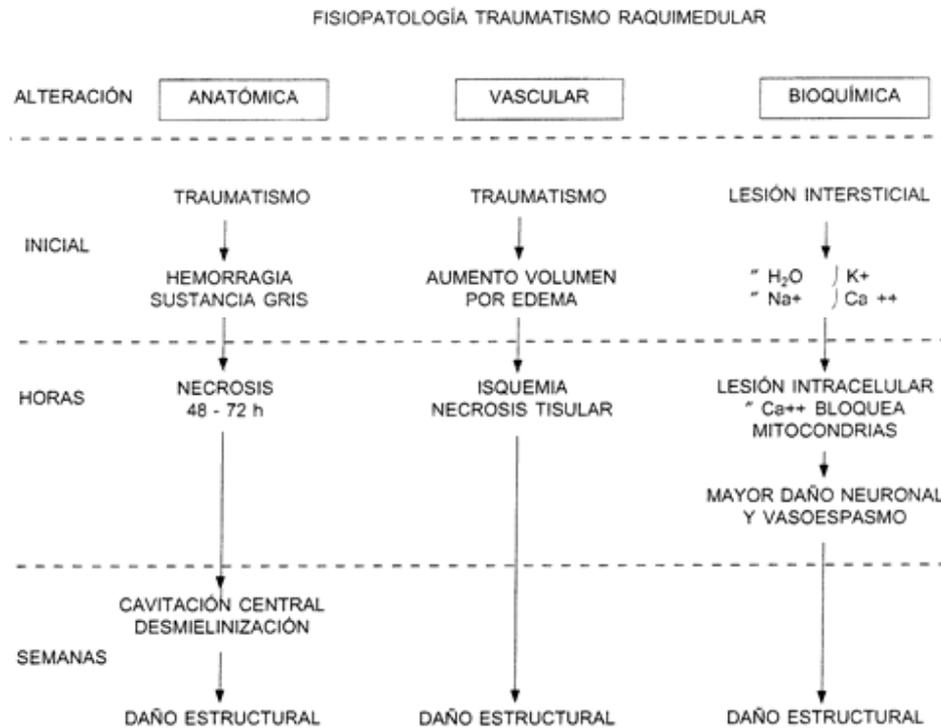


Figura 4: Fisiopatología del traumatismo raquimedular (17)

#### I.4.5. CHOQUE ESPINAL

Cuando la médula es dañada de forma súbita y completa, ocurren tres alteraciones funcionales simultáneas:

- Parálisis completa por debajo del nivel lesionado
- Abolición de la sensibilidad

- Pérdida de las funciones reflejas en todos los segmentos de la médula espinal que comprende, tanto de los reflejos osteotendíneos como autonómico. Esta última alteración se le denomina choque espinal.

El choque medular se produce sólo en las lesiones completas; esta condición afecta las funciones reflejas del músculo estriado, vejiga, intestino, función sexual y control autonómico. El tono vasomotor, la piloerección están temporalmente perdidas. La piel pierde calor con facilidad si se deja descubierta. Se produce incontinencia por rebalse, retención fecal o íleo paralítico. Los reflejos genitales están ausentes. La duración de esta condición es muy variable, desde meses a años, incluso puede ser permanente, sin embargo la mayoría de los pacientes con actividad refleja mínima reaparece en lapsos de unas seis semanas.

La causa parece ser la súbita interrupción de los sistemas descendentes de fibras suprasegmentarias que normalmente tienen a las neuronas espinales en un estado continuo de despolarización subliminal.

Usualmente después de pocas semanas, los reflejos responden a la estimulación, primero débiles y luego exaltados. Gradualmente aparece el patrón típico de flexión, Babinski y respuesta triple flexión asociados a vejiga e intestino neurogénicos. Hay espasmos de los flexores y tendencia a contracturas.

La hiperactividad neuronal producida por la supresión de los estímulos inhibidores suprasegmentarios, se puede deber tanto a la exaltación del reflejo miotónico, como a hipersensibilidad neuronal a los neurotransmisores.

#### I.4.5.1. VEJIGA NEUROGÉNICA

Para preservar la continencia y posponer el vaciamiento vesical depende de un control supraespinal, el almacenamiento y evacuación de la orina depende de un arco reflejo espinal; el arco tiene su aferencia en los receptores de estiramiento de la pared vesical, se integra por vía parasimpática al centro sacro de la micción (S2 a S4), del cual emerge la eferencia, por vía parasimpática a través de nervios pélvicos al músculo detrusor. Pero un grupo de fibras no termina en el centro sacro, sino que sube hacia otro centro miccional situado en la formación reticular pontomesencefálica y de aquí hacia centros subcorticales y corticales ubicados en los lóbulos frontales, luego descienden a la sustancia gris sacra de S2 a S4, que tienen neuronas motoras del músculo detrusor. Las fibras de los centros corticales y subcorticales descienden hacia los núcleos de las neuronas de los nervios pudendos en S2 a S4, que van a terminar en el músculo estriado que esta alrededor de la uretra.

- CLASIFICACIÓN DE LA VEJIGA NEUROGÉNICA:

#### VEJIGA NEUROGÉNICA REFLEJA

Este tipo de lesión ocurre sobre los niveles sacros y bajo en nivel de la formación reticular; en la mayoría de los casos hay poliaquiuria, incontinencia e incapacidad para inicial la micción voluntaria. Aumenta el residuo vesical. En lesiones sobre T5 la disfunción vesical puede producir hiperactividad automática con bradicardia, hipertensión, cefalea y diaforesis. El paciente no se da cuenta de

que la vejiga está llena. La vejiga se llena hasta cierto límite y luego se vacía de forma refleja. Se inicia con el arco reflejo sacro de S2, S3 y S4, y el vaciamiento puede iniciarse dando palmaditas sobre el abdomen.

#### VEJIGA NEUROGÉNICA AUTONÓMICA

Correspondiente a lesiones de los segmentos de T12, cono medular y cauda equina, ocurre durante la fase de choque espinal, generalmente existe retención urinaria pero incapacidad de iniciar la micción e incontinencia, el residuo vesical está aumentado.

#### VEJIGA NEUROGÉNICA MOTORA PARALÍTICA

Ocurre en lesión de las fibras del detrusor o sus neuronas en la médula sacra, se produce retención urinaria dolorosa, con dificultad de vaciamiento y marcado aumento de residuo vesical; puede aparecer asociado a estenosis del canal lumbar o luego de cirugía pelviana.

#### VEJIGA NEUROGÉNICA PARALÍTICA SENSITIVA

Ocurre por compromiso de las vías aferentes de la vejiga o por lesiones cordinales posteriores a los tractos espinotalámicos a nivel de la médula. El

paciente mantiene la iniciación voluntaria de la micción. Hay retención urinaria e incontinencia por rebalse.

## **I.4.6. CLASIFICACIONES**

### **I.4.6.1. SEGÚN MECANISMO LESIONAL**

#### **I.4.6.1.1. MECANISMO DIRECTO**

Mecanismo menos frecuente ocurren debido a la aplicación de energía en el mismo punto donde se produce la lesión de la columna vertebral, ejemplo caída de un árbol cayendo directamente sobre la columna, así como, lesión medular producida por caída de alguno objeto contundente en la región posterior del cuello provocando fracturas de los procesos espinosos de C6 ó C7. Acción directa sobre la columna vertebral que implique compromiso medular.

#### **I.4.6.1.2. MECANISMO INDIRECTO**

Mecanismo más frecuente, que produce lesión no necesariamente en el sitio de aplicación de energía en el cuerpo del paciente, provocando diferentes movimientos de la columna según el mecanismo de acción. La fuerza producida se transfiere a los componentes vertebrales ya sea con el tronco fijo o en desplazamiento, estas fuerzas al sobrepasar los límites de resistencia ósea o elasticidad de las partes blandas, se producirán diferentes lesiones. Los

mecanismos simples corresponden al de flexión, extensión y compresión axial, pero además, se puede agregar el componente de rotación o flexión lateral (inclinación). (17)

#### **I.4.6.2 SEGÚN INMEDIATEZ**

##### **I.4.6.2.1.LESIÓN INMEDIATA O PRIMARIA**

Desgarro o contusión de la médula subyacente al desplazamiento de fragmentos óseos, discos o ligamentos; esto origina una pérdida de axones debido a la lesión de la sustancia blanca.

##### **I.4.6.2.2. LESIÓN SECUNDARIA**

Pérdida de sustancia gris como un proceso secundario que incluye cambios en la permeabilidad de la membrana celular, la liberación de factores químicos y la llegada de células sanguíneas y productos que intervienen en la respuesta a la lesión y la posterior reparación; en el proceso se produce edema e incremento de la presión medular que afecta el riego sanguíneo arterial como venoso que culmina con una isquemia, falta de proteínas y fracaso en la eliminación de los restos de la lesión.

### **I.4.6.3 SEGÚN ESTABILIDAD**

Basándose en 4 criterios para definir como inestable un TRM cervical, tomando en consideración la *complicación neurológica medular y/o radicular, lesión discoligamentosa predominante, compromiso óseo de las 3 columnas, todo accidente de muy alta energía.*

#### **I.4.6.3.1. LESIÓN ESTABLE**

Generalmente ocurre en una fractura por compresión del cuerpo vertebral con afección leve o moderada de la columna anterior, que debe ser confirmado con la interpretación imagenológica de radiografías – TAC – RM, mediante la lectura metodológica y correlacionada con el mecanismo de lesión, permitiendo establecer la magnitud del daño anatómico y del grado de estabilidad o inestabilidad consecuente.

#### **I.4.6.3.2. LESIÓN INESTABLE**

Se define como *inestabilidad vertebral*: “la insuficiencia biomecánica para mantener el alineamiento de la columna bajo cargas fisiológicas, con riesgo de daño neurológico y/o deformidad progresiva, que puede llevar a una disfunción dolorosa”

#### I.4.6.3.3. INESTABILIDAD MECÁNICA

Significa lesión de dos columnas, en las que existe movilidad anormal son lesión neurológica.

#### I.4.6.3.4. INESTABILIDAD NEUROLÓGICA

Es aquella lesión estable mecánicamente, pero con afección neurológica, ocurrida por ejemplo en una fractura por estallido del cuerpo con invasión del canal medular.

#### I.4.6.3.5. INESTABILIDAD COMBINADA

(Mecánica y neurológica) es aquella en la que existe lesión de las tres columnas, ejemplo una fractura o luxación. (18)

### **I.4.6.4 SEGÚN NIVEL**

#### I.4.6.4.1. TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR CERVICAL

Las lesiones agudas que cursan con tetraplejía se pueden evidenciar la existencia de un choque medular, concepto funcional no anatómico. En el cual existe una ausencia de toda función refleja bajo el nivel de lesión, fenómeno que

está determinado por la supresión brusca de los impulsos inhibitorios procedentes de la corteza cerebral; la recuperación de la actividad refleja y autónoma de la medula bajo el nivel lesional evidencia la salida de este estado, sin embargo no se correlaciona directamente a una recuperación funcional. Se utiliza el reflejo bulbo cavernoso que se recupera en un plazo de 24 a 48 horas en el 90% de los casos.

#### I.4.6.4.2. TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR TORACOLUMBAR

Las alteraciones por causa traumática a nivel toracolumbar, requieren un mecanismo de alta o muy alta energía para producir desplazamientos patológicos; cuando estos se producen provocan daño neurológico.

#### **I.4.7. FACTORES DE RIESGO**

- Parto por vía vaginal, el feto nace con una hiperextensión de cabeza o de cuello.
- Parto de nalgas
- Distocia grave de hombros
- Ser mayor de 60 años o menor de 2 años
- Presencia de una fractura base (19)
- Convulsión postraumática (20)

Los factores modificables se pueden clasificar antes del evento traumático, durante el evento y posterior al evento, tales como el uso de casco, el alcohol y otras drogas, la inexperiencia y la formación de conductores, visibilidad de los vehículos tales como motocicletas, otorgamiento de licencias y las conductas de riesgo han se ha identificado recientemente como una contribución a este riesgo.

(21)

#### **I.4.8. SÍNTOMAS Y SIGNOS**

A nivel medular la energía traumática absorbida provoca hemorragia de la sustancia gris, asociada a necrosis, edema, isquemia, cavitación, desmielinización y daño estructural. A nivel del intersticio aumenta la cantidad de agua y sodio, disminuyendo el potasio y calcio. A nivel intracelular aumenta el calcio produciendo lesión mitocondrial con daño neuronal y vasoespasmo.

Existe un número de patrones de déficits neurológico característicos que pueden verse desarrollados en el TRM. El Shock Neurogénico se ve luego del daño que ocurre desde T6 hacia proximal. Se caracteriza por arreflexia, pérdida de la sensibilidad y parálisis flácida bajo el nivel de la lesión, acompañado de una vejiga flácida con retención urinaria y un esfínter anal laxo.

- Las manifestaciones cardiovasculares asociadas incluyen bradicardia e hipotensión.
- El daño medular completo se distingue del parcial porque el primero no tiene función motora ni sensitiva, en cambio el parcial tiene preservación de la función motora y/o sensitiva bajo el nivel del daño. Los pacientes con lesión

parcial pueden recuperar sustancialmente o incluso completamente la función neurológica, incluso en casos con déficit neurológico inicial severo. El daño medular completo es de regla en los pacientes con fracturas torácicas y dislocaciones a ese nivel, debido a que el canal espinal en la región torácica es pequeño en relación con el tamaño de la médula espinal. Pese a que los pacientes con daño medular completo que persiste por más de 24 horas pueden recuperar alguna de sus funciones motoras o sensitivas posteriormente, lo usual es que ésta no se recupere en ningún grado importante.

- Los daños bajo L1 o L2 afectan más a los nervios periféricos de la cauda equina que a la médula espinal. Los pacientes con daño a este nivel pueden tener una recuperación sustancial de los nervios periféricos que inervan los esfínteres y las extremidades inferiores.
- La siringomielia postraumática corresponden a cavidades llenas de líquido en la médula espinal, encontrándose entre el 0,3 a 3% de los pacientes, su patogenia se desconoce pero la causa podría ser las grandes diferencias de presión entre el nivel superior e inferior de la lesión medular. Se manifiesta con hiperhidrosis, empeoramiento de la espasticidad si es que se presenta, déficit neurológico ascendente y alteraciones de los programas vesicales e intestinales, aumentando los síntomas tras la maniobra Valsalva.

#### I.4.8.1 TORACOLUMBARES

Si el patrón motor es de paraplejia, debe diferenciarse si es sólo radicular por compromisos de la cauda equina, si es medular o si es mixto; luego es

necesario establecer el nivel lesional tomando en consideración los hallazgos motores, sensitivos y alteración de los reflejos.

- DOLOR RADICULAR O PARESTESIAS, siguen un trayecto del segmento afectado semejando una neuralgia intercostal.
- ALTERACIÓN DEL CONTROL VASOMOTOR, manifestadas en lesiones sobre el nivel de T5. Se traduce en episodios de ALTERACIÓN AUTONÓMICA (disreflexia autonómica). La distensión del recto o vejiga pueden provocar hipersudoración, vasodilatación cutánea, hipertensión, cefalea y bradicardia refleja.
- Lesión en el nivel T6, existe hipotensión, debilidad de abdominales, a este nivel o sobre este nivel sufren disreflexia autonómica, donde la inervación simpática esta desconectada del control supraespinal, a la vez que el riesgo de producir excesivas respuestas eferenciales.
- PRESENCIA DEL SIGNO DE BEEVOR; que consiste en una maniobra que tensa los musculo abdominales, que al solicitar al paciente elevar la cabeza del plano de la cama se produce una elevación del ombligo, manifestándose en lesiones bajo T10.
- ALTERACIÓN DE LOS REFLEJOS SUPERFICIALES CUTÁNEO-ABDOMINALES, ausentes en lesiones sobre el nivel de T6, alterados a lesiones bajo T10 e indemnes bajo lesiones de T12.
- PRESENCIA DE NIVEL SENSITIVO ORIENTADOR, pero si hay un nivel motor diferente se le otorga mayor importancia a este último.
- REFLEJO ANAL Y BULBO CAVERNOSO, presentes en lesiones de cono y cauda equina; si están exaltados la lesión esta sobre el engrosamiento lumbosacro y

nos está indicando indemnidad de los segmentos sacros y sus correspondientes niveles radiculares.

## **I.4.9. CURSO CLÍNICO DE LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA**

### **I.4.9.1. DIAGNÓSTICO**

Las lesiones medulares que abarcan los segmentos torácicos entre T2 y T12, son de difícil diagnóstico topográfico, dado que el compromiso de las extremidades inferiores puede ser similar en todos los niveles. Sin embargo, existen algunos elementos semiológicos que evaluados cuidadosamente son orientadores del nivel comprometido.

Las lesiones de los segmentos lumbares L1 a L5 y los segmentos sacros de S1 a S2 pueden localizarse de forma más confiable con la ayuda de la exploración miométrica y de los reflejos osteotendíneos.

Para establecer el diagnóstico de la lesión y determinar que niveles han sido afectados, es necesario abarcar todas las aristas, descartar y enmarcar dentro de que aspecto podemos clasificarlo, es necesario determinar la clasificación de la ASIA y en nivel funcional estimado a través de una escala de medida de la independencia funcional (FIM). Esto se complementa con la exploración respiratoria, el control de la movilidad de todas articulaciones en ausencia o presencia de fracturas asociadas, el balance muscular de músculos sanos y presumiblemente afectados (evaluación de fuerza muscular según Kendall o Test

Muscular Manual MMT), el nivel de espasticidad valorada mediante la escala de Ashworth y posibles deformidades producidas por hematomas o edemas. En el aspecto funcional hay que tomar en cuenta los cuidados de las articulaciones, músculos y máxima alineación corporal (posición anatómica de las extremidades) en decúbito supino, así como en la función respiratoria, no obstante, no se puede olvidar a priori que el paciente, además de no mover parte de su cuerpo y no sentir parte de su piel, padece problemas esfinterianos y trastornos en la zona genital.

<p><b>Radiografía</b></p>	<p>Imágenes de rayos X son actualmente la principal opción en el grupo de bajo riesgo. Las ventajas: bajo costo, amplia disponibilidad y la amplia experiencia con este método. Ha nivel de columna cervical se realiza en una vista lateral (de la base del cráneo hasta la parte superior límite del cuerpo vertebral de T1), un odontoides con la boca abierta (proyección anteroposterior) que puede ser complementado con vista oblicua en decúbito supino. La flexión - extensión no son fiables en la evaluación en el trauma agudo debido a espasmos musculares inducidos por el dolor que ocasionan diferencias en la evaluación (30%). La ausencia de fractura en las radiografías no garantiza la estabilidad de la columna. Una radiografía dinámica en movimiento pueden proporcionar más información, pero estas opiniones están contraindicados en disfunción neurológica aguda. Para estos casos, tomografía computarizada o una resonancia magnética (RM) es necesario.</p>
<p><b>Tomografía computarizada</b></p>	<p>Define mejor las estructuras óseas que la radiografía; puede detectar los cambios de los tejidos blandos, el infarto, la desmielinización, quistes o abscesos reducir la densidad de la</p>

	<p>señal, mientras que las hemorragias y calcificaciones aumentar su densidad. Combinación de mielografía y TAC definen mejor las anomalías en el canal espinal que la tomografía computarizada por sí sólo. El compromiso del canal y lesiones extradurales (tumores, malformaciones arteriovenosas) son especialmente bien definido en el TAC mielogramas.</p>
<p><b>Resonancia magnética (RM)</b></p>	<p>En los pacientes de bajo riesgo con una alta sospecha clínica de lesiones (dolor o parestesias), se realiza RM para detectar lesiones de tejidos blandos (22).</p> <p>Corresponde al mejor método a utilizar para la definición de los nervios. Hasta el momento, sólo podemos ver los productos sanguíneos, edema de la inflamación relacionada con los elementos neurales, o desalineación de los elementos de la columna. Los estudios funcionales y estudios eléctricos no son utilizados habitualmente para evaluar la lesión aguda de médula espinal. Son reservados para la investigación y evaluación de pacientes no colaboradores (23).</p>

#### **I.4.9.2. PRONÓSTICO**

El 90% de los pacientes con LM incompleta presenta cierta recuperación de carácter motor en las extremidades superiores, en comparación con el 70 – 85% de las lesiones completas. La respuesta a los pinchazos constituye un excelente indicador del restablecimiento de la fuerza motora, pero si esto sucede en dermatomas sacros por debajo del nivel de la lesión representa el mejor indicio de una recuperación útil, con un 75% de los pacientes recobran la capacidad para caminar.

El 50% de los pacientes sin función sacra conservada presentaron cierta recuperación motora pero desprovista de utilidad funcional.

La recuperación neurológica luego de la lesión medular depende del nivel de la lesión, la fuerza inicial de los músculos y de si la lesión es completa o incompleta. El 5% de las lesiones medulares completas recuperan alguna función distal, mientras que las lesiones incompletas de por si posee un mejor pronóstico, pero aún es impredecible.

El desplazamiento vertebral menor de 30% y edad menor de treinta años posee un mejor pronóstico, mientras que en pacientes mayores posee mayor dependencia y una mayor mortalidad. Las lesiones por arma de fuego que atraviesan en canal vertebral son de mal pronóstico, al igual que la luxación facetaria completa a nivel cervical o las lesiones por flexión y rotación de la columna.

Si en la RM existe presencia de hemorragia se correlaciona con el mal pronóstico.

Existe un entre un 66 a 90% de los pacientes tetraplégicos que recuperan un nivel radicular más abajo del inicial. Aquellos pacientes tetraplégicos clasificados en tipo C según la ASIA puede pasar a ser un tipo D o E en un 52 a 76%, en relación al 20 a 28% de tipo B; el 18% de quienes padecen tetraplejía completa mejorar en un nivel y 7% ganan en 2 niveles; el 64% de los que padecen tetraplejía incompleta no presentan cambios en el nivel neurológico y el 2,9% de los clasificados ASIA A pasan a C y 2,8% a D. (24)

Si a las 48 horas tras la lesión, el lesionado posee una fuerza M0 (escala de M0 a M5), con conservación de la sensibilidad al pinchazo en el dermatoma correspondiente, tiene el 77 a 92% de posibilidad de recuperar una fuerza M3 o más en el periodo de un año. Los síndromes centromedulares la recuperación ocurre primero y mejor en los miembros inferiores, luego en la función vesical, posteriormente en la parte proximal de los miembros superiores y, por último, en la musculatura intrínseca de las manos; el factor pronóstico más importante en estos casos es una edad menor de 50 años.

En los síndromes de Brown Séquard se recuperan primero los extensores proximales y luego los flexores distales ipsilaterales a la lesión; 75 a 90% deambulan en forma independiente y 70% son independientes en autocuidado. En los síndromes medulares anteriores solo el 10 a 20% recuperan algo de función distal, aunque con poca fuerza y coordinación. El 40% de lesionados medulares son discompletos, es decir, clínicamente completos pero anatómica o electrofisiológica incompletos, lo cual pudiera dar una esperanza hacia el futuro con el uso de drogas como la 4-aminopiridina y otras que asociadas al uso de órtesis y entrenamiento podrían aprovechar los reflejos espinales y supraespinales involucrados en la marcha.

Respecto a la recuperación de los músculos pertinentes al nivel de la lesión se tiene lo siguiente: cuando se encuentran trazas de movimiento en la primera semana, se predice recuperación funcional, e incluso la mitad de los músculos de dicho nivel, que no presentan inicialmente función en la primera semana, luego la recuperaran; mientras que la ausencia de función voluntaria en el mes 1 predice que no habrá recuperación en el 75% de los casos. Las lesiones de la cola de

caballo se recuperan por remielinización o regeneración y por ramificación colateral en las que son parciales; proceso que tarda entre 6 a 25 meses. (25)

**PRONOSTICO EN LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA:** el 90% presenta cierta recuperación de carácter motor en sus extremidades superiores, en comparación con el 70% a 85% de las lesiones completas. (26)

#### **I.4.10. TRATAMIENTO MÉDICO DEL TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR**

Debe abarcar todos los cambios fisiopatológicos inmediatos y posteriores que el traumatismo determina, esto en aspectos anatómicos, vasculares y bioquímicos.

El tratamiento es en base a las etapas en función del tiempo; fase inmediata postraumática a la primera hora del evento; fase aguda que corresponde a las primeras 24 horas, fase subaguda que abarca la primera semana y fase crónica desde la segunda semana en adelante.

##### **I.4.10.1 FASE INMEDIATA**

- Rescate del herido desde la escena del accidente
- Inmovilización cervical y tabla espinal larga
- Reposición de volumen en el sitio y durante el traslado

- Adecuada perfusión tisular, contrarrestando la vasoconstricción secundaria a la hipovolemia (medida más efectiva en disminuir el daño local de la médula).
- Evaluación neurológica inicial, determinar el compromiso de cerebro, médula espinal y simultáneamente la estabilidad vertebral.
- Si existe una luxofractura, con o sin compromiso medular y/o radicular
- Si existe compromiso medular, está indicada la administración en bolo de 30mg/kg de metilprednisona, diluidos en 50 cm<sup>3</sup> de solución glucosada o salina, debe pasar 10 minutos. Se debe monitorear la presión arterial, dada la posibilidad de hipotensión transitoria durante la infusión

#### I.4.10.2 FASE AGUDA

Tiene relación con los efectos que produce la lesión medular y la prevención de complicaciones derivadas.

- Continuación de infusión de metilprednisona a un ritmo de 5,4 mg/kg por hora durante 23 horas más.
- Mantención de hemodinamia y la ventilación.
- Si el paciente desarrolla signos de agravación neurológica dentro de las primeras 8 horas, se administra un segundo bolo de 30 mg/kg de metilprednisona.

- Después de ser establecidos los niveles lesionados se procede a efectuar estudios imagenológicos.
- Una vez establecida la lesión y tras una exhaustiva exploración, el equipo facultativo decidirá la idoneidad de estabilizar la fractura vertebral mediante un sistema quirúrgico estableciendo la alineación de cuerpos vertebrales y la fijación a través de osteosíntesis o un sistema conservador, reposo en decúbito supino en cama durante 6 a 8 semanas

#### I.4.10.3 FASE SUBAGUDA

Manejo respiratorio, prevención de escaras, cateterismo vesical, protección de riesgo de sangramiento digestivo y profilaxis de enfermedad trombolica

- Disfunción respiratoria: mientras más alta es la lesión, mayor es el compromiso de la musculatura. La inervación segmentaria del diafragma es C2 a C4, músculos intercostales corresponde a T2 a T12 y abdominales T6 a L1. La consecuencia de este compromiso es la insuficiencia respiratoria y las infecciones subsecuentes del tracto bronquial. Precozmente se inicia una ventilación asistida con oxigenoterapia, aspiración frecuente de secreciones, nebulizaciones, fluidificantes de secreciones y tratamiento kinésico para eliminar las secreciones y realizar ejercicios respiratorios.

- Prevención de escaras por decúbito: la pérdida motora, de sensibilidad y de inervación vasomotora, producen isquemia mantenida en las zonas de prominencias óseas (sacro, talones y trocánteres) con la consecuente necrosis. La prevención se realiza con cambios de posición cada 2 horas, protección de las prominencias óseas y lubricación adecuada de la piel. El uso de colchones antiescara y camas con giro programado, permiten optimizar los cuidados de la piel.
- Prevención de rigidez articular: se obtiene por posiciones funcionales en la cama, movilizaciones pasivas de las extremidades pléjicas a los menos una vez al día y uso de órtesis antiequino.
- Prevención de la trombosis venosa profunda: que es producto del enlentecimiento del flujo sanguíneo, alteraciones de la pared vascular y alteraciones de la coagulación. Su incidencia alcanza el 20% de los lesionados medulares, con un 1% de embolia pulmonar. Su prevención se obtiene mediante movilizaciones de las extremidades pléjicas, vendaje elástico y anticoagulación profiláctica.
- Manejo de vejiga neurogénica: destinado a prevenir infecciones y mantener un adecuado vaciamiento vesical. Se emplea un cateterismo intermitente 5 veces al día, cada 4 horas. La ingesta de líquidos debe ser fraccionada durante el día, restringiéndola en las tardes y noches; después del último sondeo se asocia nitrofurantoína oral 100 mg.
- Manejo de intestino Neurogénico: es la primera etapa en la que procede la extracción manual de las heces, día por medio, a fin de mantener la

ampolla rectal vacía evitando incontinencia. En etapa posterior se intenta entrenamiento del hábito intestinal con dieta rica en residuos, si es necesario se acude a la utilización de supositorios de glicerina y/o estimulación digital.

- Manejo nutricional: debe evitarse el catabolismo marcado, que ocurre en etapa aguda, mediante un régimen hipocalórico y proteico.
- Manejo psicológico: fundamental informar al paciente y sus familiares sobre el tipo de pronóstico de la lesión, el apoyo psicológico del equipo tratante y el uso de antidepresivos menores es de gran utilidad. La aceptación del paciente de su lesión es requisito indispensable para todas las etapas posteriores del tratamiento.

#### **I.4.11. REHABILITACIÓN FUNCIONAL**

Involucra directamente al paciente y a sus familiares.

##### **I.4.11.1. MANEJO EN CAMA**

Movilizaciones pasivas para evitar rigidez articular y contracturas musculares, fortalecimiento de la musculatura indemne. Uso de órtesis posicional e independencia de giros y cambio de posición en cama.

#### I.4.11.2. RECUPERACIÓN DEL CONTROL VASOMOTOR

La pérdida del tono simpático, en especialmente en lesión cervical o torácico alto, produce pérdida del control vasomotor. Comenzando con bipedestación en mesa basculante, ejercicios respiratorios en cada posición. Se asocia a vendajes elásticos de extremidades inferiores.

#### I.4.11.3. AUTOCAUIDADO

Educación es fundamental en los resultados de la rehabilitación. Incluye auto sondeo vesical, extracción de heces, autocuidado de escaras por decúbito, comenzando cuando el paciente ya puede sentarse y cambiar posición por sí mismo, se le enseña a inspeccionar su piel, cambiar de posición durante la noche y efectuar levantamientos (push up).

#### I.4.11.4. MANEJO DE LA SILLA DE RUEDAS

Requiere de un control de tronco para que logre su independencia de manejo, así como transferencia desde y con la silla de ruedas.

#### I.4.11.5. INDEPENDENCIA EN LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Trabajo en colchonetas que permiten el entrenamiento para vestirse, movilizarse, darse vuelta en cama, sentarse y acostarse y realizar transferencia. Entrenamiento específico de actividades de la vida diaria y adaptaciones para la alimentación, higiene o escritura.

#### I.4.11.6. ENTRENAMIENTO DE LA MARCHA

Ejercicios de bipedestación son beneficiosos para prevenir contracturas de las extremidades inferiores, disminuir la osteoporosis, estimular la circulación, reducir la espasticidad y ayudar a la función renal. (27)

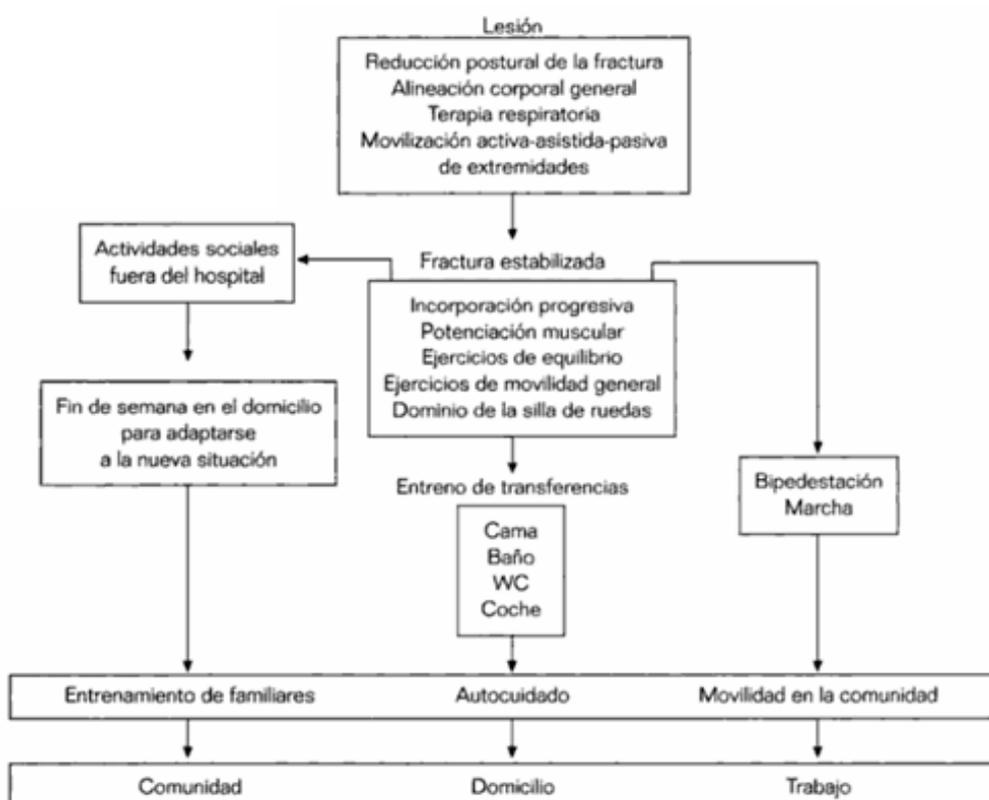


Figura 5: *Rehabilitación de la lesión medular* (27)

## **I.5. ENTRENAMIENTO FÍSICO**

### **I.5.1. CONCEPTOS CLAVES**

#### **I.5.1.1. ACTIVIDAD FÍSICA**

La actividad física implica todo movimiento corporal capaz de producir un gasto energético por encima del metabolismo basal; se define según el ámbito en el que se realice, es decir, en el trabajo, en el tiempo libre, en los desplazamientos y en casa como lo es el cuidado del hogar, la atención de otras personas como hijos o ancianos. Ejemplificando el concepto se puede englobar en actividades de baja intensidad como lo es bajar escaleras, pasear o jugar; y actividades más extenuantes como lo es realizar una maratón.

La actividad física tiene su base fisiológica en la actividad del sistema nervioso y en el fenómeno de contracción – relajación muscular; involucrando tres sistemas: de control, de aprovisionamiento y ejecutores. (28)

La actividad física en el tiempo libre considera el ejercicio físico y el deporte pero cada uno posee un significado diferente.

#### **I.5.1.2. DEPORTE**

Es una actividad física en el tiempo libre con una reglamentación determinada; se reconoce como la actividad implicada en una competición o actividades recreativas como lo son el caminar o hacer senderismo.

### **I.5.1.3. EJERCICIO FÍSICO**

Corresponde a toda actividad física planificada y estructurada que se realiza con la intención de mejorar o mantener uno o varios aspectos de la condición física, entendiéndose esta última como el desarrollo o adquisición de las capacidades físicas básicas como lo es la resistencia cardiovascular, flexibilidad, fuerza muscular, equilibrio, coordinación y composición corporal.

#### **I.5.1.3.1 ADAPTACIONES AL EJERCICIO FISICO**

##### **I.5.1.3.1.1. RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO**

Durante el ejercicio aumenta el gasto cardíaco, lo cual permite al sistema cardiovascular incrementar el transporte de oxígeno a los músculos en acción, eliminar el calor metabólico transfiriéndolo a la superficie de la piel donde se evapora y mantener la tensión arterial para irrigar el encéfalo.

La capacidad de ejercicio máxima se determina mediante el aumento de la distribución de oxígeno generado por el incremento del volumen sistólico (VS) y, por tanto, del gasto cardíaco (producto del volumen sistólico con la frecuencia cardíaca), por la vasodilatación y en menor medida por el aumento del volumen mitocondrial. Esta capacidad disminuye con la edad por FC máx. y VS, si bien el ejercicio sirve para mantenerla.

#### I.5.1.3.1.2. RESPUESTA PULMONAR AL EJERCICIO

Durante el ejercicio, la ventilación pulmonar también aumenta para incrementar la distribución de oxígeno a los músculos en acción, así como eliminar el dióxido de carbono generado por el metabolismo oxidativo.

El ejercicio mejora la eficacia de los músculos respiratorios y aumenta la capacidad total de los pulmones al reducir el volumen residual.

La capacidad vital aumenta y los deportistas de elite poseen una capacidad vital enorme. También se incrementa el volumen minuto máximo mediante el entrenamiento deportivo; los deportistas de fondo procesan grandes volúmenes de aire en competición (desde 6 l/min en reposo hasta 120 l/min durante el ejercicio).

De hecho, la capacidad pulmonar de los deportistas determina el potencial metabólico total y decide en muchos casos quién será campeón (es decir, los que posean la mayor «capacidad vital»).

#### I.5.1.3.1.3. EFECTOS DEL EJERCICIO FISICO EN LOS MÚSCULOS

Uno de los pilares básicos del desarrollo muscular durante el entrenamiento físico es el siguiente: los músculos que trabajan sin carga, aunque se ejerciten durante horas día tras día, aumentan poco en su potencia. En el otro extremo, los músculos que se contraen con más del 50% de su fuerza máxima de contracción aumentarían rápidamente su potencia, aunque las contracciones se realicen solo unas pocas veces al día. Sabiendo esto, los experimentos sobre rendimiento

muscular han demostrado que seis contracciones musculares cercanas a su máximo y realizadas en tres series 3 días por semana proporcionarían un aumento casi idóneo de la potencia muscular y no provocarían fatiga muscular crónica.

La masa muscular que posee básicamente una persona está determinada por la herencia y por el nivel de secreción de testosterona, y a ello se debe el considerable aumento en la musculatura que posee el varón en comparación con la mujer. Sin embargo con el entrenamiento, los músculos pueden llegar a hipertrofiarse quizá en un 30 a 60%. La mayoría de esa hipertrofia se debe a un aumento del diámetro de las fibras musculares y no a un mayor número de fibras, pero es probable que esto no sea totalmente cierto, porque se supone que muy pocas fibras muy aumentadas de tamaño se dividen por la mitad en su longitud para formar fibras completamente nuevas. Lo cual aumenta su número ligeramente.

Los cambios que se producen dentro de las propias fibras musculares hipertrofiadas son: 1) mayor número de miofibrillas, que aumentan proporcionalmente al grado de hipertrofia; 2) aumento de hasta un 120% de las enzimas mitocondriales; 3) aumento incluso de un 60 a 80% de los elementos integrantes del sistema metabólico del fosfágeno, incluyendo el ATP y la fosfocreatina; 4) aumento de hasta un 50% de los depósitos de glucógeno y 5) aumento de hasta un 75-100% del depósito de triglicéridos. Gracias a todos estos cambios, se incrementa la capacidad de ambos sistemas metabólicos, el aeróbico y anaeróbico y aumenta especialmente la tasa de oxidación máxima y la eficacia del sistema metabólico oxidativo hasta en un 45%. (29)

#### I.5.1.3.1.4. LESIÓN MEDULAR Y EJERCICIO FÍSICO

La lesión medular provoca pérdida de la función motora, sensitiva, vegetativa o mixta del tronco y las extremidades debido a la destrucción total o parcial de los tejidos nerviosos que se encuentran en el canal medular.

Mientras más alta es la lesión, más alterada se encuentra la función cardiorrespiratoria, por lo tanto, mayor será la restricción de la capacidad voluntaria de ejercicio. Del mismo modo podemos observar en la *figura 6*, las notables diferencias de VO<sub>2</sub>max.

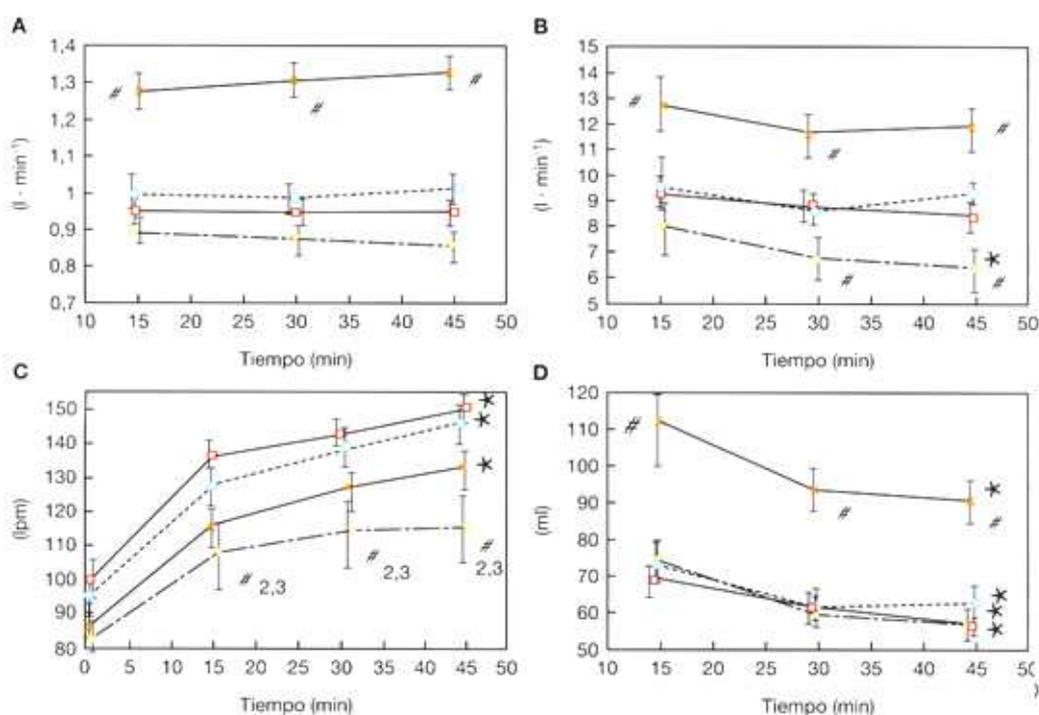


Figura 6: respuestas referente al consumo de oxígeno, gasto cardiaco, frecuencia cardiaca y volumen sistólico en pacientes con diferentes niveles de lesión medular.

*A* consumo de oxígeno, *B* gasto cardiaco, *C* frecuencia cardiaca, *D* volumen sistólico (29)

Las limitaciones de la función simpática suelen reducir la respuesta cardiorrespiratoria, enlenteciendo con ello la respuesta necesaria para adecuar los requerimientos propios del ejercicio. En los pacientes con lesión medular a nivel dorsal alto, el déficit de respuesta simpática reduce el gasto cardíaco máximo, por lo que el aumento de la frecuencia cardíaca se basa principalmente en la reducción del tono vagal. Las personas con lesiones medulares por debajo de la sexta vertebra dorsal (T6) suelen tener intacta la inervación simpática del corazón, si bien puede faltar inervación simpática del riñón y de otras vísceras abdominales, según el nivel lesional. Junto con estos problemas, la falta de movilización del reservorio venoso de los miembros inferiores, por la ausencia de la bomba muscular de las piernas, junto con la pérdida de respuesta al sudor, propicia una fatiga precoz. La interrupción de la vía aferente simpática produce pérdida del control cardiovascular por parte de los centros superiores del cerebro. De este modo, puede desaparecer el control central del sistema simpático del miocardio, músculos lisos de arterias, venas y de la médula adrenal. No obstante, algunos estudios experimentales realizados en tetraplégicos durante ejercicio en silla de ruedas, se ha demostrado incremento de noradrenalina, lo que hace pensar que podría existir una cierta cantidad procedente de las terminaciones nerviosas de los músculos de los brazos.

La parálisis vasomotora dificulta la redistribución sanguínea normal durante el ejercicio en posición erguida. Esto se debe, principalmente, a un excesivo reservorio venoso que dificulta el retorno sanguíneo, limitando el llenado ventricular y la actividad miocárdica, lo que hace disminuir el volumen sistólico y

por lo tanto el gasto cardíaco. Cuando se produce una vasodilatación muscular sin vasoconstricción simpática refleja, el movimiento de incorporación a la posición erguida puede producir cuadros de hipotensión, que limitan la tolerancia al ejercicio (30). Por estas razones los tetrapléjicos pueden sufrir de atrofia miocárdica, al ser incapaces de conseguir un adecuado llenado ventricular, lo que comprometerá su rendimiento aeróbico y su capacidad funcional cardiovascular.

La pérdida de la capacidad física por el estilo de vida sedentario, que se debe a la restricción del ejercicio que ocasiona el propio déficit de respuesta del sistema nervioso autónomo, a su vez contribuye incrementando la pérdida de capacidad cardiorrespiratoria y muscular.

Otra complicación secundaria relevante, desde el punto de vista de la actividad física, es la espasticidad, que suele aparecer cuando se presentan trastornos de control motor. Se trata de reflejos hiperactivos acompañados de debilidad, cansancio, inicio lento del movimiento y pérdida de la habilidad motora (31). El control sensorial está influido por niveles supraespinales, cuando la lesión del sistema nervioso descompensa el aporte sensorial y el rendimiento motor, puede producirse un aumento del tono muscular (32). Sin embargo la espasticidad tiene algunas ventajas funcionales: al producir contracciones musculares puede contribuir a fortalecer los propios músculos y por lo tanto evitar las úlceras por presión. También puede mejorar la osteoporosis, tan frecuente en estos pacientes.

Por último, la espasticidad puede ser utilizada como medio de apoyo, que permita cierto grado de movimiento. Después del tratamiento rehabilitador hospitalario, que suele ser de entre dos y cuatro meses, se puede conseguir una

notable mejoría en las primeras ocho semanas de iniciado un entrenamiento físico específico regular.

Los pacientes con lesiones superiores a T6 presentan respuestas incontroladas a diversos estímulos por debajo del nivel de lesión (pinchazos, llenado de vejiga, otros estímulos dolorosos, etc.) que desencadenan peligrosos cuadros hipertensivos, utilizados irresponsablemente en algunas ocasiones con objeto de incrementar el rendimiento deportivo: se trata del fenómeno de la disreflexia vegetativa. (33)

#### **I.5.1.4. ENTRENAMIENTO**

Se define como el intento de mejorar la capacidad físico-deportiva de una persona; basado en las adaptaciones que se consiguen en los tres sistemas cuando se somete el organismo a un programa adecuado de actividad física. La respuesta que corresponde a una acción o modificación inmediata que se produce como consecuencia de la realiza con de actividad física, debe ser acumulativa en el tiempo, logrando un efecto de adaptación a largo plazo que se logra por las modificaciones morfofuncionales en distintos órganos y sistemas. (28)

El entrenamiento mejora el rendimiento deportivo por medio de cambios que operan sobre el metabolismo, los músculos y la orientación psicológica. El entrenamiento con pesas aumenta el tamaño de las fibras de ciertos músculos, el entrenamiento de fondo mejora el rendimiento deportivo al aumentar la

dependencia de los AGL como aporte energético y al reducir la oxidación total de CHO.

En el caso de músculos entrenados, el consumo de AGL aumenta de forma lineal con la liberación de AGL, mientras que si aquéllos están desentrenados, el consumo se satura con el tiempo, lo cual explica en parte el aumento de la oxidación de lípidos en los deportistas y manifiesta que las adaptaciones de los músculos al entrenamiento intervienen en la utilización de AGL durante el ejercicio prolongado. El entrenamiento tiene varios efectos sobre el corazón; tras el entrenamiento, la frecuencia cardíaca en reposo o durante un nivel concreto del ejercicio es menor que antes del entrenamiento; durante el entrenamiento de deportistas entrenados, el aumento del volumen sistólico, con la salida de más sangre del corazón en cada contracción, provoca un aumento del gasto cardíaco, tiene efectos hormonales y tras el entrenamiento, se necesita menos insulina para eliminar la glucosa sobrante de la circulación, ya que el entrenamiento mejora la sensibilidad a la insulina. Los deportistas de fondo presentan una concentración menor de catecolaminas en el plasma que personas desentrenada con la misma carga de trabajo absoluta.

Las estrategias de entrenamiento para mejorar la capacidad aerobia deben incluir varios elementos básicos. Se deben ejercitar los grupos de músculos principales con intensidades entre el 40% y el 85% del VO<sub>2</sub> máx. La intensidad debe aumentar gradualmente a medida que el deportista mejora su condición física. Deben realizarse 3-5 sesiones por semana, cada una de 15-60 min de duración (34).

#### I.5.1.4.1. ENTRENAMIENTO FÍSICO Y LESIÓN MEDULAR

##### INTRODUCCIÓN

Los movimientos realizados a lo largo del día son suficientes para mantener una buena función del aparato locomotor formado por huesos, articulaciones y músculos.

Al producirse una lesión medular hay una pérdida o disminución de los movimientos y de la sensibilidad. Además durante el periodo de rehabilitación se han desarrollado extraordinariamente las zonas no afectadas por la lesión, generalmente los brazos para paliar y sustituir así de alguna manera los movimientos perdidos.

Estas son dos de las razones fundamentales por las que el ejercicio físico realizado regularmente es de máxima importancia para su bienestar tanto físico como psíquico, así como para mantener el mayor nivel de independencia en las actividades de la vida diaria.

Por lo tanto es de suma importancia conocer profundamente las bases fisiológicas que rigen al momento de realizar una actividad física en lesionados medulares.

El CONCEPTO DE ENTRENAMIENTO FÍSICO-LOCOMOTOR lo hemos unificado definiéndolo como el intento de mejorar la capacidad físico-locomotora de una persona; basado en las adaptaciones que se consiguen en todos los sistemas cuando se somete el organismo a un programa adecuado de actividad física.

#### I.5.4.1.1. RESPUESTAS ALTERADAS AL ENTRENAMIENTO EN LESIONADOS MEDULARES

##### I.5.4.1.1.1 PARÁLISIS DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

La masa de músculos activos se limita a los brazos y el tórax en los parapléjicos. La incapacidad para utilizar la masa muscular de las extremidades inferiores limita el consumo máximo de oxígeno. Se puede mejorar la forma física aerobia, sobre todo si hay lesiones en la parte inferior de la columna y una función cardiorrespiratoria normal, con un enfoque similar al de una persona sana sedentaria. En los tetrapléjicos es poco probable que la demanda de oxígeno de los músculos de las extremidades superiores durante el ejercicio exceda la frecuencia cardíaca de reserva. Los factores periféricos pueden ser más importantes que los cardíacos, pues, tal vez se produzcan cambios adaptativos en los músculos de las extremidades superiores con el desarrollo de un porcentaje mayor de fibras de contracción lenta en las personas que llevan mucho tiempo en silla de ruedas en comparación con la población normal.

##### I.5.4.1.1.2. DISFUNCIÓN AUTÓNOMA SIMPÁTICA

Las lesiones de la médula por encima de T4 aísla el sistema nervioso simpático del SNC. Esto provoca una pérdida de la regulación simpática del ritmo

cardíaco y limita la frecuencia cardíaca máxima a 120 o menos. Se produce una pérdida de inervación arterial y venosa de los músculos lisos, la sudoración y la termorregulación se ven profundamente afectadas. También hay un síndrome conocido como hipotensión paradójica cuando se hace ejercicio y que mejora con entrenamiento.

#### I.5.4.1.1.3. FUNCIÓN RESPIRATORIA

Las lesiones medulares deterioran la función respiratoria por la parálisis de los músculos accesorios, intercostales, diafragmáticos o abdominales según el nivel de la lesión. Los tetrapléjicos corren especial riesgo de neumonía y atelectasia; la reducción del volumen corriente con la respiración diafragmática tal vez resulte afectada por la presión intraabdominal y la postura. La reducción de la capacidad vital forzada (CVF) se considera un factor de riesgo cuando hay complicaciones respiratorias. La preparación física con ejercicio mejora la CVF en personas con tetraplejía.

#### I.5.4.1.1.4. COLECCIÓN DE SANGRE

El retorno venoso es deficiente por la pérdida del bombeo muscular y la vasoconstricción simpática, lo cual provoca hipotensión ortostática.

#### I.5.4.1.1.5. ESPASTICIDAD

Las limitaciones biomecánicas al ejercicio se producen por la espasticidad y contracturas. Son recomendables los estiramientos diarios. Los estiramientos balísticos o pasivos con un ayudante son peligrosos debido a posibles daños musculares. Son preferibles los estiramientos estáticos mantenidos (p. ej., 3 repeticiones de 12 segundos, 2-3 veces al día).

#### I.5.4.1.1.6. INTESTINO NEURÓGENO

El tratamiento suele ser diario o cada dos días con continencia entre evacuación. Tratamiento diario con fibra y empleo intermitente de agentes peristálticos para conseguir la repleción rectal, así como estimulación manual del recto para conseguir la evacuación. El reflejo rectal queda preservado cuando los segmentos sacros (S2-S4) están intactos. Las lesiones en la cola de caballo causan una distensión anal y tal vez requieran evacuación manual habitual.

#### I.5.4.1.1.7. VEJIGA NEURÓGENA

Se producen tres tipos de funciones vesicales con las lesiones medulares:

1. *Vejiga neurógena desinhibida*: La vejiga suele vaciarse por completo y hay un riesgo mínimo de infección de las vías urinarias. Se sobrelleva yendo a orinar con frecuencia.
2. *Vejiga neurógena refleja (suprasacra)*. Las personas con este tipo de vejiga tal vez desarrollen una «vejiga equilibrada» si van a orinar con regularidad o emplean un aparato colector (p. ej., Uredome y una bolsa de orina crural). La vejiga neurógena refleja también se trata introduciéndose el paciente con intermitencia una sonda, dependiendo de su funcionalidad manual. Los anticolinérgicos (p. ej., la oxibutinina) se emplean con frecuencia para bloquear la contracción refleja de los músculos detrusores cuando se opta por el tratamiento con sonda.
3. *Vejiga neurógena autónoma*: Este tipo de vejiga suele tratarse con una sonda permanente, una sonda suprapúbica o un autosondaje intermitente.

#### I.5.4.1.1.8. TRATAMIENTO DE LA PRESIÓN

Los factores que influyen en la formación de úlceras por presión en áreas insensibles al dolor, la temperatura o el tacto son: presión local permanente, fricción, fuerzas de cizallamiento, maceración cutánea, infección, quemaduras y desnutrición. Los puntos de presión en el sacro y el isquion son los más habituales, así como cualquier prominencia ósea (p. ej., talón, dedos del pie, trocánter). Los deportistas en silla de ruedas deben levantarse con regularidad (por sí mismos) una media de 3 veces por hora y emplear un cojín que alivie la presión (p. ej., flotación

de aire) o un gel para prevenir el problema. Hay que animar a los mismos deportistas y pacientes a que inspeccionen con frecuencia los puntos de presión. La exploración médica debe hacerse en la misma silla de ruedas o en un banco almohadillado.

#### I.5.4.1.1.9. TERMORREGULACIÓN

La pérdida de sudor, la vasodilatación y vasoconstricción en el caso de deportistas con una lesión medular alta afectan la capacidad para regular la temperatura central. La ingesta adecuada de líquidos justo antes y después de la competición es esencial. Es imprescindible tener acceso a bolsas de hielo cuando haga calor, a mantas y calentadores cuando haga frío. El aumento de la espasticidad puede ser un síntoma asociado a una temperatura corporal baja.

#### I.5.4.1.1.10. HIPERREFLEXIA (DISREFLEXIA) AUTÓNOMA

Esta afección la padecen las lesiones medulares por encima del flujo de salida simpático esplácnico (niveles por encima de T6). La distensión de la vejiga o los intestinos se inicia por una actividad refleja excesiva del sistema nervioso simpático por debajo del nivel de la lesión. Esto provoca hipertensión (HTA) que ya no controlan los centros del encéfalo. Si la HTA es muy importante, puede causar una hemorragia cerebral y convulsiones. Se presenta una respuesta

cardiovascular alterada al ejercicio, y con el fin de aumentar su rendimiento hasta un 10%, se ha ideado una técnica ilegal llamada «aguijonazo»; esta técnica se inicia colocando estímulos nociceptivos en la silla de ruedas (p. ej., objetos en punta, o cinchas tirantes en las piernas), otro método consiste en aumentar el volumen de la vejiga antes de una carrera. La intención es inducir cierto grado de hiperreflexia autónoma, lo cual es un cuadro potencialmente mortal. Los síntomas corresponden a cefalea palpitante cuya intensidad aumenta cuando la TA (tensión arterial) aumenta, bradicardia, eritema/máculas cutáneas por encima del nivel de la lesión medular, sudoración profusa sobre todo por encima del nivel de la lesión medular, piel de gallina, escalofríos sin fiebre, congestión nasal, hipertensión. La tensión arterial (TA) normal para este grupo es por lo general 90/60- 100/60 en decúbito y menor en sedestación. Una TA de 130/90 es, por tanto, alta. Si no se trata, puede aumentar rápidamente hasta niveles extremos (p. ej., 220/140), visión borrosa y por último náuseas.

#### I.5.4.1.1.11. COMPRESIÓN DE UN NERVIO PERIFÉRICO

La compresión de un nervio de una extremidad superior en los deportistas en silla de ruedas es muy habitual, la prevalencia es de hasta un 23%. Las lesiones más corrientes se producen en el nervio mediano y nervio ulnar a la altura de la muñeca. El nervio ulnar puede resultar dañado cerca del codo y tal vez haya neuropraxia concurrente. Desplazar una silla de ruedas crea presión sobre el canal carpiano durante la fase propulsora. El uso de guantes no protege del todo aunque

estén diseñados con almohadillado para reducir los traumatismos en la muñeca. Los traumatismos repetitivos en la cara dorsal de la muñeca durante movimientos de extensión forzada extrema y palma de la mano son un factor importante. El nervio ulnar puede dañarse en la cara distal del surco de este nervio debido a la contracción fuerte y repetitiva, y/o por presión contra el brazo o el borde externo de la silla de ruedas. En la muñeca, el nervio y la arteria ulnar entran en un conducto oseofibroso, el canal de Guyon. El nervio recorre un surco entre el pisiforme y el dorso del ganchoso donde es susceptible de sufrir daños por traumatismos repetitivos, isquemia, tumores o una fractura del hueso ganchoso. Se sustituye el ejercicio por un entrenamiento alternativo (ergómetro de brazos o natación) hasta que remitan los síntomas.

#### I.5.4.1.1.12. LESIÓN DE HOMBRO

El dolor de hombros se da en más de la mitad de las personas con una lesión medular que usan silla de ruedas. El hombro se convierte en una articulación que aguanta el peso del cuerpo por las transferencias o el uso de muletas. Esto provoca una elevada incidencia de casos de compresión del manguito de los rotadores y bursitis subacromial. La propulsión de la silla de ruedas, que da origen a lesiones por uso excesivo, también es un factor a tener en cuenta (35).

#### **I.5.4.2. ENTRENAMIENTO LOCOMOTOR EN LESIONADO MEDULAR**

En el humano, los centros locomotores espinales pueden ser activados y modulados mediante entrenamiento locomotor, por ejemplo facilitando movimientos como la marcha o activación de los miembros, generando puntos clave de carácter sensorial.

La movilidad de las personas con secuelas de una lesión medular puede ser mejorada tomando ventaja de la plasticidad del sistema nervioso y puede ser mantenida con la persistente actividad locomotriz a través del entrenamiento motor repetitivo, que proporciona una estimulación suficiente de las vías neuronales específicas para facilitar la reorganización funcional dentro de la médula espinal y mejorar el rendimiento motor; además, la entrada sensorial adecuada durante el entrenamiento es de vital importancia para lograr una óptima respuesta motora de los circuitos neuronales espinales.

La pérdida de la capacidad motora después de una lesión medular resulta de la pérdida de entrada supraespinal que podría aumentar si las redes espinales no son activadas por la entrada sensorial funcionalmente relevante, como lo es la carga percibida en las caderas que se relacionan como esquemas cruciales para generar un patrón locomotor y su eficaz formación, pues activan la musculatura de la pierna durante la locomoción humana.

Por otra parte, las contracciones rítmicas del tronco y las extremidades inferiores de los músculos extensores que se han descrito en un individuo con

lesión medular completa, demostrando las propiedades oscilatorias de las redes de la columna vertebral en la ausencia de entradas supraespinales con la producción de movimientos rítmicos mioclónicos de tronco y de menor grado en extremidades, demostrando que en el hombre, ese tipo de movimientos se pueden generar dentro de la médula espinal en sí cuando se les priva de control supraespinales (36); esto gracias a la existencia del generador central de patrones (GPC) para la locomoción en mamíferos se han relacionado con los reflejos en lesionados medulares; desde 1919 se sabe que la médula espinal humana privada de influencias supraespinales puede generar movimientos rítmicos involuntarios que podrían ser ajustados por estimulación eléctrica, por actividad alterna de flexo – extensión y en animales se ha demostrado que el GPC puede inducir ráfagas rítmicas de las motoneuronas extensoras; la presencia de GPC en pacientes parapléjicos aumenta la esperanza de que puede ser activado por una formación adecuada (37). Esta actividad rítmica puede ser detenida, inducida y modulada por la estimulación periférica de aferencias del reflejo flexor.

La importancia para la regulación de la postura y marcha ha sido establecida para sujetos sanos, la amplitud de la activación muscular en las piernas está directamente relacionada con el nivel de carga en las piernas en sujetos sanos y lesionados medulares, por lo tanto, no es de extrañar que la descarga y carga corporal juega un papel esencial para el éxito de un entrenamiento locomotor en parapléjico y hemipléjicos donde se demostró que durante el curso de un programa de entrenamiento diario del aparato locomotor, la amplitud de la actividad electromiografía gastrocnemio aumentó significativamente durante la fase de

apoyo; los pacientes parapléjicos se beneficiaron con movimientos de la marcha sin apoyo en tierra firme. (38)

Sin embargo, un ritmo de carga apropiado de una pierna extendida, mientras que movimientos de la marcha son realizados por la pierna contralateral no siempre fue suficiente para la activación de la pierna que se mantenía estática, por lo tanto es necesaria la combinación de diferentes entradas aferentes para lograr una activación locomotriz de la musculatura de la pierna, es aquí donde entra en manifiesto el entrenamiento acuático como alternativa de entrada aferente con sus propiedades, puesto que la médula espinal puede utilizar la información sensorial para aumentar la activación muscular aun cuando no haya movimiento de las extremidades (39).

La información aferente de carga de la cadera que ha sido utilizada para demostrar la modulación del aparato locomotor en personas con una lesión medular, se ha considerado importante para la generación de patrones de locomoción como se observa en la *figura 7*.

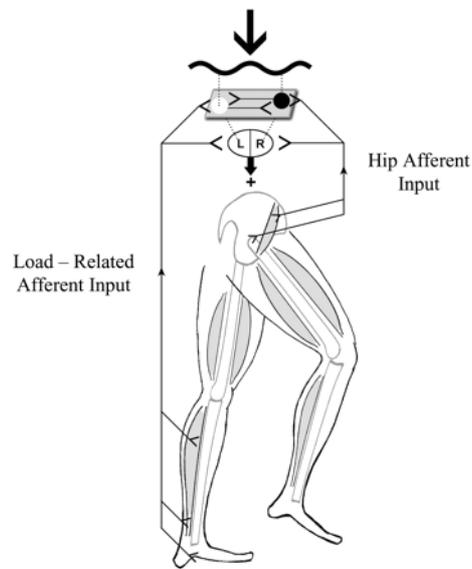


Figura 7 : Ilustración esquemática de la información aferente de carga correspondiente a la cadera. Flecha grande, de entrada supraespinales que se interrumpe (línea ondulada) después de la lesión. La entradas de carga influye en los sistemas interneuronales y motoneuronas (L, izquierda, R, derecha), incluida la coordinación de activación contralateral, lo que resulta en la producción final eferentes (flecha pequeña, +) (39)

#### **I.5.4.2.1. ENTRENAMIENTO LOCOMOTOR EN LESIONADO MEDULAR INCOMPLETO**

Entrenamiento locomotor es un nuevo enfoque de rehabilitación que lleva ventaja de señales tan esenciales para la locomoción. La plasticidad del sistema nervioso se produce por el sistema de reciclaje específicos de refuerzo sensorio motores, lo que resulta en un nivel significativo de recuperación de

caminar después incompleta, la intervención prevé la práctica repetida de reforzar la acción motriz. Los beneficiosos efectos del entrenamiento locomotor en pacientes con una LM incompleta está bien establecido, por ejemplo, en pacientes parapléjicos con lesión completa e incompleta, se produjo un aumento casi lineal de la actividad electromiografía del gastrocnemio durante la fase de apoyo con entrenamiento locomotor diario durante el periodo de entrenamiento de 12 semanas. (40). Incluso los pacientes con lesión incompleta que se sometieron a entrenamiento locomotor tuvo mayor movilidad en comparación con un grupo de control con la rehabilitación convencional (41).

El principal efecto del entrenamiento locomotor visto en LM incompleta, los pacientes puede atribuirse a una mejora de la EMG muscular de la pierna. La mejora de la actividad locomotora podía atribuirse a la recuperación espontánea de la función de la médula espinal ya que la recuperación puede ocurrir durante varios meses después de la lesión. EL aparato locomotor se puede activar y entrenar en pacientes con paraplejia completa o incompleta cuando el cuerpo está parcialmente descargado, de tal manera que su capacidad para caminar en una superficie mejora (42). La recuperación funcional se mantiene en los individuos, varios años después del entrenamiento locomotor inicial.

Por el contrario, la actividad EMG se reduce significativamente en pacientes con lesión medular que se mantenga en silla de ruedas sin alguna terapia. Estos resultados sugieren que una plasticidad inducida por la formación de los centros neuronales de la médula espinal aislada puede mantenerse sólo por la actividad locomotora continua.

### **I.5.4.3 ENTRENAMIENTO ACUÁTICO**

#### **I.5.4.3.1. HIDROTERAPIA**

El agua como agente externo puede ser utilizado como vector de acciones físicas, mecánicas como térmicas. La hidroterapia consigue sus efectos terapéuticos mediante las propiedades físicas del agua, que van a aportar energía mecánica o térmica a la superficie corporal y mediante los principios físicos de la inmersión.

La hidroterapia es el proceso terapéutico que consiste en el tratamiento de todo el cuerpo o partes del cuerpo con agua a temperaturas variadas que a través de la aplicación de las propiedades del agua como la presión ejercida sobre el cuerpo, efecto de propulsión de arriba hacia abajo y de acciones localizadas actúan sobre el metabolismo, el sistema nervioso y la circulación sanguínea

##### **I.5.4.3.1.1. PRINCIPIOS MECÁNICOS**

- **FACTORES HIDROSTÁTICOS**
  - Basados en las leyes de la inmersión según Arquímedes, que expone “el agua se pesa menos que en aire”, la **PRESIÓN HIDROSTÁTICA** es la presión ejercida por el líquido sobre un cuerpo sumergido que es igual a la presión de la columna de líquido sobre el cuerpo, es directamente proporcional a la densidad del líquido y a la profundidad de la

inmersión. Y en base a esto se plantea el principio de flotación de Arquímedes, donde un cuerpo sumergido experimenta un empuje vertical de abajo hacia arriba igual al peso del volumen desalojado. Estas fuerzas se encuentra en la misma dirección pero en sentido contrario y en el cuerpo humano no se aplican en el mismo punto. La FLOTABILIDAD está dada por las densidades del cuerpo, cuando este flota, la densidad del agua es mayor a la del cuerpo (agua salada), el PESO APARENTE es la diferencia entre el empuje (flotación) y el peso del cuerpo (gravedad) depende del nivel de inmersión, los valores son referentes al peso del cuerpo son: a nivel de C7 es 7,5 a 8%, axilas 20%, pecho 33%, ombligo 50%, trocánter 66%, rodillas 90%.

- FACTORES HIDRODINÁMICOS
  - Involucrados en la resistencia o facilitación al movimiento, corresponde a la resistencia hidrodinámica que depende de naturaleza del líquido (fuerzas de cohesión intermolecular, fuerza frontal que se opone al desplazamiento y fuerza de succión generadora de turbulencias), viscosidad y densidad. Las turbulencias dependen de la morfología, velocidad y viscosidad del líquido, cuando un objeto avanza se genera una diferencia de presión en su parte anterior y mínima en la posterior, esta ocasiona un flujo de agua hacia tras con un fenómeno de depresión y aspiración lo que dificulta cambiar de dirección.

- FACTORES HIDROKINÉTICOS
  - Factor de presión que es por unidad de superficie (ejemplo las duchas) y la agitación del agua dada por aire (provoca hidromasaje más presión, esta estimulación de los receptores cutáneos arroja una sensación de analgesia y es sedativa).

#### I.5.4.3.1.2 PRINCIPIOS TÉRMICOS

- Agua como excelente medio para aportar o restar calor (termoterapia-crioterapia), mantiene la homeotermia, las propiedades más importantes que posee el agua es el calor específico (el agua mantiene su T° o la pierde con dificultad) y la conductividad térmica (velocidad de transferencia de calor que pasa en 1 segundo desde 1 cm), el hielo conduce más rápido (4 veces) que el agua líquida.
- Los efectos son en base a que el agua se considera como un medio de termoterapia superficial o crioterapico porque sus efectos son a nivel superficial trabaja para calor desde 36 a 40°C y como frio a 15-20°C. (43)

#### **I.5.4.3.2. EFECTOS HIDROTERÁPIA**

Provoca disminución del estrés articular, se utiliza como fuente de resistencia para aumentar la fuerza muscular, asiste los movimientos (ayuda a la ABD y resiste la ADD). La resistencia al movimiento aumenta la sensación ecteroceptivas y propioceptivas lo que mejora el esquema corporal, mejora el estado psicológico y emocional.

- **CARDIOVASCULARES**

- Mejora el retorno venoso, modifica la presión transmural venosa, aumenta la presión intraauricular y aumento de la presión intracarotidea va a provocar inhibición del control simpático que da comienzo a una bradicardia con normalización posterior e inhibición de la secreción de renina, además habrá liberación del péptido natriurético auricular (PNA) que va a estimular la natriuresis y diuresis (inhibe la secreción de renina provocando retención de líquido). Otro efecto es la Hemodilución.

- **RESPIRATORIOS**

- La musculatura respiratoria sometida a mayor esfuerzo, sobrecarga de los músculos inspiratorios, disminución del volumen residual,

disminuye el metabolismo con disminución del consumo de O<sub>2</sub> y disminución del tono muscular.

Con los años, el ejercicio acuático ha sido conocido como terapia de piscina o hidroterapia y a veces incluso en la literatura antigua como balneoterapia. El agua se calienta con mayor frecuencia a 32 ° a 36 ° Celsius. Hoy en día, esta terapia cubre el uso de tratamiento de agua caliente para aliviar el dolor conocido, disminuir la rigidez y producir la relajación muscular, esto se ha desarrollado con diversas formas de sal y / o tratamiento de azufre, tratamientos de fango y las corrientes en chorro (spa-terapia).

La hidroterapia con fuerza de gravedad controlada o ausente permite una actividad corporal total y ayuda a mejorar el movimiento de la columna vertebral sin exponer el tejido blando paravertebral a una tensión indebida durante el período de recuperación. Si el dolor radicular persiste, serán necesarios una nueva evaluación clínica y estudios radiológicos que determinen si se requiere discectomía con o sin fusión.

#### **I.5.4.3.2. ENTRENAMIENTO ACUÁTICO EN EL LESIONADO MEDULAR**

Consensuando una definición, el entrenamiento acuático se expone como el intento de mejorar las capacidades a través de la terapia acuática o hidroterapia como un proceso terapéutico que consiste en que todo el cuerpo o partes del mismo, entren en contacto con agua, actuando sobre el metabolismo, el sistema nervioso y la circulación sanguínea.

La actividad acuática que puede ser practicado por la mayoría de las personas, en forma individual o en equipos, en invierno o en verano y a casi cualquier edad. El desarrollo físico que propone esta actividad, sobre todo cuando se la practica desde la niñez, no sólo constituye una excelente base para la salud del cuerpo, sino también para su estética y bienestar emocional.

Se trata de uno de los mejores ejercicios aeróbicos, al mismo tiempo que constituye uno de los deportes más completos por cuanto pone en movimiento casi todos los músculos del cuerpo humano.

Los lesionados medulares no están exentos de los beneficios de la actividad acuática, en apartados anteriores hemos hablado de los beneficios del agua por sí sola, pero si agregamos el componente aeróbico que nos entrega la natación se pueden obtener beneficios para el lesionado medular.

La recuperación funcional después de lesión de la médula espinal probablemente depende, en parte, en la reorganización de los circuitos espinales en buen estado. La entrada aferente segmentaria de las extremidades permanece casi intacta después de la lesión espinal y puede proporcionar una importante fuente de activación y regulación de los circuitos espinales descendentes que se han perdido como consecuencia de la lesión. (44)

Una de las estrategias más prometedoras de rehabilitación de lesiones de la médula espinal es con el apoyo del peso en una cinta de entrenamiento. Esta estrategia busca re-capacitación de la médula espinal por debajo del nivel de la lesión para generar un patrón significativo de movimiento. Sin embargo, el número de ciclos por paso que se puede lograr es limitado por la insuficiente capacidad de cargar de peso del sistema neuromuscular después de la lesión. Es en este momento en que la natación puede ser de gran ayuda, estudios en ratas han demostrado que se obtiene una mejoría significativa en la función del miembro posterior (patas traseras) durante la natación en comparación con los animales no entrenados. (45)

Sin embargo, la natación carece de la extremidad fásica de carga y la retroalimentación cutánea plantar, elementos que son importantes para la formación del paso con descarga de peso. Dado esto se han buscado un enfoque innovador basado en caminar en las aguas poco profundas donde la flotabilidad proporciona algún apoyo del peso corporal y el equilibrio de tiempo que permite que haya una o ambas extremidades en carga y una adecuada retroalimentación aferente cutánea durante el reentrenamiento.

Por otro lado podría considerarse un entrenamiento desarrollado a base de natación o ejercicios acuáticos, que se realice en fases aeróbicas, ya que ha sido demostrado que un entrenamiento aeróbico mejora la capacidad cardiovascular en un paciente con lesión medular completa a nivel de C5. Luego de 2 meses de entrenamiento hubo un aumento sustancial en el consumo máximo de oxígeno (20%) y la tolerancia ortostática en el transcurso del programa. El paciente expuso varios signos de mejora de la tolerancia al ejercicio y la movilidad en silla de ruedas durante el programa de dos meses, indicando las posibles mejoras cardiovasculares y funcionales desde el entrenamiento físico. (46)

Al implementar un plan de entrenamiento, ya sea acuático o no, en lesionados medulares debemos tener en consideración el periodo en que se comenzará, si será en una fase aguda, sub aguda o crónica de la lesión. Si bien la rehabilitación basada en actividades físicas en una estrategia prometedora a la hora de intentar mejorar la recuperación funcional después de una LM existe debate en relación al periodo óptimo después de la lesión para aplicar la rehabilitación. Se ha demostrado en ratas que un entrenamiento en fases agudas producía un aumento significativo en la extravasación en el sitio de la lesión medular, lo que sugiere que un entrenamiento en fase aguda puede comprometer los esfuerzos de rehabilitación (55), sin embargo esta fase es en el recinto hospitalario y teniendo en cuenta las consideraciones tras una posible fractura, por lo tanto ya la fase de mantención del lesionado medular, es decir, la fase crónica es en la cual se puede intervenir, obteniéndose resultados a los 6 meses, a los 12 meses e incluso a los 2 años.

---

## **CAPÍTULO II | REVISIÓN DE LA LITERATURA**

---

### **II.1 OBJETIVO DE LA BÚSQUEDA**

Obtener la evidencia científica del más alto nivel acerca del efecto del entrenamiento acuático, físico-locomotor en pacientes con lesión medular incompleta, en cuanto a la funcionalidad y la marcha.

### **II.2 IDENTIFICACIÓN DEL TEMA CENTRAL**

- **POBLACIÓN:** hombres y mujeres con lesión medular
- **INTERVENCIÓN:** terapia/ejercicio acuático, entrenamiento físico, terapia locomotora.
- **RESULTADOS:** cambios en la funcionalidad y marcha de lesionados medulares.

### **II.3 PREGUNTA DE BÚSQUEDA**

GENERAL	¿Es efectivo el entrenamiento acuático en lesionados medulares en la mejoría de su funcionalidad y su marcha?
ESPECIFICA	¿Cuáles son los efectos de las terapias físicas y locomotoras en pacientes con lesión medular?

### **II.4 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO**

- Terapia

### **II.5 ESTUDIOS QUE PODRÍAN CONTESTAR LA PRUEBA DE BÚSQUEDA**

- Ensayos clínicos
- Revisiones sistemáticas sobre terapia
- Estudios de cohortes
- Guías de práctica clínica

## II.6 ESTUDIOS QUE CONTESTAN LA PREGUNTA DE BÚSQUEDA

- Ensayos clínicos controlados y aleatorizados, revisiones sistemáticas

## II.7 FUENTES DE BÚSQUEDA

1. MEDLINE (47)
2. Cochrane Biblioteca Virtual en Salud (BVS) (48)
3. LILACS (49)
4. SCIELO (50)
5. ELSEVIER MASSON (51)

## II.8 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA

### EFFECTOS DE LA NATACIÓN SOBRE LA INDEPENDENCIA FUNCIONAL DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR (52)

**OBJETIVO:** El artículo manifiesta claramente al inicio de éste el objetivo principal del estudio

**MÉTODO:** Se indica el número total de pacientes y la existencia de un grupo control y un grupo experimental, pero no cuantos fueron destinados a cada grupo ni tampoco si existe aleatorización de los tratamientos, pudiendo inducir a un sesgo de selección.

**EFFECTOS:** Explicados en base a la evidencia científica cuales son los efectos de la práctica de actividad física y la natación en lesionados medulares.

**PARTICIPANTES:** Son tomados en cuenta según los criterios de la clasificación internacional del American Spinal Injuri Association (ASIA), sin embargo no se menciona el profesional que realizó el reclutamiento.

**CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN:** Se indican los criterios de inclusión pero no son nombrados los de exclusión

**MUESTRA:** El número total de pacientes es reducido lo que puede indicar que la muestra sea poco representativa, el reclutamiento se realizó en un establecimiento.

**FIRMA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO:** Se menciona que los participantes firmaron un término de consentimiento libre y aclarado, además de mencionar las entidades que fueron reguladoras de estos términos.

**GRUPOS Y SEGUIMIENTO:** Los grupos son similares al inicio del estudio pero no se indica si hubo o no pérdida de pacientes, hubo seguimiento.

**INTERVENCIÓN:** Las intervenciones de ambos grupos son claramente explicadas en sus fases, pero, en lo que al grupo experimental se refiere, no se indica cómo fueron realizados los ejercicios, solo se refiere a los objetivos que se desea cumplir con ellos. Está definida la cantidad de tiempo de la sesión y el número de sesiones.

**RESULTADOS:** En cuanto a la evaluación de los resultados, esta fue realizada por un evaluador externo el cual se encontraba enmascarado. Los resultados de la intervención indican cambios estadísticamente significativos a favor del grupo experimental ( $p=0.01$ ) considerando las habilidades funcionales medidas a través de la escala FIM en relación con las transferencias, en general aspectos de motor y de puntuación global. No se menciona la estimación de los efectos del tratamiento, la potencia ni intervalo de confianza. Los autores mencionan que se trata de un estudio cuasi-experimental con lo cual justifican su asignación no aleatoria, pero reconocen que esto les puede provocar posibles errores en la selección de los participantes de los grupos experimental y control.

**CONCLUSIÓN:** Hipotéticamente se puede decir que si se podría realizar el estudio en nuestro medio debido a que se demostró que la función en diferentes actividades fue mejorada, esto solo en cuanto a parámetros clínicos, ya que la aplicación de una terapia basada en ejercicios o en este caso la natación es de un costo monetario bajo si se cuenta con las instalaciones apropiadas, lo que hace sumamente viable la realización del estudio, sin embargo las deficiencias metodológicas y la escasa muestra de pacientes.

### PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN LESIONES DE LA MEDULA ESPINAL (53)

**REVISIÓN:** Se realizó la revisión de un tema claramente definido desde un comienzo de la investigación, el cual planteaba identificar los diversos programas de entrenamiento de la resistencia, y para evaluar su eficacia, sus limitaciones, sus resultados con el fin de lograr un consenso y proponer recomendaciones concretas.

**TEMAS ADECUADOS:** No se puede determinar si los autores de la revisión buscaron los artículos más adecuados, no se menciona el análisis de ensayos clínicos controlados como metanálisis y revisiones sistemáticas, solo son mencionados los temas que son incluidos en la búsqueda.

**FUENTES DE BÚSQUEDA:** Las fuentes utilizadas fueron solamente Medline y Embase, no se menciona desde que fecha son los 99 artículos seleccionados.

**CALIDAD METODOLÓGICA:** No se menciona si la validez o calidad metodológica de los estudios incluidos fue valorada por algún equipo o comisión de evaluación.

**RESULTADOS:** La revisión no menciona medidas de resultado ni menciona si se cambiaron los resultados. El resultado global de la revisión señala que se reconoce que la capacidad de cardiorrespiratoria en lesionados medulares puede aumentar con un programa de ejercicios adecuado y adaptados. Este programa de formación inducida por el ejercicio una mejora significativa la capacidad y resistencia física. La consecuencia práctica será un mejor desempeño para el uso de sillas de ruedas, una mayor autonomía su uso, y es de esperar, la mejora de calidad de vida y la participación del sujeto en la sociedad.

**CONCLUSIONES:** Podemos decir que esta revisión sistemática es deficiente cuanto a calidad metodológica, sin embargo no se pueden despreciar los resultados y conclusiones expuestas ya que serían el consenso de una cantidad aceptable de artículos, más no probablemente, de toda la evidencia disponible. Lo más adecuado en este caso sería analizar los artículos de referencia y comprobar la calidad metodológica de estos para así poder determinar si sus resultados son realmente válidos y aplicables a nuestra población.

### **III.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En nuestro país la lesión medular posee una incidencia anual correspondiente al 11,5 – 53,4 por millón de habitantes, siendo en Chile una población total de 17.094.275; según un estudio perteneciente a la ACHS, la esperanza de vida de los pacientes con una lesión medular incompleta es de 30 a 40 años sin mayores alternativas y en la literatura se habla de que más del 60% de casos ocurre en edades entre 15 y 29 años y otro 23% en pacientes de 30 a 34 años. Por lo tanto la población afectada con este acontecer correspondería a una población joven, que se ve gravemente comprometida en todos los aspectos como lo es tanto en la familia, emocional, rol laboral y social con una necesidad de tomar la lesión con un nuevo enfoque.

En general las lesiones de la médula espinal de causa traumática, afecta a personas jóvenes en etapa reproductiva, siendo los accidentes de vehículos motorizados y actos de violencia, actividades deportivas, recreativas o de trabajo

las principales causas, por lo cual a las personas que va dirigido este estudio es a una población afectada en la mitad del desarrollo de su vida, dispuestos a someterse a un plan de rehabilitación, recibiendo las posibilidades terapéuticas para lograr éxitos tanto en lo personal como lo es mejorar sus capacidades residuales a la lesión, potenciar otras capacidades y descubrir el ámbito más cercano a los que es someterse a entrenamientos, y si se proyecta se enfocaría en un ámbito de entrenamiento paraolímpico. Sin embargo a nivel nacional, no existe un protocolo de tratamiento a seguir en áreas físico-locomotor en conjunto, en etapas más crónicas de la lesión, los pacientes se estabilizan y luego quedan en estado de cronicidad.

El número de accidentes de tránsito cada vez va en ascenso, con esto, conlleva a un riesgo mayor a la población a sufrir traumatismos raquimedulares con compromiso neurológico, por lo tanto, es de vital importancia diseñar un método en base a la evidencia y a la experiencia de otros países con características similares a las nuestras como España, donde si se esté empleando terapias de rehabilitación para pacientes con una lesión medular, rescatando terapias innovadoras con otra visión de estos pacientes e incentivar a los que aspiren a grandes cosas como lo es la práctica de una disciplina deportiva, abriendo puertas a competencias del más alto nivel.

El entrenamiento físico de por sí posee múltiples beneficios para la salud de las personas, en aquellos que han sufrido una lesión de la médula espinal a pesar de existir un compromiso tanto respiratorio, autónomo, sensitivo y motor que puede enlentecer la respuesta necesaria para adecuarse a los requerimientos

del propio ejercicio existe evidencia de que el ejercicio es beneficioso, pues es de vital importancia para el bienestar tanto físico como psíquico, así como actúa favoreciendo el nivel de independencia en las AVD de estas personas; con una base de entrenamiento físico, se podrán potenciar las capacidades que el paciente conserva, se trabaja aspectos de musculación y acondicionamiento al nuevo estado, asociando además el entrenamiento locomotor, basado en programas de marcha, carga sobre las extremidades, trabajo de propiocepción, barras paralelas y todos aquellos elementos que sean de utilidad para lograr conciencia del movimiento; la aplicación además, de un entrenamiento acuático donde el paciente logra tener percepción de su cuerpo, reduciendo la fuerza de gravedad gracias a las propiedades del agua, lograr presentar nuevas aferencias al SNC ya sea táctiles, de presión, elementos accesorios que le faciliten la ejecución de movimientos y entreguen información aferente que es de vital importancia en el periodo de adaptación a nuevos patrones de movimiento y a la plasticidad del SNC, que como se evidencia, posee la capacidad de adaptación a nuevas secuencias de movimiento, y en un lesionado se mantienen a nivel medular algunas respuestas que con nuevas conexiones si puede lograrse la ejecución de un movimiento coordinado con la progresión del tiempo.

Se puede mejorar la forma física aerobia, sobre todo si hay lesiones en la parte inferior de la columna y una función cardiorrespiratoria normal, con un enfoque similar al de una persona sana sedentaria, facilitando movimientos como la marcha o activación de los miembros generando puntos clave de carácter sensorial.

La importancia para la regulación de la postura y marcha ha sido establecida para sujetos sanos, la amplitud de la activación muscular en las piernas está directamente relacionada con el nivel de carga en las piernas en sujetos sanos y lesionados medulares, por lo tanto, no es de extrañar que la descarga y carga corporal juega un papel esencial para el éxito de un entrenamiento locomotor, según la evidencia la marcha aumentó significativamente durante la fase de apoyo; los pacientes parapléjicos que se beneficiaron con movimientos de la marcha sin apoyo en tierra firme, siendo posible integrar el concepto de terapia acuática. El aparato locomotor se puede activar y entrenar en pacientes con paraplejía completa o incompleta cuando el cuerpo está parcialmente descargado, de tal manera que su capacidad para caminar en una superficie mejora. La espasticidad puede ser utilizada como medio de apoyo, que permita cierto grado de movimiento. Después del tratamiento rehabilitador hospitalario, que suele ser de entre dos y cuatro meses, se puede conseguir una notable mejoría en las primeras ocho semanas de iniciado un entrenamiento físico específico regular.

Bajo el concepto de entrenamiento y neuroplasticidad del SNC en pacientes que han sufrido una lesión de la médula espinal por causa traumática de tipo incompleta, clasificación según ASIA en C, D y E, está basado este protocolo, que abarca el compromiso tanto musculoesquelético, neurológico, respiratorio, psicomotriz y psicológico; áreas que son de vital importancia en el periodo de rehabilitación y adaptación a la nueva condición que estarán sujetos de por vida.

El hecho de abrir puertas a una nueva perspectiva de vida para personas jóvenes que han perdido las ganas de arriesgarse a eventos nuevos, a quienes no

han realizado un entrenamiento sistemático a lo largo de su vida antes del acontecer, aquellas personas a las que se les pretende dar una oportunidad en el ámbito deportivo y explotar nuevas capacidades o por última opción intentarlo es de interés para pacientes que han tenido este vuelco en sus vidas y se deciden por cambiar la perspectiva de vivir en su nueva condición.

### **III.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha, pertenecientes a los servicios de kinesioterapia del Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante el año 2011?

### **III.3. ANÁLISIS FINER**

Para llevar a cabo la propuesta es necesario que las interrogantes que surgen y el plan de desarrollo que se pretende plantear, reúnan en definitiva una serie de características, que servirán para esclarecer las áreas que abarcará.

## **FACTIBLE**

En la novena región de la Araucanía no existe un centro que trabaje con pacientes adultos con lesión medular siendo esta patología una causa poderosa de invalidez. Se estima que la población de lesionados medulares está en aumento aunque no existen estudios regionales que avalen estos datos, sin embargo, existen estudios nacionales que lo señalan (54), solo se cuenta con registro nacional de alrededor 900 pacientes en 20 años, siendo Temuco una ciudad que tenga un porcentaje de pacientes bajo pero con el cual se podrá trabajar con la totalidad que cumplan con los criterios de selección, siendo real la posibilidad de ejecutarse.

La ciudad de Temuco cuenta con las instalaciones necesarias para ser ejecutado el proyecto, contando con por lo menos 5 a 6 piscinas, siendo en las dependencias de la “Asociación cristiana de jóvenes YMCA Temuco”, la que cuenta con las mejores instalaciones con salas amplias, balones y parte del material que se utilizaría, se encontraría en el recinto antes mencionado, prontamente se adaptará el centro a pacientes con discapacidad en el aspecto de los accesos, elevadores que cumplen aun más la posibilidad de realizarse.

La implicación de un equipo multidisciplinario ya sea kinesiólogos, internos de kinesiología, psicólogos, médicos y profesores de educación física corresponden a un grupo de profesionales, en base a la literatura, demostrado su cohesión en trabajo de equipo, lo que nos da la certeza que realmente está el compromiso y un excelente trabajo.

## **INTERESANTE**

Hasta el momento no existe una terapia estándar que reúna estas condiciones de ser un entrenamiento físico-locomotor en conjunto, pero abarcando toda la gama de actividades que compete; además, adicionando lo que es un entrenamiento acuático en diferentes fases, lo que es iniciación en el contacto con el agua, adaptaciones y el entrenamiento propiamente tal hace atractivo aún más el proyecto (55).

Conforma una iniciativa para aquellos pacientes que hasta hora se quedan en condiciones de cronicidad después del alta médica, manteniendo sus vidas sujetas a silla de ruedas o a la utilización de bastones, o tal vez a la monotonía, sin tener la posibilidad de realizar otro tipo de actividades ya sea con el fin terapéutico, deportivo o de recreación, solo por desconocimiento de los profesionales de la salud y por falta de motivación.

Este proyecto permitirá aportar datos valiosos para el entorno kinésico tanto para la Universidad de la Frontera e YMCA en aspectos a nivel regional y nacional.

## **NOVEDOSO**

La información que arrojará será útil y nueva. Como entrenamiento acuático en adultos con discapacidad se hace una propuesta nueva en el entorno terapéutico en la ciudad de Temuco.

La cercanía con deportistas sanos, es una iniciativa para su esfuerzo personal, en el aspecto de retroalimentación tanto para el entorno como para los pacientes en sí, un feed back positivo por todos los puntos en los que se analice.

Constituye a una propuesta que no se ha presentado en la región a esta envergadura, involucrando a un equipo multidisciplinario, trabajando en un fin común e integrando a varias disciplinas con un propósito en común, trabajar por nuestros pacientes.

## **É T I C O**

No existe invasión a la intimidad de los pacientes y no constituye un riesgo físico, pues se toman todas las medidas pertinentes en pos de esto, además la cantidad de profesionales será acorde a los pacientes, se ha planteado un modelo de intervención con el fin de sostener este punto, teniendo en mente siempre la importancia de los pacientes y su individualidad.

Ambas intervenciones independientes al grupo que se corresponda, serán beneficiados, ya que el entrenamiento físico-locomotor será aplicado en ambos grupos, demostrándose de por sí su efectividad, manifestándose que la actividad física es beneficiosa, sin embargo en alguna instancia puede ser potencialmente nociva, pero estos aspectos han sido considerados.

Se trabaja con profesionales capacitados para realizar esta labor tomándose las medidas necesarias para garantizar la seguridad tanto en pacientes como en profesionales.

Se respetará la intimidad de los individuos y todos los puntos estipulados según el Código de Nuremberg.

## **R E L E V A T E**

Existe suficiente evidencia científica en cuanto a los beneficios del ejercicio en pacientes con lesión medular, pero no existe evidencia clara que indique los beneficios de terapias aplicadas en un medio acuático en conjunto con un entrenamiento físico-locomotor. Metodológicamente los estudios realizados sobre terapias que ayuden a la lesión medular son de baja calidad y no hay un consenso sobre cuál podría ser la más correcta por lo que este estudio será relevante para la comunidad científica porque establece una base de tratamiento unificado según la evidencia que existe, aporta información científica a cerca de la utilización del entrenamiento acuático en combinación con el entrenamiento físico-locomotor lo que da pie no solo al entrenamiento para mejorar la condición y desempeño en actividades de la vida diaria sino a un estilo de vida acorde con el deporte.

## **III.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **III.4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha, pertenecientes al Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante el año 2011.

### **III.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer un protocolo de entrenamiento tanto físico-locomotor como acuático para pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según la ASIA.
- Determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad según edad, sexo, espasticidad, fuerza y clonus.
- Determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de

pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la ejecución de la marcha según edad, sexo, espasticidad y fuerza.

- Establecer diferencias entre la disminución de la espasticidad en pacientes sometidos al entrenamiento físico-locomotor y al entrenamiento acuático asociado al entrenamiento físico-locomotor.
- Establecer diferencias entre el aumento de fuerza en pacientes sometidos al entrenamiento físico-locomotor y al entrenamiento acuático asociado al entrenamiento físico-locomotor.
- Establecer diferencias en términos de mejoría de las variables principales entre pacientes del sexo femenino y masculino.
- Establecer diferencias en términos de ascenso de respuesta sensitivo-motora en relación al nivel de lesión.

## **III.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

### **III.5.1.DISEÑO DEL ESTUDIO**

#### **ENSAYO CLÍNICO CONTROLADO ALEATORIZADO SIEMPLE CIEGO**

El diseño y realización de un ensayo clínico con éxito exige una amplia información sobre el tipo, la dosis y la duración de las intervenciones, el efecto probable de la intervención sobre la variable de resultado, los posibles efectos

adversos y la viabilidad de reclutar, aleatorizar y mantener a los participantes en el ensayo (56).

Se realizará un ensayo clínico con una muestra en base a un estudio piloto, ya que este estudio será una aplicación inicial, a pequeña escala, de un protocolo de estudio, con el fin de comprobar si el diseño es adecuado, establecer su viabilidad o recabar información que permita determinar el tamaño de la muestra de un estudio definitivo (57).

Se realizará una asignación de tratamientos en forma aleatoria y será enmascarado el evaluador, generando un estudio simple ciego. Todas estas características permitirán recabar posteriormente: un adecuado cálculo de tamaño muestral, ya que, se obtendrán cálculos sólidos de la tasa de la variable de resultado; el efecto de intervención sobre la variable principal (magnitud del efecto) y la variabilidad estadística de esta, haciendo posible la ejecución de un Ensayo Clínico Aleatorizado Simple Ciego, de las mismas características, pero con un resultado generalizable al resto de la población.

Algunas desventajas que presenta este diseño, es que pueden ser caros, desde el punto de vista del tiempo, recursos humanos y dinero, pero mejora notablemente la posibilidad de financiación de ensayos clínicos importantes y la posibilidad que el ensayo se complete con éxito.

## **IV.1 SUJETOS DEL ESTUDIO**

### **IV.1.1 POBLACIÓN DIANA**

Hombres y mujeres mayores a 21 y menores a 65 años de edad, con diagnóstico de lesión medular incompleta de clasificación C, D y E según la ASIA.

### **IV.1.2 POBLACIÓN ACCESIBLE**

Hombres y mujeres entre 21 y 65 años de edad con diagnóstico de lesión medular incompleta de clasificación C, D y E según la ASIA, pertenecientes al Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante los años 2010-2011 y que cumplan con los

critérios de inclusión y se les descarte los criterios de exclusión y expulsión.

## **IV.2. MUESTRA**

### **IV.2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

#### **IV.2.1.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Personas con edades entre 21 a 65 años de ambos sexos con diagnóstico de lesión medular incompleta de causa traumática, clasificación C, D o E de la ASIA, de 2 meses a 2 años de evolución.
- Pacientes con control de tronco
- Condición de paraplejia incompleta
- Espasticidad nivel 2 o menor, según escala de Ashworth
- Fuerza muscular  $\geq$  M3 de la musculatura sobre el nivel lesional.
- Fuerza muscular  $\leq$  M2 en la musculatura infralesional.
- Pacientes con control de esfínter ya sea voluntario o por medio farmacológico.
- Clínicamente estables.
- FIM mayor a 40 puntos.
- Paciente con capacidad cognitiva indemne.
- Firma del consentimiento informado.

#### IV.2.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Lesión medular congénita
- Pacientes con condiciones ortopédicas y neurológicas que alteren o puedan alterar la marcha.
- Pacientes embarazadas
- Pacientes que cursen procesos tumorales o presenten estado febril.
- Pacientes que tengan impedimentos con el contacto acuático.
- Paciente que actualmente participa en un programa de rehabilitación o de otro protocolo de investigación que puedan interferir o influir en las medidas de resultado del estudio actual.
- Pacientes con diagnóstico de:
  - Patologías óseas: Osteomielitis, Osteoporosis avanzada y fracturas recientes.
  - Afecciones cutáneas: úlceras, heridas abiertas, infección sistémica o localizada como por ejemplo celulitis (viral, bacteriana), suturas recientes, hematomas recientes, hipersensibilidad cutánea entre otras.
  - Otros trastornos degenerativos espinales como degeneración espinocerebelosa siringomielia entre otros.

#### IV.2.2.3. CRITERIOS DE EXPULSIÓN

- Pacientes que manifiesten su deseo de salir del estudio.
- Pacientes que no toleren el nivel de entrenamiento

- Pacientes que fallezcan durante el estudio.
- Pacientes que falten al 33% de las sesiones.
- Pacientes con traumatismos musculoesquéticos adquiridos durante la terapia.
- Cambios en la medicación contra la espasticidad durante el estudio.

### IV.3. FLUJOGRAMA DEL ESTUDIO

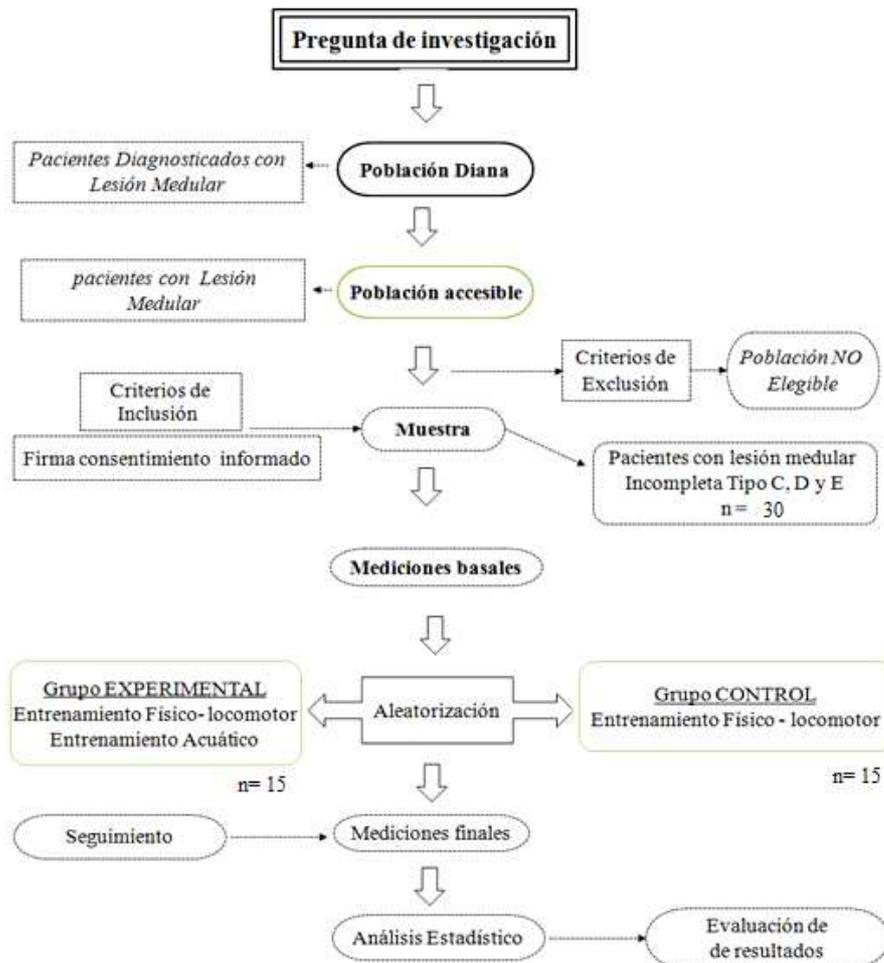


Figura 8: *Flujograma del estudio*

## IV. 4. VARIABLES Y MEDICIONES

### IV. 4.1. VARIABLE DE INTERVENCION

#### IV.4.1.1. VARIABLES DE EXPOSICIÓN O INDEPENDIENTE

##### IV.4.1.1.1. Variable entrenamiento físico-locomotor

###### **ENTRENAMIENTO FISICO-LOCOMOTOR**

<b>Definición conceptual</b>	Intento de mejorar la capacidad físico-locomotora de una persona; basado en las adaptaciones que se consiguen en todos los sistemas cuando se somete el organismo a un programa adecuado de actividad física.
<b>Medición</b>	Efectos del entrenamiento en los pacientes a través de las variables de respuesta como lo son la funcionalidad, marcha, espasticidad, nivel de lesión, grado de lesión y fuerza.

##### IV.4.1.1.2. Variable entrenamiento acuático

###### **ENTRENNAMIENTO ACUÁTICO**

<b>Definición conceptual</b>	Intento de mejorar las capacidades a través de la terapia acuática o hidroterapia como un proceso terapéutico que consiste en que todo el cuerpo o partes del mismo, entren en contacto con agua, actuando sobre el metabolismo, el sistema nervioso y la circulación sanguínea.
<b>Medición</b>	Efectos del entrenamiento en los pacientes a través de las variables de respuesta como lo son la funcionalidad, marcha, espasticidad, nivel de lesión, grado de lesión y fuerza

## IV.4.1.2. VARIABLES DE RESPUESTA

### IV.4.1.2.1. VARIABLES PRIMARIAS

#### IV.4.1.2.1.1. VARIABLE FUNCIONALIDAD

##### FUNCIONALIDAD

<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, ordinal
<b>Definición conceptual</b>	La funcionalidad o independencia funcional es la capacidad de cumplir acciones requeridas en el diario vivir, para mantener el cuerpo y subsistir independientemente, cuando el cuerpo y la mente son capaces de llevar a cabo las actividades de la vida cotidiana se dice que la funcionalidad está indemne. (58)
<b>Medición</b>	Medida de independencia funcional FIM
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Definición operacional</b></li></ul>	Se asigna un puntaje desde el 1 a 7 a cada uno de los 18 ítems que compone la escala, siendo un máximo de 126 puntos. FIM-motor va entre 13 y 91 puntos abarcando 13 de los 18 ítems, FIM-cognitivo va desde 5 a 35 puntos, abarcando 5 ítems restantes de la escala.
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Resultado</b></li></ul>	<p>7-6: independencia: no precisa ayuda de otra persona.</p> <p>5-4-3: dependencia modificada: el sujeto requiere a otra persona para supervisión o asistencia para realizar la actividad. Requiere una persona para el cuidado.</p> <p>2-1: dependencia completa: el sujeto realiza menos del 50% del esfuerzo. Máxima o completa ayuda es requerida o la actividad no sería realizada.</p>

	7: independencia completa
	6: independencia modificada
<i>Nivel de</i>	5: supervisión
<i>funcionalidad</i>	4: asistencia mínima
	3: asistencia moderada
	2: asistencia máxima
	1: asistencia total.

---

Tabla 4: *variable funcionalidad*

Para el Ministerio de Salud, la independencia funcional es sinónimo de funcionalidad, y agrega a esta definición la capacidad para mantener el cuerpo y subsistir independientemente. La FIM es un indicador de discapacidad, el cual se mide en términos de la intensidad de asistencia dada por una tercera persona al paciente con discapacidad, siendo el nivel 1: dependencia completa (asistencia total) y nivel 7: completa independencia; desarrollado para evaluar una gran variedad de discapacidades y es ampliamente utilizado en los centros de rehabilitación.

La FIM es la medida más ampliamente utilizada de la limitación funcional para la población con lesión medular durante la rehabilitación y es aceptada por la ASIA (59). Se diferencia de otros sistemas de medición en que éste no sólo mide grado de discapacidad, sino también la evolución, eficiencia y el resultado del programa de rehabilitación. En su totalidad se pueden desagregar seis dominios específicos: autocuidado, control esfinteriano, transferencias, locomoción, comunicación y cognición social.

**LIMITACIÓN:** En su descripción no se define ni establece un rango etario específico, ni tampoco una patología determinada para la cual esté diseñado, pero a pesar de ello se considera como un instrumento válido, sensible y confiable. La escala solo es confiable si los evaluadores tienen un entrenamiento previo en el manejo de dicha escala (60).

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Los valores obtenidos en los distintos ítems del FIM son sumados para obtener el FIM total, fluctuando entre 18 a 126 puntos. También existe la posibilidad de desagregar los puntajes en un FIM-motor (13 a 91 puntos), que consiste en la suma de los primeros 13 ítems y en un FIM-cognitivo (5 a 35 puntos), que representa los últimos 5 ítems. Se considera dependencia completa cuando el paciente es inferior al 50% del trabajo que requiere la máxima asistencia para realizar las actividades y las puntuaciones de uno y dos. (61)

**MODIFICADO:** Se considera el grado de dependencia.

**PUNTUACIÓN:** Se obtendrá el puntaje total 126 dividido por el puntaje obtenido para clasificar dentro de los 7 parámetros (ver ANEXO N°1).

#### IV.4.1.2.1.2. VARIABLE MARCHA

<b>MARCHA</b>	
<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, ordinal (FIM) Cualitativa, ordinal (WISCI)
<b>Definición conceptual</b>	Modo de locomoción bípeda con actividad alternante de los miembros inferiores y mantenimiento del equilibrio dinámico (62)
<b>Medición</b>	FIM motor
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Definición operacional</b></li> <li>• <b>Resultado</b></li> </ul>	<p>Se asigna un puntaje desde el 1 a 7 a cada uno de los 13 ítems.</p> <p>Entre 13 y 91 puntos, clasificados según nivel de funcionalidad de 1 a 7. (Ver variable FIM).</p>
<b>Medición</b>	Índice de caminata para la Lesión de Médula Espinal (WISCI II)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Definición operacional</b></li> <li>• <b>Resultado</b></li> </ul>	<p>Caminata 10 metros, incorpora 20 niveles, en el nivel 0: el paciente es incapaz de ponerse de pie y/o participar en la marcha, llegando al nivel 19 en donde: el paciente es capaz de deambular sin dispositivos, aparatos ortopédicos y asistencia física en los 10 metros.</p> <p>Ver anexo N°2, tabla 17</p>

Tabla 5: *variable marcha*

La marcha se compone por una sucesión de pasos, movimiento por sucesión alternante del apoyo de un pie o de los dos, o por la traslación del centro de gravedad humano desde un punto a otro; tratándose de una función automatizada mixta en la que intervienen la motilidad voluntaria, motilidad extrapiramidal, centros de coordinación, elementos coadyuvantes y centros corticales.

- MEDICIÓN

La Medida de Independencia Funcional FIM motor, donde las personas que obtienen cinco o menos puntos en los ítems de caminata son clasificados como pacientes con marcha dependiente (ver variable anterior) (63).

**FIM MOTOR:** el nivel motor es un mejor indicador de la función de auto-cuidado de nivel neurológico, existiendo correlación entre la mejoría de nivel neurológico con el ascenso del nivel motor; involucra alimentación, cuidado personal, baño, vestir la parte superior del cuerpo, vestir la parte inferior del cuerpo, aseo, control de la vejiga, control de esfínteres, la transferencia de la cama a la silla de ruedas, la transferencia de la silla de ruedas al inodoro, las transferencias en el cuarto de baño y ducha, caminar / silla de ruedas y escaleras.

- MEDICIÓN

A través del Índice de Caminata para la Lesión de Médula Espinal WISCI II, donde la puntuación total se utiliza como un resultado continuo de la dependencia para caminar (64) (65).

A partir de un estudio multicentrico internacional (año 2000), con el objetivo de desarrollar una escala de caminata más precisa para su uso en ensayos clínicos de los pacientes con lesión de la médula espinal y para determinar su validez y fiabilidad.

SUJETOS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnostico de lesión medular que sean capaces de pararse y caminar en barras paralelas.</li> <li>2. clasificados con ASIA A bajo T10 y ASIA B, C y D.</li> <li>3. Las personas con tetraplejia que requieren fuerza motora de tríceps de al menos grado 3 o ser capaz de soportar su propio peso corporal.</li> </ol>
AMBIENTE FÍSICO Y DISTANCIA ESTANDARIZADA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una superficie plana, no resbaladiza de 10 metros de longitud.</li> <li>2. Personas a pie a su propio ritmo.</li> </ol>
EQUIPO ESTANDARIZADO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Andadores convencionales.</li> <li>2. Muletas pueden ser Lofstrand (Canadiense) o axilar.</li> <li>3. Los aparatos ortopédicos u otros dispositivos como envolturas o férulas deben codificarse como un corsé y se describe como “otro”.</li> <li>4. Si los refuerzos de pierna larga son bloqueados o abiertos, deben ser identificados en los descriptores.</li> <li>5. La ropa no debe cubrir los brace, realizar una determinación visual de que el paciente tiene un aparato ortopédico.</li> </ol>
ASISTENCIA ESTANDARIZADA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cualquier contacto físico con el sujeto, incluido las barras, es considerado como asistencia física.</li> <li>2. La supervisión no se considera como asistencia física.</li> </ol>
DESCRIPTORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brace: aparatos ortopédicos, ya sea pierna corta o larga. (ferulización de las MMII para estar de pie se considera brace o pierna ortopédica larga)</li> <li>• Walker: o andador, es un andador rígido sin ruedas.</li> <li>• Muletas: pueden ser Lofstrand (canadiense) o axilar.</li> <li>• Barras: barra paralelas, recta convencional.</li> </ul>

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

El WISCI evalúa la cantidad de asistencia física, muletas o dispositivos necesarios para caminar 10 metros, incorpora 20 niveles, incluyendo el aumento de la asistencia física y dispositivos (dispositivos de brazos para el uso en barras paralelas, andadores, muletas y bastones, así como refuerzos en las piernas) requeridos para caminar. En el nivel 0: el paciente es incapaz de ponerse de pie y/o participar en la marcha, llegando al nivel 19 en donde: el paciente es capaz de deambular sin dispositivos, aparatos ortopédicos y asistencia física los 10 metros (66). Existe una variación de este instrumento que es el WISCI II el cual incorpora un tema adicional: deambula sin necesidad de dispositivos, con corsé y ningún tipo de asistencia. La distancia de 10 metros fue seleccionada ya que representa la deambulación promedio que se utiliza en el hogar y representa el sistema de medida de longitud internacional.

**Puntuación:** Al calificar Índice el WISCI II, se deben comprobar los descriptores que se aplican durante la caminata y luego asignar el nivel más alto en el desarrollo de la marcha. Se debe elegir el nivel en el que el paciente está seguro, a juzgar por el terapeuta y con nivel de confort. Si hay otros dispositivos diferentes de los descritos en las definiciones estándar, deben ser documentados. Si hay una discrepancia entre dos observadores, el nivel más alto debe ser elegido. Se registra en la escala de 0 a 20, el cambio en la puntuación se calcula restando la medición basal y final del WISCI II.

## **PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DE WISCI II (65) (66)**

- **DISEÑO:** construcción de una escala de caminar internacional por un método Delphi modificado.
- **OBJETIVO:** desarrollar una escala de caminata más precisa para su uso en ensayos clínicos de los pacientes con lesión médula espinal y determinar su validez y fiabilidad.
- **AJUSTE:** centros de LME en Australia, Brasil, Canadá, Corea, Italia, Reino Unido y los EE.UU.
- **MÉTODOS:** artículos originales fueron construidos por expertos en dos centros de Lesión medular (Italia y EE.UU) y ciegamente clasificados en orden jerárquico (datos experimentales). Estos artículos fueron comparados con la Medida de Independencia Funcional (FIM) de la validez concurrente, tras cegar y ordenar por rango "ciego" e independiente, los ítems fueron completados en los ocho centros (24 individuos y los equipos de ocho). el consenso final sobre la jerarquización fue alcanzado durante una reunión internacional (validación cara a cara). Una cinta de video compuesto por 40 clips de los pacientes caminando fue enviado a los ocho centros y se recogieron los datos de fiabilidad entre los evaluadores.
- **RESULTADOS:** Coeficiente de concordancia de Kendall de los datos experimentales fue significativa ( $W= 0.843$ ,  $P<0,001$ ) indicando el acuerdo entre los expertos en el ordenamiento de los elementos originales. Comparación de la FIM (coeficiente de correlación de rangos de Spearman =

0,765,  $P < 0,001$ ) mostraron una relación teórica, sin embargo una diferencia práctica en lo que se mide por cada escala. Coeficiente de concordancia Kendall para la clasificación ciega jerárquica internacional mostró significancia ( $W = 0,860$ ,  $P < 0,001$ ) si está de acuerdo en la clasificación de pedido a través de los ocho centros. La reunión del Grupo de consenso dio lugar a un grado jerárquico 19 artículos. Confiabilidad inter-evaluador de puntuación de los 40 clips de vídeo mostraron una concordancia del 100%.

- CONCLUSIÓN: Esta es la primera vez que una escala de caminar de esta complejidad se ha desarrollado y juzgado por un grupo internacional de expertos. El WISCI mostró una buena validez y fiabilidad, pero es necesario evaluar en el ámbito clínico de la capacidad de respuesta.
  
- COEFICIENTE DE CONCORDANCIA DE KENDALL DE LOS DATOS EXPERIMENTALES ( $W = 0.843$ ,  $P < 0,001$ )
  - Coeficiente de correlación de rangos de Spearman = 0,765,  $P < 0,001$
  - Coeficiente de concordancia Kendall para la clasificación ciega jerárquica internacional ( $W = 0,860$ ,  $P < 0,001$ )
  - Confiabilidad inter-evaluador= 100%

(Ver ANEXO N°2)

#### IV.4.1.2.2. VARIABLES SECUNDARIAS

##### IV.4.1.2.2.1. VARIABLE NIVEL DE LESIÓN

###### NIVEL DE LESION

<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, nominal
<b>Definición conceptual</b>	Nivel neurológico de la lesión (NNL), corresponde al segmento más caudal intacto, tanto para la función motriz como para la sensitiva, determinándose a través de dermatomas y miotomas
<b>Medición</b>	Escala de deterioro ASIA (ASIA IMPAIRMENT SCALE)
<b>Definición operacional</b>	Cada músculo se evalúa de forma simétrica y bilateral usando como registro el Test Muscular Manual (MMT ver variable de fuerza). De esta forma se obtiene un índice motor (IM) y el grado de lesión medular de forma porcentual. El nivel sensitivo se explora mediante tacto superficial fino ( <i>light touch</i> ) y dolor superficial o sensibilidad al dolor ( <i>pin prick</i> ) en dermatomas específicos
<b>Resultado</b>	Desde C2 a S4

Tabla 6: *variable nivel de lesión*

Si el segmento caudal intacto es el mismo a ambos lados del cuerpo, el NNL, se puede identificar como solo un segmento; por ejemplo NNL C6 (intacto C6 y afectado C7).

- DEFINICIÓN OPERACIONAL (67)

EXAMEN DE LA FUNCIÓN MOTORA: se lleva a cabo mediante el examen de los miotomas asignados por la normativa ASIA, a sólo un segmento neurológico de cada uno de los músculos clave, correspondientes a 10 grupos musculares. (Ver ANEXO N°3- tabla 8).

Esta exploración nos permitirá establecer un nivel motor, o nivel a partir del cual se objetiva una disminución o ausencia de movimiento voluntario, lo que va a indicar la altura a la cual se ha producido la lesión en la médula espinal. Es importante destacar que existen niveles medulares que no tienen una clara representación metamérica motora (los primeros niveles medulares cervicales, los torácicos y los sacros); es por esto que, para determinar la altura de la lesión con exactitud, se debe complementar la exploración con el examen de la sensibilidad. El nivel motor es determinado por el grupo muscular clave caudal, con una valoración mayor a 3 (M3) y el segmento proximal de fuerza muscular normal de valor 5 (M5); un valor de 4 puede ser considerado como normal si la opinión del examinador considera que dicha fuerza no es 5 debido a la presencia de dolor, desacondicionamiento o contractura y no es debilidad real.

De esta forma se obtiene un índice motor (IM) o índice de valoración motora y el grado de lesión medular de forma porcentual; si cada músculo en condiciones normales recibe una puntuación de 5 según el MMT, cada extremidad aportaría 25 puntos siendo un total de 100 puntos representando las 4 extremidades; la

contracción anal se incluye como parte del examen motor y se valora como presente o ausente (68). Al restar 100 puntos que sería el total normal del individuo, menos el IM determinado se arroja el porcentaje de la lesión.

Ejemplo: 5 (puntos) x 10 (músculos) x 2 (bilateral) = 100 IM

Porcentaje de lesión= 100 % - IM

## EXAMEN DE LA SENSIBILIDAD

El nivel sensitivo se explora mediante tacto superficial fino (*light touch*) con la punta de un alfiler y dolor superficial o sensibilidad al dolor (*pin prick*) con la cabeza de un alfiler, aplicados en dermatomas específicos (ver ANEXO N°3 - tabla 8). Se realiza con el paciente colaborador y consiente, a ojos cerrados. Aunque es posible percibir el tacto superficial, la sensibilidad se califica como ausente si el pinchazo no produce una sensación intensa. El nivel se determina de modo bilateral en función al último dermatoma con sensibilidad dolorosa normal.

Casi todos los músculos están inervados por más de un segmento radicular, generalmente dos; si un músculo es inervado sólo por uno de sus segmentos, se producirá una debilidad muscular, por ejemplo si un músculo se valora con 3 (M3) se considera que tiene al menos 1 de sus 2 segmentos (segmento proximal); un músculo con valoración de 5 (M5) puede ser considerado inervado por ambos segmentos radiculares espinales. Para el examen de la sensibilidad existen 28 dermatomas clave, cada uno de los cuales será explorado por separado, utilizando una escala de 3 puntos (0=ausente, 1= afectado, 2=normal), la comparación se

realiza con la sensación en la cara, es decir si el paciente percibe al mismo nivel el pinchazo en el musculo clave como lo es el mismo pinchazo en la cara. El índice máximo posible es 112 pinchazos, presión y roces.

ZONA DE CONSERVACION PARCIAL (ZPP): se determina si la zona de dermatomas y/o miotomas presentan inervación parcial. Pasos a seguir:

1. Determinar los niveles sensoriales para los lados derecho e izquierdo.
2. Determinar los niveles de motor para los lados derecho e izquierdo.

*Nota: en las regiones donde no hay miotoma para poner a prueba, el nivel de motor se presume que es el mismo que el nivel sensorial.*

3. Determinar el nivel neurológico único. *Este es el segmento más bajo donde la función motora y sensitiva es normal en ambos lados, y es el más craneal de los niveles sensible y motor determinada en los pasos 1 y 2.*

#### IV.4.1.2.2.2. VARIABLE GRADO DE LESIÓN

##### GRADO DE LESIÓN

<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, ordinal
<b>Definición conceptual</b>	El grado de daño a la médula espinal determina si la lesión es total o parcial.
<b>Medición</b>	Escala de deterioro ASIA (ASIA IMPAIRMENT SCALE)
<b>Definición operacional</b>	Se evalúa el nivel más bajo con función motora bilateral. Se clasificara en lesión completa cuando no hay función sensitiva ni motora en los segmentos bajos, en tanto la lesión incompleta será cuando existe conservación de al menos cierta función motora y/o sensitiva por debajo del nivel dañado, con función conservada de las raíces S4-S5.
<b>Resultado</b>	<p><b>A=Completo:</b> sin función motora ni sensitiva conservada en los segmentos sacros S4-S5.</p> <p><b>B=Incompleto:</b> función sensitiva pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico e incluye los segmentos sacros S4-S5.</p> <p><b>C= Incompleto:</b> función motora conservada por debajo del nivel neurológico y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico con grado muscular <math>\leq 3</math>.</p> <p><b>D= Incompleto:</b> función motora conservada por debajo del nivel neurológico y al menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico con grado muscular <math>\geq 3</math>.</p> <p><b>E= Normal:</b> función motora y sensitiva normal.</p>

Tabla 7: variable grado de lesión

Utilización de la misma escala para la valoración del nivel de lesión, correlacionando la evaluación sensitiva como motora.

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

1. Determinar si la lesión es completa o incompleta (Preservación sacra).

<b>Criterios</b>	<b>respuesta</b>	<b>Lesión</b>
- Contracción voluntaria anal - sensación anal - evaluaciones sensoriales S4-5	NO NO cero	COMPLETA
<i>De lo contrario</i>	/	INCOMPLETA

Tabla 8: *criterios de determinación de la lesión completa o incompleta*

2. Determinar grado según escala AIS (Asia Impairment Scale)

<b>Criterios</b>	<b>Respuesta</b>	<b>AIS</b>	<b>Observación</b>
Lesión COMPLETA	SI	<b>A</b>	Registro ZPP: (Para más bajo registro de dermatoma o miotoma, la ZPP en cada lado con alguna conservación)
Lesión INCOMPLETA	NO	<b>B</b>	(Sí = contracción anal voluntaria o la función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en un lado determinado).
Tiene por lo menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel de lesión neurológico calificado	NO SI	<b>C</b> <b>D</b>	

en 3 o mejor			
Si la sensación y la función motora es normal en todos los segmentos	SI	E	AIS se utiliza en el seguimiento de la prueba cuando un individuo con una lesión medular documentada ha recuperado la función normal.

Tabla 9: *clasificación según asia impairment scale, del grado de lesión medular.*

Si en la prueba inicial no se encuentran déficit, el individuo es neurológicamente intacto; la Escala de Deterioro ASIA no se aplica.

#### IV.4.1.2.2.3. VARIABLE FUERZA

<b>FUERZA</b>	
<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, ordinal
<b>Definición conceptual</b>	La fuerza muscular es la expresión de la tensión muscular transmitida al hueso a través del tendón.
<b>Medición</b>	Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato Locomotor
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Definición operacional</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Resultado</b></li> </ul>
0	Cero o nulo
1	Escaso
2- (1,5)	Malo negativo
2	Malo o pobre
2+	Malo positivo
3- (2,5)	Regular negativo
3	Regular o débil
3+	Regular positivo
4- (3,5)	Bueno negativo

4	Bueno
4+	Bueno positivo
5	Normal

Tabla 10: *variable fuerza*

La evaluación muscular analítica responde a la necesidad de cuantificar clínicamente la fuerza muscular. Se basa en el concepto del peso del segmento (resistencia patrón) y en el de resistencia manual del examinador. Así, se valoran los músculos como más, menos o igualmente fuertes que el efecto de la fuerza de gravedad. La contracción es de tipo concéntrica y el movimiento es de forma voluntaria (68)(69). Para evaluar la fuerza muscular de los participantes, se utilizará el protocolo de la Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato Locomotor que gradúa la fuerza muscular de los pacientes por medio de puntajes motores, en una escala de 0 a 5 (M0 a M5) (70), con un resultado graduado desde 0 = nulo a 5 = normal. Se aplicará en músculos claves asignados por la ASIA especificados en la variable nivel de lesión (Ver ANEXO 3- tabla N°8)

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Dentro de la evaluación motora inicialmente se demuestra el movimiento de forma pasiva y luego se solicita al paciente mover de forma activa los diferentes grupos musculares en forma sistemática desde proximal a distal; de esta manera se logra identificar el primer grupo de músculos no funcionales y nivel neurológico al que corresponde la lesión complementariamente. Como la musculatura puede ser inervada por raíces provenientes de otros niveles de la médula espinal, muchas

veces se conserva parcialmente la función, por lo tanto es necesario evaluar si es que existe contracción y cuantificar el nivel de contracción en una graduación de 0 a 5 (tabla 11) donde los grados de 0, 1 y 2 se prueban en posición de gravedad mínima y las restantes se evalúan contra gravedad. La resistencia se aplica isométricamente, manteniéndose al final de la prueba de amplitud para determinar los grados antigravitarorios (71) (72).

Se debe tomar en cuenta la edad, sexo, peso del paciente, la actividad profesional (sedentario o trabajador de fuerza) y deportiva, al inicio y post intervención (ver ANEXO N°4).

#### **IV.4.1.2.2.4. VARIABLE ESPASTICIDAD**

##### **ESPASTICIDAD**

<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, ordinal (74)
<b>Definición conceptual</b>	La espasticidad es la resistencia dependiente de la velocidad contra un movimiento pasivo (OMS).
<b>Medición</b>	Escala de Ashworth modificada
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Definición operacional</b></li> </ul>	Se evalúa la resistencia de la parte afectada cuando se mueve pasivamente a través del rango disponible de movimiento, en diferentes articulaciones según se encuentre en MMII o MMSS. La escala original que incluye 5 grados desde el 0 al 4, luego al añadirse un grado intermedio de 1+ (escala modificada) definiéndose este grado como un ligero tope y una resistencia continuada mínima a lo largo del rango (75).
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Resultado</b></li> </ul>	0, 1, 1+, 2, 3 ó 4

Tabla 11: *variable espasticidad*

La afectación de primera motoneurona hace que la espasticidad sea una complicación frecuente en la lesión medular, es necesario el control del aumento desmesurado del tono muscular, así como la lesión de segunda motoneurona nos deriva la hipotonía. La espasticidad tiene como etiología una lesión de la médula espinal o sus elementos neurales dentro del canal espinal. Esta lesión puede ocurrir tanto por trauma como por enfermedad. El daño neuronal afecta la transmisión y la recepción de mensajes desde el cerebro hacia los sistemas sensoriales, motores y automáticos. Puede afectar cualquier músculo del cuerpo haciendo que el movimiento sea difícil y torpe. No puede ser curada, sin embargo, debe ser tratada o manejada. (Ver ANEXO N° 5)

#### IV.4.1.3. VARIABLES DE CONTROL

##### IV.4.1.3.1 Variable edad

###### **EDAD**

<b>Tipo de Variable</b>	Cuantitativa, continúa.
<b>Definición conceptual</b>	Tiempo que lleva existiendo una persona o ser vivo desde su nacimiento
<b>Medición</b>	Cedula de identidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Definición operacional</b></li> </ul>	Se determina el periodo de vida desde la fecha de nacimiento hasta el momento actual, o periodo que se quiera determinar.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Resultado</b></li> </ul>	Años, meses y días de vida

Tabla 12: *variable edad*

#### IV.4.1.3.2 Variable sexo

### SEXO

<b>Tipo de Variable</b>	Cualitativa, nominal dicotómica
<b>Definición conceptual</b>	Se refiere a la división del género humano: hombre o mujer; Cada individuo pertenece a uno de estos grupos, por lo tanto a uno de los dos sexos. La persona es o de sexo femenino o masculino.
<b>Medición</b>	Cedula de identidad
• <b>Definición operacional</b>	Determinación del sexo a través de la identificación de la letra F o M en la cedula de identidad.
• <b>Resultado</b>	F = Femenino , M = Masculino

Tabla 13: *variable sexo*

## IV. 5. TAMAÑO MUESTRAL

La muestra constituye un subconjunto de las unidades componen la población. En el cálculo del tamaño de la muestra en estudios analíticos, como lo es el Ensayo Clínico (76).

En el caso de no existir ningún estudio con las características de este, es necesario realizar un cálculo de muestra en base a un estudio piloto, por ejemplo aleatorizar las 30 primeras personas y con estos datos, realizar el cálculo de la muestra lo que se llama proceso iterativo.

La población de referencia se define según la extrapolabilidad del estudio, la prevalencia no es suficiente para calcular el tamaño de muestra pues no se cuenta

con los datos a nivel de la comuna de Temuco, solo existe un antecedente, que nos destaca una población entre los años 1973 y 2005, una cantidad de 255 pacientes, de los cuales el 63% correspondería a regiones.

En el Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena existe un registro del año 2008-2009 siendo un total de 24 pacientes, pero que cumplan con los criterios selección corresponderían a 11 pacientes, pero se destaca que no se encuentra la información completa, además, nuestra muestra correspondería a los pacientes que presenten lesión medular incompleta en el año 2009-2010 y los que se recluten en los primeros 6 meses del año 2011, estimativamente se calcula una población de 30 pacientes, tomándose como muestra piloto, muy cercana a la realidad, según el aumento de la prevalencia de esta condición (77).

#### **IV.6. ALEATORIZACIÓN**

La aleatorización corresponde a un método para maximizar la probabilidad de que los grupos sean homogéneos en sus características basales, que dispone de la edad, el sexo y otras características pronosticas de partida que podrían confundir una asociación observada (incluso las que se desconocen o no están medidas) se distribuyan con equidad, salvo por la aparición del azar, entre los grupos aleatorizados. Las dos características más importantes son que el procedimiento realmente distribuya los tratamientos al azar y que las asignaciones sean resistentes a la manipulación, de modo que los factores intencionados o no intencionados no influyan en la Aleatorización (78).

Por lo tanto la aleatorización ya que maximiza la homogeneidad entre los grupos lo que es crucial en el ensayo clínico si se realizará en este estudio, además se realizará bajo el método de aleatorización denominado Ralloc “*Random Allocation*” de bloques y tamaños de bloques al azar e implementado en el software estadístico Stata 10.0. Este método aleatorio en bloques, corresponde a la aleatorización secuencial de acuerdo al origen de ingreso de los pacientes seleccionados en el estudio.

De esta manera se establecerá un grupo control, que recibirá el tratamiento basal de entrenamiento físico-locomotor y el grupo experimental que además de recibir el entrenamiento físico-locomotor recibirá el entrenamiento acuático complementario.

La Aleatorización estratificada por bloques puede aumentar ligeramente la potencia de un ensayo pequeño reduciendo la variación del resultado debido a desproporciones casuales en importantes variables iniciales.

Para este estudio, se utilizará en la aleatorización de la muestra un método probabilístico; *el error de muestreo* corresponde a la diferencia entre el resultado obtenido en la muestra y el verdadero valor de la característica en la población.

#### **IV.7. ENMASCARAMIENTO**

El enmascaramiento o cegamiento es una estrategia clásica que, si bien no impide un sesgo global en las mediciones, puede eliminar los sesgos diferenciales que afectan más a un grupo de intervención que al otro. Consiste en ocultar la

asignación del tratamiento asignado, así como el curso que éste tenga en cada grupo.

El enmascaramiento que se utilizará será simple ciego ya que el evaluador no sabrá que pacientes pertenecer al grupo de intervención o al grupo de control; los terapeutas si conocerán las terapias a las que se someten los pacientes y los pacientes sabrán a que terapia estarán sometidos.

<b>Cegamiento</b>	<b>Conocimiento del tratamiento asignado</b>	
	Paciente	evaluador
<b>simple</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>

---

## **CAPITULO V: INTERVENCIONES**

---

### **REHABILITACIÓN DEL LESIONADO MEDULAR**

La meta rehabilitativa de los pacientes con lesión medular es lograr la máxima función física, medica, emocional, educacional, vocacional y social de los pacientes con lesión medular. El conseguir los mayores beneficios posibles depende de la edad del paciente, su estado medico anterior, afección neurológica, recursos disponibles y su motivación.

La marcha es la meta inicial para la mayoría de los pacientes con lesión medular, el pronóstico final para parapléjicos es de un 76%, capaces de obtener esta capacidad en 1 año después de la lesión (79) (80).

### **V.1. INTERVENCION FÍSICO-LOCOMOTOR Y ACUÁTICO**

La intervención será en un periodo comprendido de 12 meses, con un trabajo de 44 semanas, con una evaluación al inicio de la intervención, a los 6 meses iniciada está, luego a los 12 meses en su culminación, y posteriormente en

un seguimiento de 6 meses; en el periodo comprendido de 44 semanas se verá el progreso de la terapia, siendo que en cada etapa se establecerán objetivos claros que deben ser cumplidos, para pasar a la siguiente etapa, independiente del ritmo a al que progrese cada paciente, deberá cumplir todos los objetivos y así seguir en la terapia, se registrara en cuanto tiempo se produce este cambios, para realizar los análisis posteriores.

<b>ENTRENAMIENTO FÍSICO- LOCOMOTOR</b>	<b>ENTRENAMIENTO ACUÁTICO</b>
<b>La progresión será por fases IV fases en las cuales se tendrán objetivos de intervención.</b>	La progresión será por IV fases en las cuales se tendrán objetivos de intervención.
<b>FASE: SEDESTACIÓN</b>	FASE: ADAPTACIÓN AL MEDIO
<b>FASE: FUERZA</b>	FASE: CONTROL POSTURAL Y ROTACIONES
<b>FASE: BIPEDESTACIÓN</b>	FASE: TRABAJO MUSCULAR
<b>FASE: MARCHA</b>	FASE: AUTONOMÍA EN EL MEDIO

### **V.1.1 PRINCIPIOS BASICOS DE LA INTERVENCIÓN**

- *Contactos manuales.* La posición de las manos del fisioterapeuta debe estimular la participación del paciente, entregar la información sobre el movimiento que le solicitamos para que este sea guiado y dirigido ya sea en

tierra como en el medio acuático. En este sentido se deben buscar zonas de la piel que sean más sensibles o segmentos óseos.

- *Estimulación verbal.* El kinesiólogo deberá utilizar comandos verbales preparatorios claros para explicar al paciente el patrón de movimiento, ejercicios, pausas e instrucciones en general, deben ser órdenes claras y enérgicas para que el paciente ejecute la acción.
- *Estimulación visual.* La vista dará al lesionado medular una importante información espacial, para reforzar el movimiento, esta será entregada por el kinesiólogo como por los espejos ubicados en el lugar.
- *Asistencia:* El kinesiólogo asistirá en compañía de los internos de kinesiología en la ejecución de los movimientos inicialmente y dependiendo de la progresión o avance del paciente requerirá cada vez menos ayuda de terceros, en la terapia locomotora pero en el agua siempre constara con ayuda de terceros evitando así cualquier tipo de riesgo.
- *Disposición del paciente:* en cada ejercicio propuesto permitirá mejorar la rapidez de reacción, un trabajo ameno en post de su rehabilitación necesitándose la total colaboración en la ejecución de los ejercicios.

## **V.2. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO FÍSICO-LOCOMOTOR ETAPA CRONICA**

La intervención base será el entrenamiento desarrollado en el gimnasio, se desarrollaran trabajos de movilizaciones pasivas, activas asistidas, activas y contra resistencia tanto a nivel supralesional como a nivel infralesional teniendo en

cuenta las características de cada paciente, si presentan flacidez o espasticidad de las extremidades, buscando posturas inhibitorias, posturas que prevenían la rigidez, reeducación muscular, potenciación de la musculatura sana, músculos abdominales y espinales, posicionamientos en diferentes planos como horizontal, inclinado y vertical, ejecución de trabajo propioceptivo y equilibrio en diferentes posiciones, ejecución de transferencias de peso y por ultimo reeducación de la marcha ya sea en paralelas, andador, bastones que utilicen los pacientes en su condición de cronicidad e independencia de la bipedestación y marcha si es posible.

## **V.2.1 ENTRENAMIENTO EN GIMNASIO**

---

### **V.2.1.1. FASE: SEDESTACIÓN**

---

Requisito de la fase: control de tronco en los diferentes planos

#### **OBJETIVOS**

- Potenciar el desarrollo muscular  $\geq$  M3 de musculatura de tronco.
- Coordinar movimientos de la cintura escapular y cintura pelvica.
- Lograr mayor independencia en los giros y desplazamientos en posiciones bajas e intermedias.

**Ejecución:** los ejercicios se realizaran en las camillas, en las sillas si es que corresponde, balón terapéutico como en las colchonetas. La progresión de los ejercicios será dependiente de las capacidades de cada paciente.

#### SEDESTACION DE SILLA A SUELO

- *transferencias silla-suelo*



#### SEDESTACION EN COLCHONETAS

- *Automovilizaciones articulares de MMSS*



- *Automovilizaciones articulares de MMII*



- *Estiramientos de los MMSS*



- *Estiramientos de los miembro paralizados infralesional MMII*

- *Estiramiento de columna*

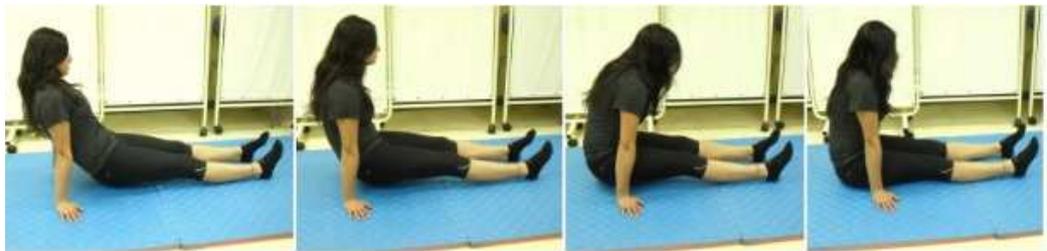
- *sentarse sobre talones*



- *ejercicios de coordinación empujar y traccionar*
- *ejercicios de equilibrio en colchonetas en diferentes direcciones*
- *ejercicio de trepa*



- *Ejercicios de movilidad y desplazamientos*



- *Reptar*



- *Voltear*



- *marcha sobre las manos*



- *marcha en 4 pies*

- *colocación de ortesis si las utiliza*

- *Sedestacion en balón - ejercicios de equilibrio - ejercicios de equilibrio en camilla con MMII colgando*



---

### V.2.1.2. FASE: FUERZA

---

- OBJETIVOS**
- Aumentar la fuerza supralesional a M5
  - Aumentar la fuerza infralesional  $\geq$  M3
  - Concientizar capacidades motora

Puede ser ejecutado en las diferentes posiciones en las que se encuentre el paciente, ya sea en decúbito, sedestacion y bipedestación. Se requiere del refuerzo muscular, ya que el incremento de la fuerza de la musculatura residual les permitirá alcanzar la máxima independencia dentro de sus limitaciones, además el movimiento será un importante estímulo para la que esté en vías de recuperación. Se aplicara de forma rítmica mejorando así la respuesta motora debido al bombardeo que con estos estímulos se hace del asta anterior medular.

**Ejecución:** Se desarrollará generalmente desde los sectores proximales a los distales. La fuerza y el control del sector proximal es esencial para la estabilidad, además teniendo en cuenta que los receptores de las articulaciones proximales son activos tanto en reposo como en movimiento (en las articulaciones distales sólo son activos al principio y final del movimiento) la información sensorial se potenciará más a este nivel.

Muchos protocolos se han propuesto mejorar la capacidad física, pero la mayoría utiliza una amplia variedad de características intensidad, duración o frecuencia, por lo tanto, cualquier programa de readaptación para responder a los criterios de seguridad, eficiencia y personalización de las necesidades incluyen una evaluación inicial de la capacidad (de prueba esfuerzo) y un programa de ejercicios individualizado en comparación con los datos de la prueba de esfuerzo.

En esta intervención se trabajará en base a la progresión según el método de Holten, basado en la teoría de entrenamiento en medicina, la *resistencia muscular* se enfatiza realizando alrededor de 30 repeticiones al 60% de 1 RM. Para la *fuerza muscular* realizando entre 8 a 12 repeticiones al 80% o 100% de 1 RM. Para lograr combinación de *fuerza y resistencia muscular*, Holten propuso realizar de 20 a 25 repeticiones al 70% de 1 RM.

#### **ENTRENAMIENTO DE FUERZA**

- *Ejercicios activos MMSS*
- *Ejercicios activos asistidos MMII*
- *Ejercicios activos MMII*

#### **EJERCICIOS ACTIVOS RESISTIDOS MMSS**

- SEDENTE* - *Trabajo de gran dorsal y trapecio inferior (push up) con MMII apoyado.*
- *Trabajo de mancuernas para Bíceps*
- *Trabajo de mancuernas para tríceps*
- *Trabajo de polea alta para tríceps*

- Trabajo de polea media (remo)
- Trabajo de gran dorsal y trapecio inferior (push up) con MMII suspendido ayuda terapeuta.
- SUPINO* - Trabajo de pres banca pectorales

#### **EJERCICIOS ACTIVOS RESISTIDOS MMII**

- SEDENTE* - extensores de rodilla (resistencia manual)
- extensores de rodilla en banco de cuádriceps
- dorsiflexores con resistencia manual
- dorsiflexores con resistencia elástica
- SUPINO* - flexión de cadera con resistencia manual
- flexión de rodillas con resistencia manual
- PRONO* - Extensiones de cadera con resistencia manual
- Flexión rodilla con resistencia manual

#### **EJERCICIOS ACTIVOS PARA TRONCO**

- - abdominales con rodillas flectadas
- Abdominales con rodillas extendidas
- Abdominales en plano inclinado
- Dorsales en plano inclinado
- Dorsales desde decúbito prono
- Dorsales desde flexión de tronco a prono (suspensión)

---

### V.2.1.3. FASE: BIPEDESTACIÓN

---

#### OBJETIVOS

- Aumentar la fuerza infralesional  $\geq$  M4
- Tolerar la posición de bípeda
- Lograr equilibrio es bipedestación
- Control de cintura pélvica

**Ejecución:** se realizará esta fase en barras paralelas inicialmente para otorgar la seguridad al paciente, sin temor a caídas que tenga un apoyo constante.

#### BIPEDESTACIÓN EN BARRAS PARALELAS

Presencia de férulas de escayola sujetadas con vendas elásticas, o férulas metálicas, con cinchas que deben de mantener la rodilla en extensión. Para iniciar la Bipedestación en paralelas y el entrenamiento para la marcha es importante tener un buen equilibrio en sedestación.

- *Flexoextensión del tronco con rebote*
- *Hiperextensión de tronco y pelvis con rebote*



- Mantener el equilibrio frente al espejo



- Mantener el equilibrio sin espejo



- Equilibrio más elevación de ambos MMSS a la vez.



- Equilibrio más ambos MMSS y palmeando las manos por sobre la cabeza.



- Equilibrio más manos delante y atrás alternadamente.



- Equilibrio más manos delante y atrás simultáneamente



- Pulsiones-elevaciones con los codos en extensión.



- Tijeras con MMII



- pendular el cuerpo hacia delante-atrás.

- pendular hacia los lados

- *pendular circularmente*
- *pulsar-elevar el cuerpo con giro completo en 4 tiempos.*
- *frente a una paralela llevar manos atrás frente a una paralela tomado con ambas manos de una llevar las manos alternadamente y en conjunto a la que se encuentra en sus espaldas.*
- *Una mano en paralela y la otra en bastón, llevar bastón delante-atrás*
- *Pulsiones con una barra y un bastón*
- *Pulsiones y suspensiones sobre ambos bastones*
- *Recoger bastón u otro objeto del suelo*
- *Caer sentado al suelo y levantarse*

---

#### **V.2.1.4. FASE MARCHA**

---

##### **OBJETIVOS**

- Fuerza igual  $\geq$  M4 infralesional
- Equilibrio en bipedestación
- Coordinación entre ideación y ejecución

En la comunidad, el concepto de marcha incluye la capacidad para transferirse independientemente desde la silla, caminar distancias razonables dentro y fuera de la casa, sin la ayuda de terceros, con o sin ortesis o dispositivos de ayuda. Para ello los pacientes precisan de flexores de la cadera  $>$  M3 y extensores de rodilla  $>$  M3 unilaterales.

**Ejecución:** inicialmente será entre las paralelas, para progresar a los costados de estas, utilizando apoyos si lo requiere y culminar con la marcha independiente o con ayuda técnica si lo requiere.

#### MARCHA EN PARALELAS

- **Marcha paso a paso:** siempre que exista cierta posibilidad de impulso del pie hacia adelante, directa o indirectamente por pulsión-rotación pélvica. Se avanzará primero con la mano opuesta al pie que vaya a desplazarse y posteriormente lograr el avance al mismo tiempo.
- **Marcha en trípode:** paciente apoyándose sobre las manos, ejecuta cierto grado de pulsión con los MMSS, desplazando simultáneamente hacia delante ambas extremidades inferiores. Según si los pies se detengan antes de llegar a la altura de las manos, alcancen estas o las sobrepasen, se tendrá los tipos de trípode inicial, medio o completo.

#### MARCHA CON ANDADOR O MARCHA SEMIPENDULAR

- Para la casa o terreno llano. Paciente apoya manos en flexión de codos 90° levanta el andador y lo desliza hacia anterior, impulsando posteriormente.

#### MARCHA INDEPENDIENTE

- El parapléjico se entrenará en terrenos lisos,



marchas con elevaciones y descenso de escaleras y rampas, caídas y levantamiento, y pasos de obstáculo.

### **V.3. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO ACUÁTICO**

Esta terapia será la intervención que recibirán las pacientes del grupo experimental. La terapia se realizará 3 veces a la semana, con un tiempo estimado de entre 20 minutos y 1 hora a continuación de la terapia basal. Antes de ingresar a la piscina se realizara un calentamiento previo el que consistirá en realizar estiramientos. Además, serán nivelados en cuanto a transferencias silla de ruedas-suelo y suelo piscina (81).

Una vez en el agua se buscará una pronta adaptación al ambiente acuático, se realizaran movilizaciones y técnicas tendientes a: restablecer los patrones normales de movimiento, fortalecimiento, elongación y relajación muscular, facilitación del movimiento e inhibición de la espasticidad.

---

#### **V.3.1 FASE: ADAPATACIÓN AL MEDIO Y CONTROL RESPIRATORIO**

---

- Aclimatación al entorno acuático

- Adaptarse a nuevas sensaciones de gravedad, equilibrio, movimiento y propulsión.

#### **OBJETIVOS**

- Lograr la flotación con la máxima independencia posible
- Demostrar conciencia de la diferencia entre el tiempo inspiratorio y espiratorio
- Aplicar técnicas para la espiración por la boca, la nariz y ambos a la vez.

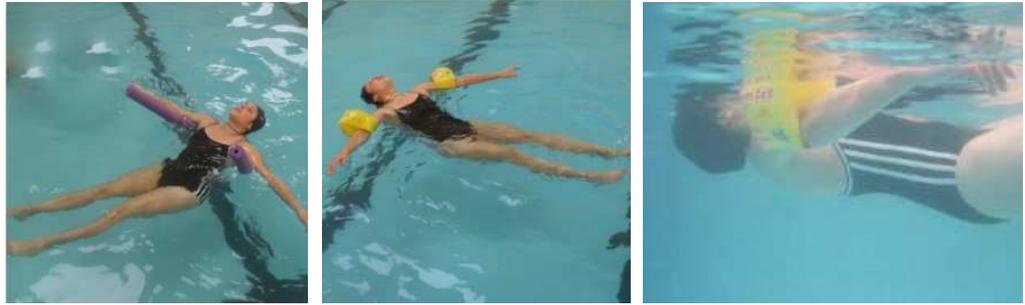
**Ejecución:** los ejercicios se realizarán en la piscina, con la ayuda de elementos que proporcionen flotabilidad al paciente. La progresión de los ejercicios será dependiente de las capacidades de cada individuo.

#### **ADAPTACIÓN AL MEDIO ACUÁTICO**

- *Posición supina para mayor seguridad*



- *Disminución gradual de flotadores*



- *Verticalización del cuerpo y contacto de zonas sensibles al agua (nariz ojos, oídos)*



- *Bombeo frente a frente*



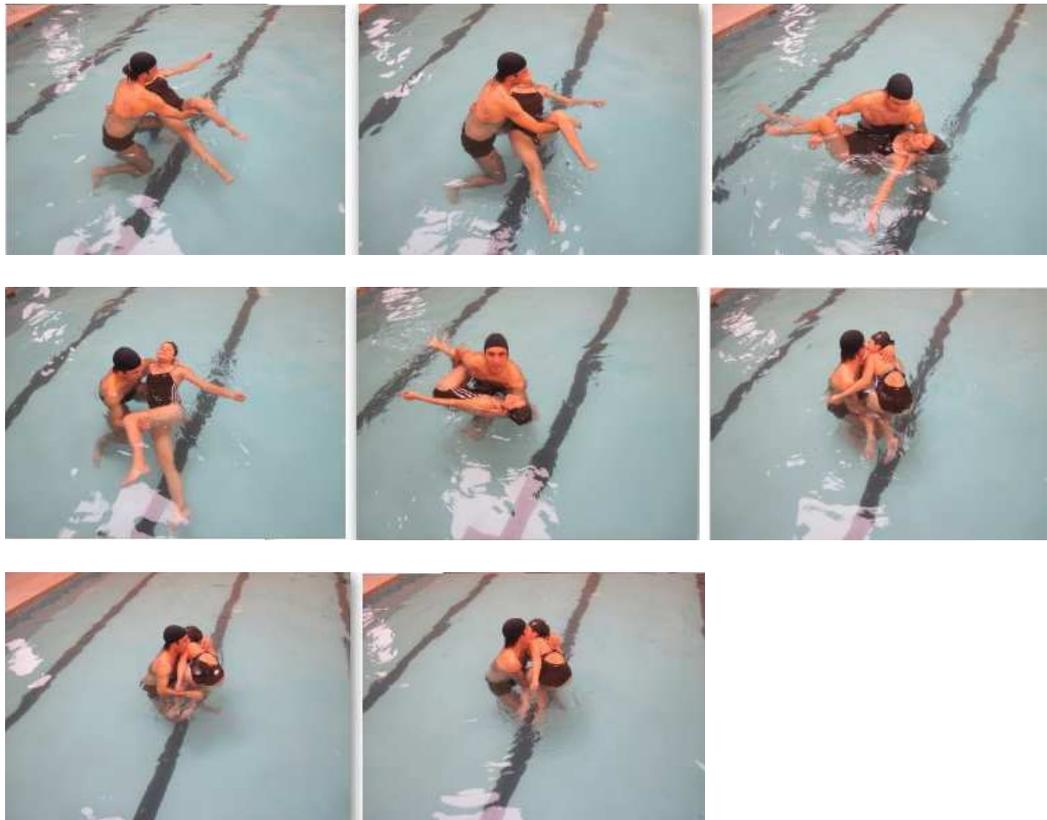
- *Bombeo con apoyo lateral*



- *Bombeo tomada posterior*



- *Progreso a la posición fetal: relajación*



---

### V.3.2 FASE: APRENDIZAJE DEL CONTROL POSTURAL Y ROTACIONES

---

#### OBJETIVOS

- Lograr realizar rotación en el plano sagital
- Lograr realizar rotación en el plano frontal
- Lograr realizar rotación longitudinal
- Lograr realizar rotación combinada
- Desarrollar control de equilibrio en diferentes planos

**Ejecución:** Se realizarán giros en los distintos planos de movimiento, con una progresión de planos sagital-frontal-longitudinal, para poder finalizar en una combinación de movimientos que integra la totalidad de los planos. Al mismo tiempo será de utilidad para poner en desarrollo el control postural ayudado por la lentitud de los movimientos y la relativa estabilidad proporcionada por la resistencia del agua la cual también proporciona un fácil manejo por parte del terapeuta.

- *Rotación plano sagital*



- *Rotación plano frontal*



- *Rotación longitudinal*



- *Disociación*



- *Rotación combinada*



---

### V.3.3. FASE: TRABAJO MUSCULAR

---

- Aumentar fuerza  $\geq$  M3 infralesional
- OBJETIVOS**
- Preparar las extremidades inferiores para la carga de peso
  - Aumentar resistencia muscular

**Ejecución:** Se realizarán ejercicios con la ayuda de sistemas de flotación los que preferentemente serán anillos, utilizando las bases del método Bad Ragaz se realizarán movimientos pasivos o activos de hidrocinesiterapia en el cual el Kinesiólogo proporciona un punto fijo desde el cual el paciente trabaja; al mismo tiempo dirige y controla todos los parámetros de la ejecución del ejercicio, sin que el paciente se una a ningún sitio o equipo fijo. Estas ayudas de flotación también ayudan a hacer lentas las rotaciones del cuerpo.

El posicionamiento e inflación de las ayudas de flotación son muy importantes. Los flotadores deben posicionarse de modo que no impidan el movimiento. Cuando los anillos están muy inflados, el cuerpo se hace inestable y permanece muy fuera del agua, lo que disminuirá la resistencia provocada por la misma. Se puede esperar un menor desarrollo de la fuerza.

Los anillos deben dar apoyo en el centro de gravedad, aproximadamente a nivel de S2 y no en la cintura. Un collar alrededor del cuello ayudara a alinear la columna cervical y mantenerla neutra, además de permitir que el paciente oiga las instrucciones del kinesiólogo. El terapeuta es el punto de fijación para el paciente

durante todo el ejercicio, por lo tanto debe estar en equilibrio estable, evitando el movimiento excesivo. Por consiguiente la profundidad ideal del agua no debe sobrepasar la novena vertebra torácica, niveles más altos comprometerían la estabilidad del terapeuta. Movimientos y ejercicios serán aplicados ya sea de manera pasiva, o con la ayuda de contracciones isométricas e isotónicas por parte del paciente. La resistencia a estos movimientos debe ser aplicada según las condiciones de cada paciente.

El tiempo mínimo no debe ser inferior a 15 min, especialmente en pacientes con debilidad significativa. Los ejercicios de fortalecimiento en estos pacientes deben tener como mínimo 1 ½ a 3 minutos de descanso entre cada intervalo para evitar una fatiga muscular. En estos casos se recomienda, 6 contracciones para comenzar en los músculos débiles y para grupos musculares fuertes son posible 12 a 16 contracciones.

Para entrenar la capacidad aeróbica o resistencia la terapia debe durar al menos 30 min. Las contracciones musculares deben ser más de 20 contracciones submaximas por serie, con descansos de 1 min entre cada repetición. Durante este descanso otro grupo muscular es ejercitado mientras el grupo muscular ejercitado previamente se relaja.

Se utilizaran patrones para poder trabajar en el cuerpo a través de las piernas, el tronco o los brazos. También pueden ser clasificados en patrones unilaterales o bilaterales. El patrón bilateral tiene opciones simétricas y

asimétricas. Todos los patrones de movimientos son aplicados en la posición supina.

Se trabajará sólo extremidades inferiores, siendo las afectadas en la condición de paraplejia, por lo tanto, un trabajo específico en el aspecto de disociaciones, activaciones musculares, trabajo en los diferentes planos, precursores para ejecutar la marcha, teniendo claro, el trabajo en cadenas musculares y como ellas influyen el equilibrio.

- **PATRÓN RECÍPROCO UNILATERAL:** el centro de gravedad se aleja de la línea media haciendo que el cuerpo, rote o gire en su eje longitudinal, se debe contrastar con acción muscular y se basa en los movimientos automáticos.
- **PATRÓN RECÍPROCO BILATERAL:** es difícil de alcanzar pues el paciente tiende a rotar sobre su eje longitudinal, se trabaja en etapas más avanzadas, cuando se logra la estabilidad total y mayor control.

### V.3.3.1 EJERCITACIÓN

#### V3.3.1 PATRÓN RECÍPROCO UNILATERAL

- **Extremidad isotónica**

Flexión - aducción - rotación  
externa con rodilla en flexión

- **Extremidad isométrica**

Extensión - aducción - rotación  
externa con rodilla extendida



**Klgo:** se encuentra a los pies del paciente. Mano derecha toma la planta del pie izquierdo del paciente. Los dedos tocan medialmente, y el pulgar toca el borde lateral del pie. El codo derecho se fija en su propia cresta ilíaca derecha. La mano izquierda toma el pie desde lateral sobre el dorso del pie derecho del paciente. Los dedos llegan a la parte medial de la zona delantera del pie, y el pulgar toca el borde lateral del pie. La pierna izquierda se aproxima, el comando es "mantente rígido". Una tracción simultánea en la pierna derecha comienza con el comando "Tira el pie y dedos de los pies hacia arriba, doble las rodillas, y tire de ella hacia el hombro izquierdo". Figura 9.

Figura 9: *Patrón recíproco bilateral: flexión, aducción, rotación externa con rodilla en flexión, isotónica (derecha), ext., aducción, rotación externa con rodilla extendida, isométrico (izq.)*

- **Extremidad isotónico**

Flexión – abducción – rotación  
interna con rodilla en flexión

- **Extremidad isométrica**

Extensión – abducción – rotación  
interna con rodilla extendida



Figura 10: *Patrón recíproco bilateral: flexión, abducción, rotación interna con rodilla en flexión, isotónico (derecha), extensión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isométrico (izquierda).*

**Klgo:** se encuentra a los pies del paciente. La mano derecha del terapeuta tiene la palma de su mano en la planta del pie izquierdo del paciente. Los dedos tocan el lado medial, y el pulgar toca el borde lateral del pie. El codo derecho del terapeuta es fijo en su contra o su propia cresta ilíaca derecha. La mano izquierda del terapeuta sostiene el dorso del pie derecho del paciente con un pulgar en aducción, acercándose desde lateral, y los dedos en el borde medial. La pierna izquierda del paciente se aproxima, el comando es "ponte rígido". Una tracción simultánea en la pierna derecha comienza al mismo tiempo con el comando "tira el pie y los dedos del pie hacia arriba, dobla la pierna y tira hacia arriba y afuera". Figura 10.

- **Extremidad isotónica**

Extensión – aducción – rotación  
externa con rodilla en flexión

- **Extremidad isométrico**

Flexión – aducción – rotación  
externa con rodilla extendida



Figura 11: *Patrón bilateral recíproco: extensión, aducción, rotación externa con rodilla en flexión, isotónico (derecha), flexión aducción, rotación externa con rodilla extendida, isométrico (izquierda).*

**Clgo:** se encuentra con una postura amplia, además toma el pie de la pierna isométrica del paciente. La mano derecha toma con la palma el dorso del pie derecho del paciente. Los dedos tocan el borde medial y el pulgar toca el borde lateral del pie del paciente. La mano izquierda llega por debajo de la pierna y mantiene la estabilización de la planta del pie de la pierna izquierda del paciente. La palma de la mano está en la planta del pie cercana al dedo pequeño del pie, se utiliza para proporcionar el estímulo necesario para la flexión plantar e inversión. La pierna derecha del paciente se ve facilitada en la tracción, el comando es "Mantén o sostiene". Una ligera aproximación a través de la planta del pie izquierdo aumenta la flexión dorsal y pronación (por la posición inicial). El comando es "Empuja tu pie y contra mi mano, dobla la rodilla, y lleva el pie hacia abajo y adentro" figura 11.

- **Extremidad isotónica**

Extensión – abducción – rotación  
interna con rodilla en flexión

- **Extremidad isométrica**

Flexión – abducción – rotación  
interna con rodilla extendida



Figura 12: *Patrón bilateral recíproco: extensión, abducción, rotación interna con rodilla en flexión, isotónica (derecha), flexión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isométrico (izquierda).*

**Clgo:** se encuentra a los pies del paciente. La mano izquierda sostiene con el pulgar en aducción, desde lateral, el dorso del pie derecho del paciente. Los dedos quedarán en dirección medial. La mano derecha en supinación completa, toma la planta del pie izquierdo del paciente. Los dedos están en el borde medial y el pulgar en el borde lateral del pie. La pierna derecha del paciente se ve facilitada en la tracción, el comando es "Mantén o sostiene". Una ligera aproximación a través de la planta del pie izquierdo aumenta la flexión dorsal e inversión (por la posición inicial).

El comando es "Empuje el pie izquierdo y los dedos en la mano, dobla la rodilla, y llevar el pie hacia abajo y hacia fuera." Durante el movimiento, el terapeuta avanza con su pierna derecha hacia el paciente. Figura 12.

- **Extremidad isotónica**

Flexión- abducción – rotación interna con rodilla extendida

- **Extremidad isotónica**

Extensión – abducción – rotación interna con rodilla extendida



Figura 13: *Patrón recíproco bilateral: flexión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isotónico (derecha): extensión, abducción, rotación interna con rodilla extendida, isotónico (izquierda).*

**Clgo:** se encuentra al costado de la rodilla derecha del paciente. La pierna del paciente se coloca en rotación interna y abducción. La mano derecha sostiene el dorso del pie derecho del paciente. Los dedos se dirigen al borde lateral y el pulgar en el borde medial del pie. El brazo se extiende. La mano izquierda sostiene ventrolateralmente la pierna o el muslo. El paciente activamente mantiene la pierna en ligera flexión, aducción y rotación externa. La pierna derecha del paciente se ve facilitada en la tracción, el comando es "Levante su pie derecho y mantenga la pierna". Al mismo tiempo, el comando de la pierna izquierda es "Empuje el pie izquierdo en el agua y empuje la pierna estirada hacia abajo y hacia fuera". El movimiento se lleva a cabo en contra de la fuerza de empuje del anillo alrededor del tobillo izquierdo. La cantidad de aire en el anillo determina la cantidad de resistencia. Figura 13.

### V.3.3.2. PATRONES SIMÉTRICOS BILATERALES

#### - **Extremidades isotónicas**

Flexión – aducción – rotación externa, rodillas y tronco en flexión



Figura 14: *Patrón simétrico bilateral: flexión, aducción, rotación externa con rodillas y tronco flexionado.*

#### - **Extremidades isotónicas**

Extensión – abducción – rotación interna, rodillas y tronco en extensión.



Figura 15: *Patrón simétrico bilateral: extensión, abducción, rotación interna con rodillas y tronco en extensión*

**Klgo:** permanece de pie con una a los pies del paciente. Ambas manos en supinación toman las plantas de ambos

**Klgo:** El terapeuta permanece de pie con una postura amplia a los pies del paciente. Ambas manos cruzan el dorso de los pies del paciente, los dedos tocan la cara medial de los pies, y el pulgar se encuentra en la 5ta articulación MTF. El comando es "lleve los dedos de los pies y las rodillas al anillo, los pies juntos, y la cabeza llévala hacia las rodillas".

Figura 14.

pies con la yema de los dedos se sostiene la zona medial de ambos pies, y los pulgares. El comando es "empuje los dedos de los pies y los pies en mis manos, empuje las piernas dentro del agua, y lleve la cabeza hacia atrás". La posición del paciente es inestable alrededor del eje longitudinal. Este patrón usualmente es combinado con el modelo anterior: la rotación de flexión-aducción-externa con flexión del tronco. Las sujeciones tienen que cambiar rápidamente en las posiciones finales. Ambos modelos son adecuados para entrenar la iniciación de movimientos y para relajar los músculos.

- 
- **Extremidades isotónicas**  
Flexión – abducción – rotación interna, flexión de rodillas y tronco



Figura 16: *patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con flexión de tronco y rodillas.*

- **Extremidades isotónicas**  
Extensión – aducción – rotación externa, extensión de rodillas y tronco.



Figura 17: *Patrón simétrico bilateral: extensión, aducción, rotación externa con extensión de rodillas y tronco.*

**Klgo:** permanece de pie a los pies del paciente. Las manos del terapeuta sostienen desde lateral el dorso de ambos pies. Los pulgares están en aducción, y los dedos apuntan en sentido medial. Los pies del paciente permanecen en contacto con las manos. El comando es "Tire de los dedos y pies hacia arriba, doble las piernas, Lleve la cabeza hacia el anillo".

**Klgo:** permanece de pie con una postura amplia a los pies del paciente. Las manos del terapeuta sostienen la planta de los pies, los pulgares se ubican en la zona medial de la base de la articulación de los dedos gordos, y los dedos están en la planta cerca del dedo pequeño. El comando es "Empuja los dedos de los pies y los pies en mis manos, extiende y junta tus piernas". Este patrón generalmente se combina con el modelo anterior: la rotación de flexión-abducción-interna con la flexión del tronco.

- **Extremidades isotónicas**

Flexión – abducción – rotación interna,  
rodillas extendidas y tronco en flexión.



Figura 18: *Patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con extensión de rodillas y flexión de tronco.*

- **Extremidades isotónico**

Flexión – abducción – rotación interna,  
rodillas extendidas, extensión de tronco



Figura 19: *Patrón simétrico bilateral: flexión, abducción, rotación interna con rodillas y tronco en extensión*

**Algo:** El terapeuta permanece de pie con una postura amplia a los pies del paciente. El terapeuta sostiene los pies por lateral cruzando los dorsos de ambos pies. Los dedos son aducidos y se fijan medialmente. El comando es “Tira tus dedos y pies hacia arriba, lleva tus talones hacia afuera, separa tus piernas y siéntate”. Figura 17.

**Algo:** El terapeuta permanece de pie con una postura amplia a los pies del paciente. Las manos del terapeuta toman desde lateral el dorso de los pies. Los pulgares están en aducción, y los dedos apuntan en sentido medial. El comando es "Tire dedos de los pies y los pies para arriba, girar los talones hacia fuera, y separe las piernas".

---

#### V.3.4. FASE: AUTONOMÍA EN EL MEDIO

---

##### **OBJETIVOS**

- Lograr desplazamientos independientes en el agua
- Mejorar o mantener cualidades físicas (resistencia, fuerza, velocidad, capacidad cardiovascular)

**Ejecución:** En esta fase será promovida la natación como un factor importante de la rehabilitación, ya que, como actividad de ocio puede promover la socialización, la aceptación discapacidad, la autoestima y la preservación independencia. En el aprendizaje de la natación serán enseñados movimientos adaptados según las capacidades que cada paciente muestre, potenciándolas y reacondicionándolas para poder obtener un desplazamiento en el agua. Esta sección de la rehabilitación será realizada por el profesional competente en el área de enseñanza de habilidades deportivas, en este caso será el Profesor de Educación Física.

El aprendizaje comenzará con ayuda de respaldo técnico, en este caso flotadores, los que serán retirados según las capacidades logradas por cada individuo. Se debe cuidar el balance entre ayudas técnicas y capacidades funcionales, de nada servirá tener el pacientes rodeado de flotadores ya que estos harán que la actividad carezca de la dificultad necesaria para poder lograr el aprendizaje y limitaran la capacidad de independencia al momento de retirarlas.

**MANEJO DE DATOS Y PLAN DE ANÁLISIS****VI.1. HIPÓTESIS**

Se denomina hipótesis a la transformación adicional que se realiza a la pregunta de investigación en una versión final y más específica, que resume los elementos del estudio y tiene como principal objetivo establecer la base para las pruebas de significación estadística (76).

Estas deben ser factibles de someterse a prueba empírica, por lo tanto son guías para una investigación, es decir, indican lo que estamos buscando o tratando de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado, formulada a manera de proposiciones.

### VI.1.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACION $H_i$

Corresponden a proposiciones tentativas acerca de la distribución de una variable en una población, o las posibles relaciones entre dos o más variables.

- *Existen diferencias estadísticamente significativas entre la efectividad del protocolo de entrenamiento acuático y el entrenamiento físico-locomotor en pacientes con lesión medular incompleta en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha.*

### VI.1.2. HIPÓTESIS NULA $H_0$

Constituyen proposiciones acerca de la relación entre las variables, sino que sirven para refutar o negar lo que afirma la hipótesis de investigación.

- *No existen diferencias estadísticamente significativas entre la efectividad del protocolo de entrenamiento acuático y el entrenamiento físico-locomotor en pacientes con lesión medular incompleta en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha.*

### VI.1.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA $H_a$

Corresponde a las posibilidades distintas que pueden plantearse ante las hipótesis de investigación y nula, ofrecen otra descripción o explicación distinta de las que proporcionan estos tipos de hipótesis (77).

- *Aparecerán diferencias estadísticamente significativas entre la efectividad del protocolo de entrenamiento acuático y el entrenamiento físico-locomotor en pacientes con lesión medular incompleta en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha.*

## **VI.2. PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico se divide en dos partes, inicialmente para el estudio piloto y luego para los resultados del estudio; en cualquiera de las dos etapas, se divide en la descripción del estudio, la descripción de las características básicas de los pacientes, edades, sexo, nivel de actividad física y en análisis son las variables de respuesta como lo son la funcionalidad y la marcha.

Las variables de intervención son los tratamientos y las variables de respuesta son los resultados y las variables de control son las condiciones que podrían estar asociadas como adherencia, sexo, nivel educacional entre otros y todo esto debe ser analizado estadísticamente.

### **VI.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Permite sintetizar los datos, facilita el resumen de la información a través de indicadores numéricos, minimizando el error o la pérdida de la información. Contribuye a la organización de la información de manera clara y comprensible (83).

A través del análisis descriptivo se examinará las distribuciones de los valores de cada una de las variables cualitativas recogidas del estudio, permitiendo detallar y analizar sistemáticamente las características homogéneas del fenómeno estudiado, admitiendo en consecuencia el uso de medidas estadísticas tales como para las variables cualitativas como lo son el sexo, grado de lesión, nivel de lesión, se expondrá a través de frecuencias de cada grupo, mientras que para los datos de las variables cuantitativas, sean continuos o discretos como lo son el índice de caminata, la edad, la fuerza muscular, y la espasticidad, se expondrán las medidas de tendencia central como promedios o medianas, según corresponda y de dispersión como lo es la desviación estándar o rango intercuartílico, según corresponda. Las características basales del grupo control y experimental también serán comparadas.

Todos estos datos serán presentados mediante gráficos y tablas, analizados en una base de datos en Microsoft Excel para su posterior análisis.

## **VI.2.2. ANÁLISIS INFERENCIAL**

Es aquella parte de la estadística que provee de técnicas que permite estimar parámetros y probar hipótesis que hacen referencia a toda la población en estudio. Permite inferir de una muestra la probabilidad de que una variable exhiba determinados valores de una población, contribuye en la toma de decisiones y probar hipótesis sobre el comportamiento de las variables (84).

Para comparar analizar las variables, se realizaran sus respectivas evaluaciones al inicio, a los 6 meses de intervención, al año de la intervención y posteriormente a los 6 meses tras la culminación de la intervención lo que sería el seguimiento. Se analizarán de la siguiente forma los datos proporcionados por el estudio.

El nivel de significación para las pruebas estadísticas será de un 5%, con una potencia del 80%, es decir, un error Beta del 20%.

En función de las 4 evaluaciones de las variables principales, es decir funcionalidad y marcha, correspondientes a variables de tipo cualitativas ordinales, se utilizara el modelo de regresión logística ordinal.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	MEDICION	PRUEBA ESTADISTICA
Funcionalidad	Cualitativa ordinal	FIM	Modelo de regresión logística
Marcha	Cualitativa ordinal	FIM motor	
	Cualitativa ordinal	WSCI	

*Comentario:*

Regresión logística ordinal: cuando la variable dependiente es de tipo cualitativa categórica u ordinal, con más de dos valores que se pueden ordenar cardinalmente, como es el caso de las variables principales del estudio, se analizarán a través de este modelo, en función a que las evaluaciones son 4 a lo largo del estudio y se ajusta a través de la función *logit*.

Existen tres formas de análisis en el método de regresión logística para variables ordinales, la primera opción consiste en reducir sus dimensiones agrupando categorías hasta dicotomizarlas, la segunda opción es poder transformarlas en variables dummy, y la tercera opción puede arriesgarse a transformarlas como variable continua, asumiendo que el cambio de valor entre cada categoría ordenada es lineal y proporcional, todo se realizará con el programa SPSS (85).

### **VI.2.2 Análisis multivariado**

Consideraremos este análisis en el caso de que las variables de control se vuelvan potencialmente modificadoras de efecto o confundentes. Realizaremos un análisis de regresión lineal múltiple para un modelo de asociación, que consiste en determinar si las variables de control modifican la relación que existe entre la variable de exposición y las variables de respuesta. Se requerirá identificar la relación diferente en los distintos niveles y se hará el análisis por separado en cada una. En las variables modificadoras de efecto o confundentes se compararán los coeficientes del modelo crudo, sin esta variable de control, y luego los coeficientes del modelo ajustado.

---

## CAPÍTULO VII | CONSIDERACIONES ÉTICAS

---

Los principios éticos son fundamentales en el desarrollo de una investigación en seres humanos; deben encontrarse ligados de forma íntima e inseparable. Estando presentes tres aspectos básicos de la investigación: el área temática, la metodología y la ética o bioética.

Toda investigación en seres humanos debe basarse y respetar tres principios éticos básicos: respeto a las personas, beneficencia-no maleficencia y justicia (86).

Éticamente para asignar un tratamiento mediante aleatorización, como ocurre en los ensayos clínicos y específicamente en este estudio, conforma el equilibrio entre las ramas del protocolo. Es decir, las pruebas actuales no muestran que una rama u otra es superior (87), es lo que se podrá determinar una vez obtenidos los resultados. En este caso la evidencia científica es escasa en cuanto a la efectividad de un entrenamiento acuático en lesionados medulares, no así en lo que se refiere a ejercicio físico-locomotor el cual será la base para ambos grupos,

por lo cual se tiene certeza que ambos grupos serán sometidos a un tratamiento que no perjudicara a los participantes.

Las aplicaciones prácticas de nuestro estudio serán: el balance entre beneficios y riesgos, la selección equitativa de los participantes, autorización del comité de ética, reserva de datos y aplicación del consentimiento informado. También se solicitará la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de La Frontera.

#### VII.1. RIESGOS Y BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN

El entrenamiento acuático como el entrenamiento físico-locomotor poseen un mínimo riesgo de producir lesiones físicas, daño psicosocial o molestias de otro tipo producidas por su aplicación en los participantes.

Y en base al principio de beneficencia, se cumplirá con todos los criterios de empleo de las técnicas para reducir al mínimo los riesgos y de esta manera hacerlos proporcionales a los beneficios esperados.

La participación exclusiva de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E en esta investigación los beneficia directamente, por estar relacionados con su propia enfermedad y por recibir una mayor atención y mejores cuidados, ya que el enfoque terapéutico es más focalizado.

## VII.2 SELECCIÓN DE INDIVIDUOS PARA LA INVESTIGACIÓN

La selección de individuos debe ser equitativa, esto significa que los beneficios y perjuicios de la investigación deben distribuirse uniformemente entre los grupos a estudiar. Para esto, cumpliendo con el principio ético de justicia es que se conseguirá que los dos grupos sean tratados de forma similar, es decir, que en cada uno de los grupos se obtendrán similares beneficios, ya que la evidencia demuestra que la aplicación de la terapia control señala ser efectiva de por sí, en el tratamiento del pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E.

## VII.3 AUTORIZACION DEL COMITÉ DE ÉTICA

El estudio será presentado al comité de ética de la Facultad de Medicina perteneciente a la Universidad de la Frontera-Temuco y ante la institución “Asociación Cristiana de Jóvenes YMCA-Temuco”

## VII.4 CONTROL DE DATOS

Se mantendrá absoluto hermetismo en la obtención, manejo y difusión de los datos, siendo de vital cautela con los pacientes, se le informará en un informe final acerca de sus mejorías de forma lo más explicativa.

## VII.5 CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para que el principio de respeto a las personas sea considerado, es que se entregará la información adecuada a los potenciales participantes sobre el estudio

de forma escrita y explícita, a través de un documento similar a los formularios de consentimiento informado, salvo que los sujetos no tienen que firmarlas, correspondiente a la copia de la descripción del estudio, incluyendo los objetivos tanto generales como específicos y procedimientos del estudio, los posibles beneficios y riesgos, las condiciones para su participación o retiro y la confidencialidad de los datos.

Se garantizará, la disposición y tiempo necesario para responder preguntas o entregar datos adicionales que surjan durante el estudio y asegurándose que cada individuo comprende todos los procedimientos.

Cada participante deberá tomar la decisión de participar en el estudio, manifestándose a través de la firma del consentimiento informado, además, siendo aprobado y supervisado por un comité de ética. (Ver ANEXO N°6) (88)

#### VII.6. EFECTO PLACEBO

Para evitar efecto placebo en los pacientes que sean parte del grupo experimental, se ha determinado que al grupo de control también se le someterá a una terapia acuática pero solo consistirá en un baño de relajación de 15 minutos permaneciendo en la piscina, la última sesión de cada mes, así ambos grupos tendrían contacto con el medio acuático uno con la terapia y el otro no, pero sí con el entrenamiento físico-locomotor.

Se tomara en cuenta que las dependencias poseen las instalaciones confortables para la participación de todos los pacientes, resguardando los resfríos, sin que posean cambios de temperatura, adquisición de infecciones entre otros.

---

## **C A P Í T U L O V I I I | A D M I N I S T R A C I Ó N Y P R E S U P U E S T O**

---

### **ADMINISTRACIÓN**

A continuación se detallarán cada uno de los integrantes del equipo multiprofesional que participará en la ejecución del proyecto de investigación, además de mencionar cada uno de los roles, responsabilidades y el costo monetario que significa la participación de ellos. Se describe el lugar físico donde se aplicara el entrenamiento acuático y en el entrenamiento físico-locomotor, el costo de la implementación, los insumos básicos y otros costos extras.

### **VIII.1. EQUIPO MULTIPROFESIONAL**

#### **VIII.1.1. EQUIPO DE TRABAJO**

El equipo de trabajo de este proyecto de investigación, que cumplirá con las funciones designadas y gracias a ellos se podrá llegar al objetivo del estudio

estará conformado por dos Investigadores Principales, dos Kinesiólogos tratantes que serán los mismos investigadores principales, un kinesiólogo evaluador, un Bioestadístico, dos internos de kinesiología pertenecientes a la universidad de la frontera, un profesor de pedagogía en educación física, deportes y recreación y una Secretaria.

### VIII.1.2. DEFINICIÓN DE ROLES

#### **Investigadores principales**

- Coordinadores generales de la investigación
- Realización del protocolo de tratamiento tanto acuático como físico-locomotor en base a la evidencia.
- Encargados de conformar el equipo de trabajo y asignar roles.
- Reclutarán la muestra de los pacientes con lesión medular
- Velarán por la confidencialidad de datos
- Velarán por el cumplimiento del cronograma
- Difundirán los resultados obtenidos
- Confirmarán el cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión
- Aplicarán el consentimiento informado a los pacientes que cumplan con los criterios de selección, previa explicación de los procedimientos que se llevarán a cabo durante la investigación y de las consideraciones éticas del estudio.

- Encargados de la organización y ejecución de reuniones periódicas con el equipo de profesionales para verificar el avance del estudio y supervisar el cumplimiento del cronograma establecido.
- En conjunto con el estadístico realizarán el análisis de los resultados.
- Responsables de los aspectos económicos del estudio, administrar presupuesto.
- Encargados de la difusión y publicación de los resultados.

### **Tres Kinesiólogos**

#### **Kinesiólogos 1A – 1B**

Un kinesiólogo 1ª realizará en entrenamiento físico-locomotor para ambos grupos, es decir para el grupo de control y para el grupo experimental, mientras, que el kinesiólogo 1B, realizará el entrenamiento acuático, para el grupo experimental y al grupo de control los llevara al baño de piscina de 15 minutos son ejecutar la terapia.

- Recibirán capacitación en la ejecución de entrenamiento acuático y entrenamiento físico-locomotor.
- Ejecutarán el entrenamiento acuático en pacientes del grupo de intervención.
- Ejecutarán el entrenamiento físico-locomotor.

### **Kinesiólogo 3 Evaluador**

- Realizará las evaluaciones a los pacientes tanto del grupo de intervención como el grupo de control.
- Registrará los resultados de cada evaluación en una base de datos de forma confidencial y para el resto de los participantes de la investigación.
- Realizará las re-evaluaciones al final de la intervención.
- Confirmará el diagnóstico de los pacientes.

### **Profesor**

- Pedagogía en educación Física, deportes y recreación.
  - Asistencia en bases al entrenamiento acuático, natación y trabajo de flotabilidad.

### **Bioestadístico**

- Realizará la asignación aleatoria de los tratamientos a los pacientes.
- Ingresará en la base de datos los resultados del estudio.
- Realizará el análisis estadístico descriptivo e inferencial.
- Realizará la interpretación de los datos junto con los investigadores principales.

### **Secretaria**

- Estará a cargo del registro de la asistencia de los pacientes a las distintas intervenciones.

- Citará a los pacientes a las sesiones de tratamiento a una hora y fecha determinada.
- Archivará en un principio de forma confidencial, los datos obtenidos de los sujetos bajo estudio.

### **Personal colaborador**

- Se contempla la participación de la Comisión Ética de la Facultad de Medicina, perteneciente a la Universidad de la Frontera y al Comité de ética de la Asociación Cristiana de Jóvenes YMCA-Temuco, quienes regularán y supervisarán el cumplimiento de todos los aspectos éticos de la investigación.
- Participación de 2 estudiantes internos de la carrera de kinesiología pertenecientes a la Universidad de la Frontera
  - Asignación de horas y fechas a los participantes.
  - Asistirán a los kinesiólogos en las terapias tanto acuática como físico-locomotora.
  - Ratificarán el cumplimiento de los criterios de selección.

## VIII.2. MATERIALES E IMPLEMENTOS

<b>Entrenamiento físico- locomotor</b>	<b>Entrenamiento acuático</b>	<b>Generales</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Camillas clásicas</li><li>• Colchonetas</li><li>• Barra paralela de marcha compuesta</li><li>• Theraband</li><li>• Espejos</li><li>• Mancuernas</li><li>• Pesas</li><li>• Balones terapéuticos</li><li>• Treadmil</li><li>• Bicicletas elípticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Flotadores</li><li>• Tablas</li><li>• Cinturones de flotabilidad</li><li>• Mancuernas</li><li>• Anillos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador de escritorio</li><li>• Multifuncional</li><li>• Tinta</li><li>• Escritorio</li><li>• Silla acolchada</li><li>• Hojas</li><li>• Lápices</li><li>• Insumos básicos</li><li>• Comunicaciones</li></ul>

## VIII.3. LUGAR FÍSICO

Las intervenciones que se requieren será ubicadas en la *Asociación Cristiana de Jóvenes YMCA* Temuco, con la disposición de una sala de ejercicios de 40 x 30 metros aproximadamente, con espejos laterales para realizar en entrenamiento físico-locomotor y una piscina temperada de 5 x 10 metros con 1

metro de profundidad, con una temperatura de 34° aproximadamente siendo controlados cada 2 horas, para la ejecución del entrenamiento acuático, ubicados en las instalaciones del recinto.

#### VIII.4. PRESUPUESTO

A continuación se puntualizará la estimación de los recursos económicos necesarios, para la ejecución de esta investigación, expresados en moneda nacional, para las remuneraciones de los profesionales y para conseguir los implementos básicos para ejecutar el proyecto de investigación.

El financiamiento de este proyecto se obtendrá mediante la postulación de fondos concursables de organizaciones estatales como no estatales interesados en este proyecto.

Los recursos humanos respecto a los kinesiólogos 1A-1B correspondientes a los investigadores principales y terapeutas a la vez no serán remunerados, pues los beneficios que se obtendrán serán en post de los avances en investigación en áreas kinésica, sin fines de lucro, al resto del personal serán remunerados.

#### VIII.4.1 RECURSOS HUMANOS

PERSONAL				
Profesional	Función	Tiempo (meses)	Salario (por mes)	total
Kinesiólogo 1 A	Investigador principal	18	■ ■	■ ■
	Terapeuta	12	■ ■	■ ■
Kinesiólogo 1 B	Investigador principal	18	■ ■	■ ■
	Terapeuta	12	■ ■	■ ■
Kinesiólogo 3	Evalrador	3	600.000	1.800.000
Profesor de Ped. En educación Física, deportes y recreación.	Asistencia en entrenamiento acuático, natación y flotabilidad	12	■	■
Secretaria	Organización de datos y registros	12	150.000	1.800.000
■ ■: Por ser parte de la investigación no recibirá remuneraciones. ■: contemplado en el presupuesto de arriendo			<b>TOTAL :</b>	3.600.000

PERSONAL				
Profesional	Función	Tiempo (días)	Salario (por hora)	total
Bioestadístico	Análisis de datos	5	2 UTM	240.000

Tabla 14: Presupuesto de salarios para el proyecto de investigación.

#### VIII.4.2 ARRIENDO

Existe la posibilidad de implementar el protocolo de entrenamientos en conjunto a la YMCA donde los participantes cancelen un valor similar a un socio temporal de mensualidad de \$ 30.000 a 38.000, esto con derecho a la utilización de

la sala de musculación y piscina con clases programadas y dirigidas por el equipo multidisciplinario exclusivo de la investigación. Incluye el pago del profesor de educación física, que podrían recibir un porcentaje de los ingresos o un valor determinado por hora según sea el convenio. Anualmente el costo paciente \$10.800.000 con todo lo antes mencionado incluido.

Arriendo por hora piscina corresponde a \$ 35.000 por hora y el valor de la sala de clases igualmente correspondería a un valor de \$35.000 por hora, que sería la opción menos conveniente.

#### VIII.4.3 IMPLEMENTACIÓN

EQUIPOS Y MATERIALES		
Materiales	Unidades	Precio
Camillas clásica	8	64.000
Colchoneta	10	■
Barra paralela de marcha	1	150.000
Mancuernas	5	■
Theraband	10	■
Computador de escritorio	1	250.000
Multifuncional	1	49.990
Escritorio y silla acolchada	1	■
Comunicaciones	1	15.000 mensual (*12)
Material de oficina	1	150.000
Espejos	1	■
■ El centro cuenta con estos elementos		<b>TOTAL:</b> 843.990

Tabla 15: *Presupuesto para materiales y equipamiento básico para el proyecto de investigación.*

---

**TOTAL**

Presupuesto total de toda la investigación incluyendo al personal, recursos materiales y arriendo de las dependencias, alcanzando una suma total de \$ 15.250.000

---

**VIII.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

---

<i>Enero a</i>	<b>ETAPA I</b>
<i>Marzo 2011</i>	<b>Consolidación del Grupo de Trabajo</b>

---

- Aprobación de la investigación por un comité de ética.
- Formación y organización del equipo de trabajo.
- Obtención del financiamiento.
- Planificación del estudio a través de reunión con los profesionales.
- Coordinación con la YMCA.
- Instrucción de los kinesiólogos que aplican las terapias y el evaluador que realizará las mediciones.

---

<i>Abril a</i>	<b>ETAPA II</b>
<i>Junio 2011</i>	<b>Implementación del entrenamiento</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de la muestra.</li> <li>• Consentimiento informado.</li> <li>• Medición de las variables dependientes y variables de control.</li> <li>• Aleatorización de las terapias.</li> </ul>
<i>Julio 2011</i>	<b>ETAPA III</b>
<i>a Junio 2012</i>	<b>Ejecución del entrenamiento</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación del entrenamiento acuático (grupo intervención).</li> <li>• Aplicación del entrenamiento físico locomotor (ambos grupos).</li> <li>• Inicio del seguimiento a lo largo de 12 meses</li> <li>• Primera re-evaluación a los 6 meses</li> <li>• Segunda re-evaluación a los 12 meses</li> </ul>
<i>Julio a</i>	<b>ETAPA IV</b>
<i>Septiembre 2012</i>	<b>Análisis de datos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso de los resultados obtenidos a la base de datos digital.</li> <li>• Recopilación y limpieza de datos</li> <li>• Realización del análisis estadístico descriptivo e inferencial de los resultados.</li> </ul>

---

*Julio 2011*

**ETAPA V**

*a Junio 2012*

**Difusión de los resultados**

---

- Redacción del informe final del estudio según la declaración de CONSORT de ensayos aleatorizados
- Aprobación de la investigación por un comité de ética.
- Propuesta de difusión de los resultados obtenidos en la investigación.
- Difusión de las conclusiones y resultados.

VIII.6. CARTA GANTT

	2011												2012											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ETAPA I</b>																								
Aprobación de la Investigación																								
Obtención de financiamiento																								
Formación del equipo de trabajo																								
Planificación y coordinación del estudio																								
Capacitación a los profesionales																								
<b>ETAPAS II</b>																								
Selección de la muestra																								
Reclutamiento																								
Firma del consentimiento informado																								
Medición de variables basales																								
Aleatorización a las terapias																								
<b>ETAPA III</b>																								
Aplicación a las terapias																								
Inicio del seguimiento																								
Re-evaluación 6 meses																								
Re-evaluación 12 meses																								
<b>IV</b>																								
Ingreso de los resultados																								
Análisis estadístico descriptivo-inferencial																								
<b>ETAPA V</b>																								
Redacción del informe final																								
Propuesta de publicación																								
Difusión de las conclusiones y resultados																								

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: MEDIDA DE INDEPENDENCIA FUNCIONAL FIM

**Tabla 1. Escala, sub-escalas, ítem y puntaje del FIM**

Ítem	Sub-escalas	Dominio	FIM total
A. Alimentación	<i>Autocuidado</i>	<i>Motor</i>	<i>Total</i>
B. Aseo menor	35 puntos	91 puntos	126 puntos
C. Aseo mayor			
D. Vestuario cuerpo superior			
E. Vestuario cuerpo inferior			
F. Aseo perineal			
G. Manejo vesical	<i>Control esfinteriano</i>		
H. Manejo intestinal	14 puntos		
I. Cama-silla	<i>Transferencias</i>		
J. WC	21 puntos		
K. Tina o ducha			
L. Marcha/silla de ruedas	<i>Locomoción</i>		
M. Escalas	14 puntos		
N. Comprensión	<i>Comunicación</i>	<i>Cognitivo</i>	
O. Expresión	14 puntos	35 puntos	
P. Interacción social	<i>Cognición social</i>		
Q. Solución de problemas	21 puntos		
R. Memoria			

Tabla 16: *FIM, indicador de discapacidad, escala, sub-escalas, ítem y puntaje*

**Tabla 2. Niveles independencia FIM**

Grado de dependencia	Nivel de funcionalidad
Sin ayuda	7. Independencia completa
Dependencia modificada	6. Independencia modificada
	5. Supervisión
	4. Asistencia mínima (mayor 75% independencia)
Dependencia completa	3. Asistencia moderada (mayor 50% independencia)
	2. Asistencia máxima (mayor 25% independencia)
	1. Asistencia total (menor 25% independencia)

Tabla 17: *FIM, Grado de dependencia y nivel de funcionalidad.*

**ANEXO N°2: WISCI: ÍNDICE DE CAMINATA PARA LA LESIÓN MEDULAR ESPINAL.**

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

**Scoring Sheet for the Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI II)**

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

*Check descriptors that apply to current walking performance, and then assign the highest level of walking performance. (In scoring a level, one should choose the level at which the patient is safe as judged by the therapist, with patient's comfort level described. If devices other than those stated in the standard definitions are used, they should be documented as descriptors. If there is a discrepancy between two observers, the higher level should be chosen.)*

Gait: reciprocal \_\_\_\_\_ ; swing through \_\_\_\_\_

**Descriptors**

Devices	Braces	Assistance	Patient reported Comfort level
//bars < 10 meters	Long Leg Braces- Uses 2 Uses 1	Max Assist x 2 people	Very comfortable
//bars 10 meters	Short Leg Braces- Uses 2 Uses 1	Min/Mod assist x 2 people	Slightly comfortable
Walker- Standard Rolling Platform	Locked at knee _____ Unlocked at knee _____	Min/mod assist x 1 person	Neither comfortable nor uncomfortable
Crutches- Uses 2 Uses 1	Other: _____		Slightly uncomfortable
Canes- Quad Uses 2 Uses 1			Very uncomfortable
No devices	No braces	No assistance	

**WISCI Levels**

Level	Devices	Braces	Assistance	Distance
0				Unable
1	Parallel bars	Braces	2 persons	Less than 10 meters
2	Parallel bars	Braces	2 persons	10 meters
3	Parallel bars	Braces	1 person	10 meters
4	Parallel bars	No braces	1 person	10 meters
5	Parallel bars	Braces	No assistance	10 meters
6	Walker	Braces	1 person	10 meters
7	Two crutches	Braces	1 person	10 meters
8	Walker	No braces	1 person	10 meters
9	Walker	Braces	No assistance	10 meters
10	One cane/crutch	Braces	1 person	10 meters
11	Two crutches	No braces	1 person	10 meters
12	Two crutches	Braces	No assistance	10 meters
13	Walker	No braces	No assistance	10 meters
14	One cane/crutch	No braces	1 person	10 meters
15	One cane/crutch	Braces	No assistance	10 meters
16	Two crutches	No braces	No assistance	10 meters
17	No devices	No braces	1 person	10 meters
18	No devices	Braces	No assistance	10 meters
19	One cane/crutch	No braces	No assistance	10 meters
20	No devices	No braces	No assistance	10 meters

Level assigned \_\_\_\_\_

**Tabla 18:** instrucciones del uso de índice de caminata para la lesión medular espinal

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

Tabla 19: *WISCI: índice de caminata para la lesión medular espinal.*

ANEXO N°3: ESCALA DE DETERIORO ASIA (ASIA IMPAIRMENT SCALE)

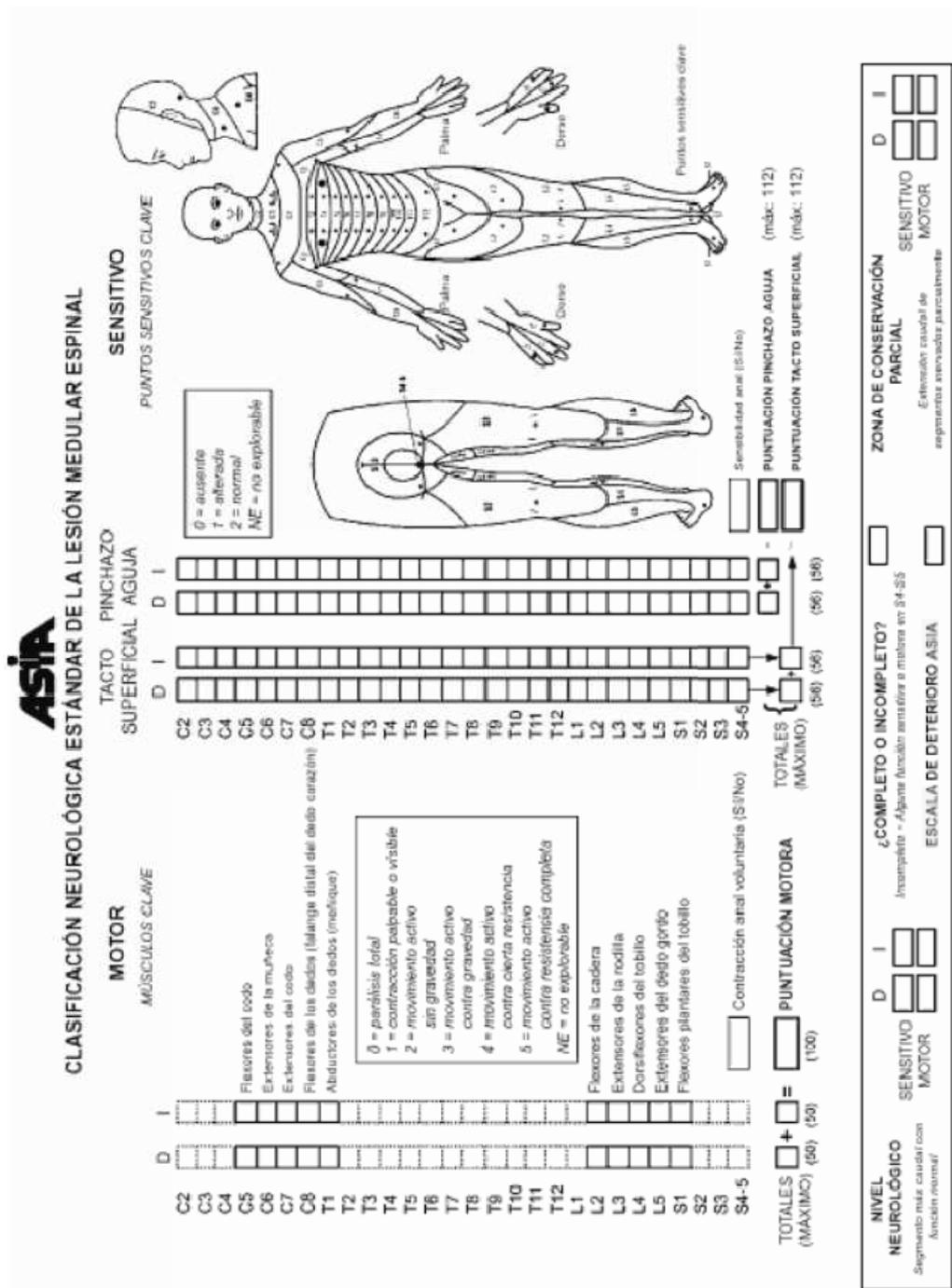


Tabla 20: clasificación neurológica estándar de la lesión de la medula espinal

### Músculos Clave para Clasificación del Nivel Motor

<b>C1-4</b>	use el nivel sensitivo y el diafragma para ayudarse a localizar el segmento neurológico normal más abajo
<b>C5</b>	flexores de codo (bíceps, braquial, braquiorradial)
<b>C6</b>	extensores de muñeca (extensores radial del carpo)
<b>C7</b>	extensores del codo (tríceps)
<b>C8</b>	flexores de los dedos – falanges distal (flexor profundo)
<b>T1</b>	intrínsecos de la mano (interóseos)
<b>T2-L1</b>	use el nivel sensitivo y el signo de Beevor para localizar el segmento neurológico normal más abajo
<b>L2</b>	Flexores de cadera (iliopsoas)
<b>L3</b>	extensores de rodilla (cuádriceps)
<b>L4</b>	dorsiflexores de pie (tibial anterior)
<b>L5</b>	extensores del primer orjejo (extensor largo)
<b>S1</b>	flexores plantares (soleo y gastrocnemios)
<b>S2 – S5</b>	use nivel sensitivo y esfínter neurológico normal más bajo.

Tabla 21: *músculos claves en la evaluación motora, Standard Neurological Classification Of Spinal Cord Injury, ASIA.*

## Áreas Claves para Clasificación del Nivel Sensitivo

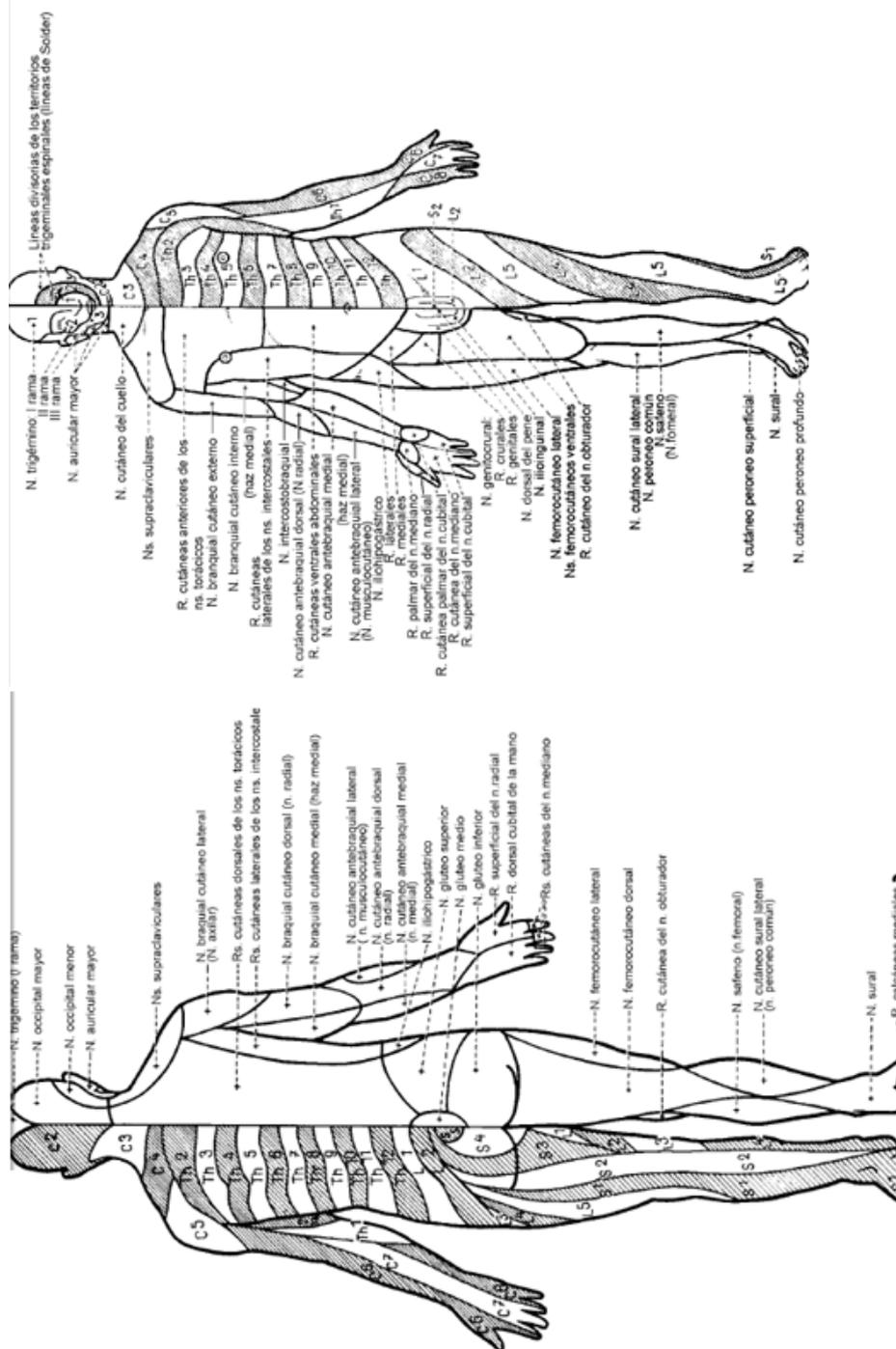


Figura 20: áreas claves para la clasificación del grado el nivel de lesión (80)

**ANEXO N°4: PRUEBA MUSCULAR MANUAL (MMT) DEL APARATO LOCOMOTOR**

<b>Valor</b>	<b>resultado</b>
<b>0</b>	parálisis total
<b>1</b>	ligero movimiento
<b>2 -</b>	movimiento activo, arco de movimiento incompleto con gravedad eliminada
<b>2 +</b>	movimiento activo, arco de movimiento con gravedad eliminada
<b>3 -</b>	movimiento activo, arco de movimiento incompleto contra la gravedad
<b>3 +</b>	movimiento activo, arco de movimiento completo contra la gravedad
<b>4 -</b>	movimiento activo, arco de movimiento completo contra la gravedad con leve resistencia
<b>4 +</b>	movimiento activo completo, arco de movimiento completo contra la gravedad con moderada resistencia
<b>5</b>	Movimiento activo completo contra resistencia.

**Tabla 22:** *Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato Locomotor (73)*

## ANEXO N°5: ESCALA DE ASHWORTH MODIFICADA

Escala de Ashworth modificada	
0	No hay cambios en la respuesta del musculo en los movimientos de flexión o extensión
1	Ligero aumento en la respuesta del musculo al movimiento (flexión o extensión) visible con la palpación o relajación, o solo mínima resistencia al final del arco del movimiento.
1+	Ligera aumento en la resistencia del musculo al movimiento en flexión o extensión seguido de una mínima resistencia en todo el resto del arco de movimiento (menos de la mitad)
2	Notable incremento en la resistencia del músculo durante la mayor parte del arco del movimiento articular, pero la articulación se mueve fácilmente.
3	Marcado incremento en la resistencia del musculo; el movimiento pasivo es difícil en la flexión o extensión.
4	Las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente.

**Tabla 23:** *Escala de Ashworth modificada, evaluación de espasticidad*

## **ANEXO N°6: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### **Título de la investigación**

Efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha, pertenecientes al Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante el año 2011.

#### **Investigadores**

Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.

- Víctor A. Cárcamo Barrera: Teléfono de contacto: 98875635
- H. Viviana Sáez Paillaqueo; Teléfono de contacto: 74748280

#### **Objetivos y antecedentes**

Los objetivos de este estudio es determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento acuático complementario al entrenamiento físico-locomotor, en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según ASIA, en términos de mejoría de la funcionalidad y marcha, pertenecientes al Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena de la ciudad de Temuco, durante el año 2011 y establecer un protocolo de entrenamiento tanto físico-locomotor como acuático para pacientes con lesión medular incompleta tipo C, D y E según la ASIA.

## Procedimientos

Si consiento en participar en este estudio y me comprometo a:

1. Responder a preguntas sobre mi historia médica, que durarán aproximadamente 15 minutos.
2. Asistir a las sesiones de tratamiento 3 veces por semana durante 12 meses, periodo que dura la intervención, teniendo en cuenta que si usted logra los objetivos finales de la intervención será dado de alta de forma exitosa, pero teniendo en cuenta que debe asistir a las evaluaciones a los 12 meses y 6 meses posteriores con el fin de comparar su evolución desde el inicio al final de la intervención y su mantención en el tiempo.
3. Permitir la evaluación de diferentes aspectos que sean necesarios para el estudio, en los siguientes periodos: a los 6 meses de aplicación del entrenamiento, a los 12 meses ya finalizado el tratamiento y a los 18 meses, lo que se conoce 6 meses como seguimiento.
4. Se le realizará una serie de pruebas para determinar su condición inicial y para determinar sus resultados tras el tratamiento, para lo cual en algunas de ellas será necesario que se mantenga en ropa interior, en un ambiente adecuado para ello, con compañía de sus familiares o terceros si usted lo desea, sólo será evaluado por un profesional capacitado para ello, que será el kinesiólogo evaluador:
  - Responder al cuestionario de *Medida de independencia funcional (FIM)*, que corresponde a un cuestionario simple, sobre las actividades que realiza en el diario vivir.

- Realizar una prueba llamada *índice de caminata para la Lesión de Medula Espinal (WISCI)*, la que consiste en caminar o intentar caminar sólo 10 metros, entre las barras paralelas, de la mejor manera que pueda (puede utilizar sus ayudas técnicas o asistencia de terceros).
- Permitir ser evaluado neurológicamente, por el kinesiólogo evaluador, quien le realizará una serie de pruebas tanto sensitivas como motoras (de movimiento). La evaluación que se le realizará se denomina *escala de deterioro ASIA (ASIA IMPAIRMENT SCALE)*, dentro de esta misma evaluación se medirá la fuerza de sus músculos a través de la *Prueba Muscular Manual (MMT) del Aparato Locomotor*; que consiste en cumplir con las órdenes del kinesiólogo, quien realizará ciertos movimientos con usted y le pedirá que se los resista.
- Permitir la evaluación de la espasticidad a través de la *Escala de Ashworth modificada*, muy similar a la medición de la fuerza pero usted solo seguirá las instrucciones que se le darán, sin participación activa, toda la medición la realizará el kinesiólogo.
- Permitir el control de sus datos personales como el nombre completo, edad y sexo, que será registrado en una base confidencial.

**Beneficios y riesgos**

Existe la posibilidad de que la funcionalidad, marcha, grado de lesión, espasticidad y fuerza mejoren gracias al entrenamiento acuático asociado al entrenamiento físico - locomotor, sin embargo también existe la posibilidad de que no se produzcan beneficios, manteniendo la condición actual.

El riesgo de presentar algún daño es bajo, pues se han tomado las medidas para reducir cualquier riesgo. Se cumplirá con todos los criterios para la aplicación del tratamiento.

**Confidencialidad**

El resultado de todas las evaluaciones será totalmente confidencial para cualquier persona ajena al estudio y será usada solamente a efectos de contribuir al conocimiento científico y beneficio de la sociedad.

En la recolección y registro de los datos médicos que se obtenga en el transcurso del estudio por parte de todo el grupo de trabajo que conforman la investigación, donde cada uno tendrá el compromiso de no revelar de información personal de los sujetos bajo estudio, con esto se respetará a los individuos que participan en la investigación y su privacidad; se protegerá de igual manera, de daño o aflicción por parte de terceros.

### **Preguntas**

Se cuenta con la atención de los profesionales a cargo, en la resolución de interrogantes que como paciente se pueda plantear acerca de los riesgos y beneficios, ejecución de ejercicios, dudas sobre el futuro de la intervención que nazcan previa o durante la investigación, ese tiempo se podrá solicitar en caso del mismo paciente como de su familia.

### **Derecho a reusar o abandonar**

La participación en el estudio es enteramente voluntaria y libre de reusar a tomar parte o a abandonar en cualquier momento, sin verme expuesto a sanción de ningún tipo.

**CONSENTIMIENTO:**

Yo \_\_\_\_\_,

Rut \_\_\_\_\_ deseo participar en este estudio. He recibido una copia de este impreso y he tenido la oportunidad de leerlo personalmente y en conjunto con mi círculo familiar, acepto las condiciones que se me plantean y soy consciente de mis derechos como paciente.

\_\_\_\_\_  
**Firma de paciente**

\_\_\_\_\_  
**Firma de investigador responsable**

Víctor Cárcamo B.

\_\_\_\_\_  
**Firma de investigador responsable**

Viviana Sáez P

Fecha: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011

Temuco – CHILE

## REFERENCIAS

1. Carpenter M, Sutin J. Neuroanatomía Humana. 8ª edición. Argentina: El Ateneo; 1985.
2. Noback C, Demarest R. Sistema Nervioso Humano, Fundamentos de Neurobiología. 2ª edición. Mexico: Mcgrow-Hill; 1980.
3. Afifi A, Bergman R. Neuroanatomía Funcional. 2ª edición. México: McGraw-Hill/Interamericana; 2006.
4. Muir GD, Locomotor plasticity after spinal injury in the chick. J. neurotrauma 1999; 16(8): 705-11
5. Lawes N. Neuroplasticidad En: Stokes M. Fisioterapia en rehabilitación neurológica. 2ª Edición. España: Elsevier - Masson 2006; 62-73
6. Fawcett J. Recovery from spinal cord injury: regeneration, plasticity and rehabilitation. Rev Brain 2009: 132; 1417-1418
7. Maynard FM, Bracken MV, Cresey G, Ditunno JF, Donovan WH, Ducker TB et al. International Standards for neurological and functional classifications of Spinal Cord Injury Patients. Spinal Cord 1997; 35: 266-74.
8. Downie P. Neurología para Fisioterapeutas. 4ª edición. Mexico: Panamericana; 2007.
9. National Spinal Cord Injury Statistical Center. Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance

10. Dowadu T. Spinal Cord Injury - Definition, Epidemiology, Pathophysiology. eMedicine  
(<http://emedicine.medscape.com/article/322480-overview>. Fecha de acceso 12-05-2010).
11. Montagut F, Flotats G, Lucas E. Rehabilitación domiciliaria: principios, indicaciones y programas terapéuticos. Edición. España: Elsevier – Masson; 2005.
12. *Tipos de lesión medular. Hospital Nacional de Parapléjicos. En: [http://www.hnparaplejicos.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=190&Itemid=125&lang=es](http://www.hnparaplejicos.es/index.php?option=com_content&view=article&id=190&Itemid=125&lang=es). 15-09-2010.*
13. López B, Anaya S, Rodríguez R, Palapa R. Estudio clínico-epidemiológico de pacientes con lesiones de la columna vertebral por heridas de bala atendidos en un hospital de referencia de seguridad social. Rev Mex Ortop Traum 2000; 14(1): Ene.-Feb: 44-47.
14. Miz G. injuries to the cervical spine and espinal cord. En: Engler G, Cole J, Merton W. Spinal cord diseases: diagnosis and treatment. 1<sup>a</sup> edition. USA: Marcel Dekker; 1998. P, 121-154.
15. Schwab M, Bartholdi D. Degeneration and regeneration of axons in the lesioned spinal cord. . Physiol Rev 1996; 76: 319-370
16. Caballero S, Nieto-Sampedro M. Pathophysiology of spinal cord injury. Vet Rex Mex 2005; 36 (1): 75-86
17. Gasic M. Neuroortopedia clínica. 1 edición. Chile: Mediterraneo; 2002

18. Borobia C. Valoración del Daño Corporal. Columna, pelvis y parrilla costal. 1ª edición. España: Masson; 2008.
19. Mercader JM, Viñuela F. Neurorradiología diagnóstica y terapéutica. 1ª edición. España: Masson; 2004.
20. Abdulhayoglu E. Traumatismo Ostetrico. En: Cloherty J. Manual de cuidados Neonatales. 4ª edición. España: Masson; 2005. P, 269-280.
21. Lin M-R, Kraus J. A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries. *Accident Analysis & Prevention* 2009; 41: 710-722.
22. Saltzherr T, Fun Kon Jin P, Beenen L, Vandertop W, Goslings J. Diagnostic imaging of cervical spine injuries following blunt trauma: A review of the literature and practical guideline. *Injury* 2009; 40: 795-800.
23. McDonald J, Sadowsky C. Spinal-cord injury. *The Lancet* 2002; 359: 417-425.
24. Downie P. Neurología para Fisioterapeutas. 4ª edición. Mexico: Panamericana; 2007.
25. Salinas F. Rehabilitación de la persona con lesión medular. En: Salinas F, Lugo L, Restrepo R. Rehabilitación en Salud. 2ª edición. Colombia: Universidad de Antioquia; 2008. P. 390-413.
26. Padişon S, Middleton F. Lesión Medular. En: Stokes M. Fisioterapia en la Rehabilitación Neurológica. 2ª edición. España: Elsevier; 2006. P. 135-166.
27. Montagut F, Flotats G, Lucas E. Rehabilitación domiciliaria: principios, indicaciones y programas terapéuticos. 1ª edición. España: Masson; 2005.

28. Delgado M, Gutierrez A, Castillo MJ. Entrenamiento físico-deportivo y alimentación. 3ª edición. Barcelona: Paidotribo; 2004.
29. Thomas D. Ciencia básica de la medicina deportiva. En: Sherry E, Wilson S. Manual Oxford de Medicina Deportiva. 1ª edición. España: Paidotribo; 2002. P. 61-95.
30. Figoni SF, Glaser R, Rodgers M. Acute hemodynamic responses of spinal cord injuries individuals to functional neuromuscular stimulation-induced knee extension exercise. J Rehabil Res Dev 1992; 28: 9-18.
31. Young R. Spasticity: a review. Neurology, 1994; 44 (suppl.9): S12-S20.  
Zwiren L, Bar-Or O. Responses to exercise of paraplegic who differ in conditioning level. Med Sci Sports Exerc 1975; 7: 94-98.
32. Little JW, Massagli T. Spasticity and associated abnormalities of muscle tone. En: DeLisa JA. Rehabilitation medicine. 2ª edición. Philadelphia. Lippincott, 1993.
33. Lopez L. Lesión medular y ejercicio físico. En: Lopez J, Fernandez A. Fisiología del Ejercicio. 3ª edición. Buenos Aires: Panamericana; 2006. P. 963-979.
34. Thomas D. Ciencia básica de la medicina deportiva. En: Sherry E, Wilson S. Manual Oxford de Medicina Deportiva. 1ª edición. España: Paidotribo; 2002. P. 61-95.
35. Wilson S. Ciencia básica de la medicina deportiva. En: Sherry E, Wilson S. Manual Oxford de Medicina Deportiva. 1ª edición. España: Paidotribo; 2002. P. 531-555.

36. Bussel B, Roby-Brami A, Biraben A, Yakovleff A, Held JP. Myoclonus in a patient with spinal cord transaction possible involment of the spinal stepping generator. *Oxford Journal* 1988; 111: 1235-1245
37. Bussel B, Roby-Brami A, Neris OR, Yakovleff A. Evidence for a spinal stepping generator in man. Electrophysiological study. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*1996;56:465-8.
38. Dietz V, Colombo G, Jensen L, Baumgartner L. Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients. *Ann Neurol* 1995 ;37:574-82.
39. Ferris DP, Gordon KE, Beres-Jones JA, Harkema SJ. Muscle activation during unilateral stepping occurs in the nonstepping limb of humans with clinically complete spinal cord injury. *Spinal Cord* 2004;42:14-23.
40. Dietz V, Wirz M, Curt A, Colombo G. Locomotor pattern in paraplegic patients: training effects and recovery of spinal cord function. *Spinal Cord* 1998;36:380-90.
41. Field-Fote EC. Combined use of body weight support, functional electric stimulation, and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82):818-24.
42. Dietz V. Spinal cord lesion: effects of and perspectives for treatment. *Neural Plast* 2001;8:83-90.
43. Mejjide R, Rodriguez J, Fernandez V, Teijero J. Hidroterapia. EN: Martínez M, Pastor J, Sendra F. *Manual de medicina Física*. 2<sup>a</sup> edición. España: Harcourt Brace; 1998. P 335 – 357.

44. Krishnan R, Muthusamy R, Sankar V. Spinal cord injury repair research: a new combination treatment strategy. *Int J Neurosci*. 2001;108:201-7.
45. Smith RR, Shum-Siu A, Baltzley R, Bungler M, Baldini A, Burke DA, Magnuson DS. . Effects of swimming on functional recovery after incomplete spinal cord injury in rats. *J Neurotrauma* 2006 ;23(6):908-19.
46. Kuerzi J, Brown EH, Shum-Siu A, Siu A, Burke D, Morehouse J, Smith RR, Magnuson D. Task-specificity vs. ceiling effect: Step-training in shallow water after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2010 Mar 17.
47. MEDLINE [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre 2010]. Disponible en Internet: <http://www.pubmed.com>.
48. COCHRANE BVS [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre 2010]. Disponible en Internet: <http://cochrane.bvsalud.org/portal/php/index.php?lang=es>
49. LILCAS [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre 2010]. Disponible en Internet: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&base=LILACS&lang=i&form=F>
50. SCIELO [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre 2010]. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org>
51. ELSERVIER [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre 2010]. Disponible en Internet: [http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws\\_home](http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws_home)
52. Real da Silva M, Jacó de Oliveira R, Gandolfo M. Efeitos da natação sobre a independencia funcional de pacientes com lesão medular. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11; 251-256

53. Rimaud D, Calmels P, Devillard X. Réentraînement a l'effort chez le blesse médullaire. *Ann Réadapt Méd Phys*. 2005; 48; 259–269
54. Correa G, Finkelstein J, Burnier J, Danilla S, Tapia L, Torres V, et al. Work-related traumatic spinal cord lesions in Chile, a 20-year epidemiological analysis. *Spinal Cord*; 2010
55. Smith R, Brown EH, Shum-Siu A, Whelan A, Burke D, Benton RL, Magnuson DS. Swim training initiated acutely after spinal cord injury is ineffective and induces extravasation in and around the epicenter. *J Neurotrauma*. 2009 Jan 28.
56. Grady D, Cummings S, Hulley S. Otros diseños de ensayo clínico y temas de implementación. En: Hulley S, Cummings S, Browner W, Grady D, Newman T. *Diseño de Investigaciones clínicas*. 3ª edición. España: Wolters Kluwer Health; 2008. P. 185-205.
57. Scientific European Federation Of Osteopaths. Diferentes tipos de ensayos clínicos. Disponible en: <http://scientific-european-federation-osteopaths.org/es/tipos-ensayos-clinico> . 25/09/2010
58. Sanhueza M, Castro M, Merino JM. Adultos Mayores Funcionales: Un Nuevo Concepto en Salud. *Ciencia y Enfermería* 2005; IX; 17-21.
59. Granger C, Hamilton B, Keith R, Zielesny M, Sherwin F. Advances in functional assessment for medical rehabilitation. *TGR* 1986; 3; 59-74.
60. Mosquera M, Rodríguez S, Rosero A. Análisis comparativo entre la escala neurológica canadiense y la escala Rankin y la Medida de Independencia Funcional (FIM).

61. Corte M, Jacó R, Gandolfo MI. Efeitos da natação sobre a independência funcional de pacientes com lesão medular. Rev Bras Med Esporte. 2005;11
62. Moreno de la Fuente J.L. El Organismo Humano en Movimiento, La Marcha. En: Moreno de la Fuente J.L. Podología general y biomecánica. 2ª ed.Barcelona, España. Masson; 2009: 387-400.
63. Hamilton BB, Laughlin JA, Fiedler RC, Granger CV. Interrater reliability of the 7-level functional independence measure (FIM). Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine 1994;26(3):115-9.
64. Dittuno PL, Dittuno JF Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. Spinal Cord 2001;39 (12):654-6.
65. Dittuno JF Jr, Dittuno PL, Graziani V, Scivoletto G, Bernardi M, Castellano V, et al. Walking index for spinal cord injury (WISCI): an international multicenter validity and reliability study. Spinal Cord. 2000 Apr;38(4):234-43.
66. Thomas Jefferson University. Instructions for the Use of the Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II). Disponible en: [www.spinalcordcenter.org/research/wisci/resources/wisci-guide.pdf](http://www.spinalcordcenter.org/research/wisci/resources/wisci-guide.pdf). Fecha acceso: 10/07/2010.
67. Poelstra K. Rehabilitación y recuperación tras una lesión medular espinal. En: Kim D, Ludwig S, Vacarro A, Chang J. Atlas de lesiones vertebrales en adultos y niños. España. 1ª edición. Barcelona. Elsevier; 2010. P. 663-673.
68. Gonzales R. Rehabilitación Medica. España. Masson; 1997

69. Palmer M.L, Epler M. Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética. 1ª ed. España. Paidotribo; 2002.
70. Gandolfo M, Da Silva L. La utilización de la biorretroalimentación en el aprendizaje motor de personas con lesión medular. Avances en Psicología Latinoamericana. Bogotá (Colombia). 2009; 27: 177-191.
71. San Martín A. Traumatismos Raquimedulares. PUC, Facultad de Medicina, Programa de Medicina de Urgencia. Disponible en: [http://www.urgenciauc.com/profesion/pdf/trauma/traumatismo\\_raquimedulares.pdf](http://www.urgenciauc.com/profesion/pdf/trauma/traumatismo_raquimedulares.pdf) .
72. Palmer M.L, Epler M. Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética. 1ª ed. España. Paidotribo; 2002.
73. Sicco JP. Cuaderno de apuntes de técnicas evaluativas. Disponible en: <http://www.med.unne.edu.ar/kinesiologia/catedras/tef/manual/000.pdf>
74. Revista chilena de neuro-psiquiatría (en la revista tom la escala para evaluar potencia motora y el otro doc espasticidda) versión Online ISSN 0717-9227 Rev. chil. Neurosiquiatr. v.39 n.2 Santiago abr. 2001 doi: 10.4067/S0717-92272001000200007 [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92272001000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92272001000200007&script=sci_arttext)
75. Cameron M. Agents físicos en rehabilitación. 3ª ed. Barcelona, España. Elsevier; 2009
76. RUIZ M, Álvaro.; Morillo Z, Luis E. Epidemiología Clínica: Investigación Clínica aplicada. Bogotá, Panamericana, 2004.

77. Gomez M. Introduccion a la Metodologia de la Investigacion Cientifica.1ª edición. Cordoba-Argentina: Editorial Brujas; 2006.
78. Hulley S, Cummings S, Browner W, Grady D, Newman T. Diseño de Investigaciones clínicas. 3ª edición. España: Wolters Kluwer Health; 2008.
79. Álvarez M, Salinero M. Tratamiento de Fisioterapia en el Lesionado Medular. Hospital Nacional de Paraplégicos. Toledo.
80. Gonzales R. Rehabilitación Médica. España. Masson; 1997
81. Gamper U, Lambeck J. The Bag Ragaz Ring Method. En: Thein L, Richley P. Acuatic Exercice for rehabilitation and training. 1a edición. USA
82. F. Broser: Topische und kilnsche Diagnostik neurologischer Krankheiten , Urban & Schwarzenberg. Munich-Berlin-Viena. 1975
83. Bustos Luis, Orellana Juan José, clase tercero kinesiología: bioestadística I, presentación de datos estadísticos, UFRO, Temuco, segundo semestre 2007
84. Bustos Luis, Orellana Juan José, clase tercero kinesiología: inferencia estadística, UFRO, Temuco, segundo semestre 2007
85. Aguayo M. como hacer una regresión logística con SPSS “paso a paso”. Disponible en Internet: <http://www.ugr.es/~montero/matematicas/stata.pdf>
86. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS). Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos. Ginebra; 2002.

87. (Grady D, Cummings S, Hulley S. Otros diseños de ensayo clínico y temas de implementación. En: Hulley S, Cummings S, Browner W, Grady D, Newman T. Diseño de Investigaciones clínicas. 3ª edición. España: Wolters Kluwer Health; 2008. P. 253-267
88. CIOMS en Colaboración con la OMS. Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos. Ginebra 2002.