



*Facultad de ciencias del deporte y de la educación física*

# LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN PARAPLÉJICOS:

***"Alteraciones producidas y propuesta de un programa de ejercicios para su mejora".***

*Jimena Álvarez Gestoso*

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**Curso académico 2011-2012**

*Grado en Ciencias de la Actividad física y del Deporte*

## **ABREVIATURAS**

**BCM:** Masa celular ósea

**BMC:** Contenido de masa ósea

**BMD:** Densidad de la masa ósea

**BMDtot:** Densidad de la masa ósea total

**BMDtrab:** Densidad de la masa ósea trabecular

**BWSTT:** Entrenamiento en tapiz soportando el peso corporal mediante estructuras externas

**CRT:** Circuito de entrenamiento de fuerza

**DOP:** Duración de la parálisis

**EF:** Entrenamiento de fuerza

**ER:** Entrenamiento de resistencia

**FES:** Estimulación eléctrica funcional

**FFM:** Masa libre de grasa

**FM:** Masa grasa

**IMAT:** Tejido adiposo intermuscular

**IMC:** Índice de masa corporal

**IMF:** Masa grasa intramuscular

**LM:** Lesión medular

**MMII:** Miembros inferiores

**MMSS:** Miembros superiores

**MRI:** Imagen de resonancia magnética

**pQCT:** Tomografía computarizada cuantitativa periférica

**REE:** Gasto energético en reposo

**TBM:** Masa muscular total

**TOBEC:** Conductividad eléctrica corporal total.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ANÁLISIS DE COMPETENCIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>23</b>
3.1. RESUMEN .....	23
3.2. OBSERVACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	23
3.3. OBJETIVOS.....	24
3.4. METODOLOGÍA.....	24
3.5. MARCO TEÓRICO .....	26
3.5.1. <i>Definición lesión medular</i> .....	26
3.5.2. <i>Epidemiología</i> .....	26
▪ Incidencia.....	26
▪ Prevalencia .....	27
▪ Género y edad.....	27
▪ Nivel y extensión de la lesión.....	28
3.5.3. <i>Etiología</i> .....	29
3.5.4. <i>Epidemiología y etiología de la lesión medular en Galicia</i> .....	31
3.5.5. <i>Fisiopatología</i> .....	33
3.5.6. <i>Manifestaciones clínicas</i> .....	34
1.1.1. <i>Clasificación de la lesión medular</i> .....	35
3.5.7. <i>Evaluación de la lesión medular</i> .....	36
4.1.1. <i>Complicaciones y consecuencias de la enfermedad</i> .....	39
4.1.2. <i>Tratamiento</i> .....	39
▪ Beneficios del ejercicio físico .....	40
▪ Efectos negativos del ejercicio físico.....	41
4.2. RESULTADOS .....	43
4.2.1. <i>Modelo de composición corporal</i> .....	43
4.2.2. <i>Composición corporal en la lesión medular</i> .....	45
4.2.3. <i>Comorbilidad asociada al exceso de grasa</i> .....	54
4.2.4. <i>Efectos del ejercicio físico sobre la composición corporal</i> .....	55
4.3. DISCUSIÓN .....	61
4.4. CONCLUSIONES .....	65
4.5. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO FÍSICO PARA PERSONAS CON PARAPLEJÍA .....	66
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

---

El presente Trabajo Fin de Grado va dirigido a la valoración los cambios en la composición corporal de personas con paraplejía, aunque también se incorpora la elaboración de un programa de actividad física adecuado para este colectivo y que ayude en la medida de lo posible a revertir los adversos cambios de la composición corporal.

Antes de comenzar a exponer los datos que he encontrado, aparecerá el análisis de las competencias del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. En él reflejo las competencias que se he utilizado para realizar el Trabajo Fin de Grado; competencias que incorporan un breve comentario que oriente al lector sobre el proceso de adquisición de las mismas, entre otra información importante. Además, para que el análisis sea más visual, los datos se presentan a través de tablas y gráficos.

A partir de aquí comienza la esencia del trabajo, es decir, el desarrollo de la revisión bibliográfica. El marco teórico aportará información relevante acerca de la lesión medular y en sucesivos apartados se hará una revisión exhaustiva de los cambios en la composición corporal en personas con paraplejías y una revisión de los programas de entrenamiento. Todos estos datos ayudarán a comprender la magnitud de las alteraciones en la composición corporal de personas con paraplejía y a resolver el problema a partir de la práctica de actividad física. De este modo, el propósito general de esta revisión será revelar la importancia de una rápida actuación utilizando la actividad física como herramienta principal para mejorar los cambios en la composición corporal e incrementar de este modo la calidad de vida de las personas con paraplejía.

Con todo, de aquí en adelante se cuidará al máximo el uso de una correcta metodología y el tratamiento adecuado de la información con el fin de exponer buenos argumentos que justifiquen el tema del Trabajo Fin de Grado que he escogido: "La composición corporal en parapléjicos: alteraciones producidas y propuesta de un programa de ejercicios para su mejora".

## 2. ANÁLISIS DE COMPETENCIAS

---

Las competencias de la titulación de Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte son 64 y se categorizan en específicas (n=36), transversales (n=20) y nucleares (n=8). Si bien la mayoría de estas competencias las he ido alcanzando a lo largo de los 4 años de carrera, no todas las utilicé para realizar el presente Trabajo Fin de Grado (TFG). Así mismo, no todas las competencias utilizadas han sido alcanzadas con el mismo grado de adquisición.

En el análisis que se muestra a continuación, aparecerán claramente identificadas las competencias que he utilizado para la realización del TFG, el nivel o categoría a la que pertenecen, su grado de adquisición y una breve reflexión del proceso de consecución de tales competencias. De este modo, pretendo que el lector de qué forma las he adquirido, en qué medida fueron alcanzadas y cuál fue mi grado de implicación en la consecución de dichas competencias.

- **Identificación de las competencias utilizadas en el TFG y nivel de adquisición**

Como se ve en la **Tabla 1**, aparecen reflejadas todas las competencias del TFG clasificadas según sean específicas, transversales o nucleares. Además, se han marcado las competencias utilizadas y se han coloreado para identificar su grado de consecución. En la leyenda, el color verde representa un grado de adquisición alto, el color amarillo representa un grado de adquisición medio y el color rojo un grado de adquisición bajo. No he considerado plantear un grado de consecución nulo ya que parto de la base de que para utilizar una competencia debe existir un conocimiento mínimo de la misma.

LEYENDA	
Utilización de competencias en TFG	Grado de adquisición
SI = X	Alto
NO = -	Medio
	Bajo
Categorización de competencias	
Específicas (A)	
Transversales (B)	
Nucleares (C)	

**Tabla 1. Identificación de las competencias utilizadas en el Trabajo Fin Grado y nivel de adquisición de las mismas.**

ESPECÍFICAS (A)		TRANSVERSALES (B)		NUCLEARES (C)	
A1	-	<b>B1</b>	X	<b>C1</b>	X
A2	-	<b>B2</b>	X	<b>C2</b>	X
A3	-	<b>B3</b>	X	<b>C3</b>	X
A4	-	B4	-	<b>C4</b>	X
A5	-	B5	-	C5	-
A6	-	B6	-	<b>C6</b>	X
A7	-	<b>B7</b>	X	<b>C7</b>	X
A8	-	<b>B8</b>	X	C8	-
A9	-	<b>B9</b>	X		
A10	-	<b>B10</b>	X		
A11	-	<b>B11</b>	X		
A12	-	<b>B12</b>	X		
A13	-	<b>B13</b>	X		
<b>A14</b>	X	B14	-		
A15	-	B15	-		
A16	-	<b>B16</b>	X		
A17	-	B17	-		
A18	-	<b>B18</b>	X		
A19	-	<b>B19</b>	X		
A20	-	<b>B20</b>	X		
A21	-				
A22	-				
<b>A23</b>	X				
<b>A24</b>	X				
A25	-				
A26	-				
A27	-				
<b>A28</b>	X				
<b>A29</b>	X				
A30	-				
A31	-				
A32	-				
<b>A33</b>	X				
A34	-				
<b>A35</b>	X				
<b>A36</b>	X				

*Nota.* A=Competencias específicas; B= Competencias transversales; C=Competencias nucleares. Las competencias utilizadas están marcadas con una cruz (X) y las no utilizadas con un guión (-). Color verde= Grado de adquisición alto; Color amarillo=Grado de Adquisición medio; Color rojo=Grado de adquisición alto.

▪ **Análisis de las competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado**

A partir de aquí se mostrará el análisis individual de cada competencia. En cada uno de ellos se puede ver:

- el código de la competencia con el color representativo que le corresponda; azul para las competencias específicas (A), morado para las transversales (B) y naranja para las nucleares (C),
- el enunciado de dicha competencia,
- un breve análisis
- y el grado de adquisición de la competencia.

Dentro del breve análisis, además de verse reflejadas las materias en las que se han ido consolidando las diferentes competencias, en ocasiones se pone a disposición el esfuerzo o trabajo realizado en horario no lectivo para alcanzar un grado mayor de adquisición de las mismas.

<b>A14</b>	<b><i>Diseñar, planificar, evaluar técnico-científicamente y desarrollar programas de ejercicios orientados a la prevención, la reeducación, la recuperación y readaptación funcional en los diferentes ámbitos de intervención: educativo, deportivo y de calidad de vida, considerando, cuando fuese necesario las diferencias por edad, género, o discapacidad.</i></b>	
	Principalmente fue en la asignatura de <b>Prácticum</b> cuando pude poner en práctica al completo esta competencia, ya que desde el ámbito de la salud y la calidad de vida trabajé en la readaptación o reeducación funcional de lesionados medulares. Conocer la fisiopatología de la lesión y la afectación de las capacidades físicas de los lesionados es muy importante; por lo tanto, otras asignaturas como <b>Fisiología del ejercicio I, Anatomía y cinesiología del movimiento humano, Actividad física saludable y calidad de vida I y II y Actividad física y deporte adaptado</b> , también fueron vitales en la adquisición de tal competencia.	
	<b>GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA</b>	<b>ALTO</b>

**A23**

***Evaluar técnica y científicamente la condición física y prescribir ejercicios físicos en los ámbitos de la salud, el deporte escolar, la recreación y el rendimiento deportivo, considerando las diferencias biológicas por edad y género.***

Al igual que la anterior competencia, en la asignatura de **Prácticum** he tenido que desarrollar esta competencia. En este caso, me han sido útiles asignaturas como **Fisiología del ejercicio I, Teoría y práctica del ejercicio, Fisiología del ejercicio II, Actividad física saludable y calidad de vida I y II, Metodología del rendimiento deportivo y Teoría y práctica del entrenamiento deportivo.** Aunque mayormente la competencia haya sido adquirida en el ámbito de la salud, mediante la realización de documentos escritos también he trabajado en los otros ámbitos.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****A24**

***Diseñar, planificar, evaluar técnica y científicamente y administrar programas de actividad física adaptada a personas y diferentes grupos de población con discapacidad, o que requieran atención especial.***

Como ya se ha mencionado hasta ahora, el desarrollo de esta competencia ha sido la esencia de la asignatura de **Prácticum**. Una vez más, asignaturas como **Fisiología del ejercicio I, Actividad física saludable y calidad de vida I y II y Actividad física y deporte adaptado** me han ayudado a adquirir esta competencia.

***Adquisición de la competencia en horario no lectivo***

*Me gustaría comentar que siempre me han interesado los programas de ejercicio para personas con discapacidad. Ya en el segundo año de la carrera, participé (de manera informal) en la administración de un programa de actividad física adaptada en el caso de un sujeto con discapacidad intelectual en el Ayuntamiento de Vedra y ya en el tercer año participé como voluntaria (ejerciendo de árbitro de tenis de mesa) en unas jornadas organizadas por Special Olympics para discapacitados físicos y mentales. Aunque no haya realizado las funciones de diseño y planificación, si he podido observar desde cerca cómo trabajar con este colectivo.*

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO**



**A28**

**Realizar e interpretar pruebas de valoración funcional en los ámbitos de la actividad física saludables y del rendimiento deportivo.**

Un paso fundamental para la programación de ejercicio es la evaluación de las capacidades físicas. Las pruebas de aptitud física, sean más simples o más complejas, las hemos utilizado en asignaturas como **Teoría y práctica del ejercicio, Actividad física saludable y calidad de vida II y Fisiología del ejercicio II**. Además, en la asignatura de **Prácticum** debíamos valorar la funcionalidad del paciente y aunque intentábamos establecer una serie de pruebas comunes para todos, no siempre se aplicaban. Por otro lado, la valoración funcional en el rendimiento deportivo es algo de lo que aún no tengo conocimientos suficientes.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**MEDIO**

**A29**

**Identificar los riesgos para la salud que se derivan de la práctica de actividad física insuficiente o inadecuada en cualquier colectivo o grupo social.**

Está claro que la práctica de actividad física tiene sus beneficios sobre la salud de las personas, pero también hay que considerar todos los riesgos que implica la práctica deportiva. Al programar en mi TFG un programa de actividad física para personas con paraplejía, reconocer cuáles son los factores de riesgo fue un punto al que se le dio mucha importancia y que hay que tratar con cautela. Asignaturas como **Actividad física saludable y calidad de vida I y II, Fisiología del ejercicio I y II** son algunas de las asignaturas que me han ayudado a adquirir esta competencia. Aunque sobre todo la asignatura de **Prácticum** fue la que más contribuyó a alcanzar esta competencia.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO**

**A33**

***Seleccionar y saber utilizar el material y equipamiento deportivo adecuado para cada tipo de actividad físico-deportiva en el contexto educativo, deportivo, recreativo y de la actividad física y salud.***

Junto con la contextualización de cada asignatura, estaba también presente el conocimiento del material disponible. Desde la mínima utilización de recursos hasta los aparatos más sofisticados, la mayor parte de los profesores insistieron bastante en este aspecto. Por supuesto que el uso de material es totalmente necesario en algunos casos y para su elección se tendrán que tener en cuenta ciertas características; pero creo que también sería importante que nos inculcasen el hábito de reutilizar el material, adaptarlo, crearlo u otorgarle una funcionalidad diferente. No olvidemos que si bien España se encuentra entre los países desarrollados, la disponibilidad económica no siempre te permite el lujo de obtener todo el material deseado. De este modo, esta competencia se ha adquirido a lo largo de **todas las asignaturas** de la carrera.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****A35**

***Conocer y saber aplicar el método científico en los diferentes ámbitos de la actividad física y el deporte, así como saber diseñar y ejecutar las técnicas de investigación precisas, y la elección y aplicación de los estadísticos adecuados.***

Esta competencia habla de conocer y aplicar el método científico. Ya en el segundo curso de la carrera tuvimos que realizar una revisión bibliográfica para **Aprendizaje y control motor**; pero realmente cuándo aprendí a elaborar correctamente una investigación científica fue en la asignatura de **Metodología de investigación en actividad física y deporte** en el tercer curso. A partir de aquí, en el **Prácticum** volví a aplicar estos conocimientos en forma de revisiones bibliográficas. Por otro lado, estoy trabajando con un grupo de investigación (a partir de una beca de colaboración), en el que se están elaborando proyectos científicos sobre mujer y calidad de vida; pero al no participar en toda la etapa del proceso no puedo decir que mis conocimientos sean elevados. Por eso mismo me faltaría aplicar el método científico para la elaboración de textos originales; aunque sin duda sé cuáles son los pasos a seguir.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**MEDIO**

**A36*****Conocer y saber aplicar las nuevas tecnologías de la información y la imagen, tanto en las ciencias de la actividad física y del deporte, como en el ejercicio profesional.***

Diariamente utilizamos las nuevas tecnologías para realizar cualquier actividad. A veces empleamos programas más sofisticados como fue en la asignatura de **Biomecánica del movimiento humano o Tecnología en actividad física y deporte**, pero la esencia es la misma: facilitar el trabajo realizado y profundizar en el análisis de los temas que tratamos. Además, en asignaturas como el **Prácticum**, aprendimos a utilizar bases de datos para el registro de las referencias bibliográficas utilizadas a través de programas como Mendeley o RefWorks. Desde luego, estos dos últimos programas informáticos me facilitaron enormemente la labor de citar y ordenar la bibliografía.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****B1*****Conocer y poseer la metodología y estrategia necesaria para el aprendizaje en las ciencias de la actividad física y del deporte.***

El **Prácticum** es una asignatura en la que necesariamente hay que sintetizar los conocimientos. Aunque el hecho de que fuese capaz de realizar esta tarea en el cuarto curso fue porque ya tenía el **hábito adquirido de asignaturas anteriores**; con lo que ya había adquirido una metodología y estrategia de estudio.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****B2*****Resolver problemas de forma eficaz y eficiente en el ámbito de las ciencias de la actividad física y del deporte.***

Si uno se interesa en lo que hace, siempre surgen dudas o problemas. En parte, la **búsqueda de información por cuenta propia** ayuda a resolver estas cuestiones, pero creo que las **tutorías o consultas con los profesores** fueron una fuente muy importante para zanjar los problemas. Por lo tanto, creo que el objetivo está cumplido.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO**

<b>B3</b>	<b>Trabajar en los diferentes contextos de la actividad física y el deporte, de forma autónoma y con iniciativa, aplicando el pensamiento crítico, lógico y creativo.</b>
<p>Cada asignatura te lleva más hacia el trabajo en un contexto u otro; además los gustos y preferencias van guiando el camino a seguir. Siempre que me adentraba en una nueva asignatura intentaba valorar todo aquello que hacíamos y criticar todo aquello que aprendíamos, para que no fuesen simplemente un montón de contenidos más. En general, en todas o en la <b>mayoría de las asignaturas</b> ha sido así, aunque en la asignatura de <b>Prácticum</b> se ha dado la máxima expresión.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>B7</b>	<b>Gestionar la información.</b>
<p>Actualmente la cantidad de información de la que se dispone es prácticamente infinita. Si unos no centra la búsqueda o el foco de atención, se termina estando al tanto de todo sin saber nada. Ya desde la asignatura de <b>Aprendizaje y control motor</b> dimos los primeros pasos en este sentido: centrar la búsqueda de información sólo en lo que nos interesa. En general, cada asignatura establece su foco de atención y establece sus métodos y herramientas para lograrlo; si bien es cierto que en la asignatura de <b>Dirección y gestión deportiva</b> se ha insistido en que es importantísimo saber dónde encontrar la información que estamos buscando para poder gestionarla.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>B8</b>	<b>Desarrollar hábitos de excelencia y calidad en los diferentes ámbitos del ejercicio profesional.</b>
<p>Quizás por mi carácter exigente y perfeccionista el desarrollo de esta competencia se ha iniciado ya desde el primer curso de carrera. Me gusta que las cosas queden bien hechas y que desde luego tengan su justificación. Además, continuamente cuestiono si el trabajo que estoy realizando es el adecuado, por lo que creo que con la experiencia me hará ser cada vez una profesional más cualificada.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

**B9**

***Comprender la literatura científica del ámbito de la actividad física y el deporte en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico.***

En las primeras asignaturas que nos exigieron la comprensión de la literatura científica en inglés fue en **Fisiología del ejercicio I y Aprendizaje y control motor**. A partir de ahí, ya adquirí el hábito de recoger información escrita en lengua extranjera, algo que veo totalmente necesario por la universalidad de los conocimientos. Si uno sólo se limita a emplear la lengua española en el ámbito científico, va a obviar descubrimientos verdaderamente importantes. No soy una experta en inglés, pero perfectamente comprendo el idioma y soy capaz de establecer una conversación, suficiente para lo que nos exigen durante la carrera, aunque desde mi punto de vista insuficiente con vistas a desarrollar una actividad en el extranjero en un futuro.

***Adquisición de la competencia en horario no lectivo***

*Después de obtener el certificado B1.5 en el Centro de Linguas de la UDC (año 2011), he viajado durante tres semanas a Dublín con una beca del ministerio de educación. A partir de ahí, las lecturas de obras literarias en inglés y las conversaciones con amigos en inglés son habituales.*

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO**

**B10**

***Saber aplicar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) al ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.***

La justificación para el desarrollo de esta competencia es exactamente la misma que la competencia A36. En asignaturas como **Prácticum, Tecnología en actividad física y deporte, Dirección y gestión deportiva, etc.** Quisiera añadir que también es cierto que únicamente domino las TIC que hemos visto en clase, las más básicas. Por tanto, no podría decir que tengo un alto conocimiento en estos temas.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**MEDIO**

**B11*****Desarrollar competencias para la adaptación a nuevas situaciones y resolución de problemas, y para el aprendizaje autónomo.***

Siempre que no he comprendido algo he intentado resolverlo ya fuese mediante consultas a profesores o a través del aprendizaje autónomo. A veces me interesa un tema y busco información por mi cuenta para resolver mis dudas. Pienso que tener este hábito favorece la adaptación a nuevas situaciones y a la resolución de problemas. Por lo demás, en el **cuarto curso** en general o en el **Prácticum** hay que desarrollar este tipo de competencias en muchas ocasiones.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****B12*****Conocer los principios éticos necesarios para el correcto ejercicio profesional y actuar de acuerdo con ellos.***

Gracias a la educación que me dieron en casa y en la escuela, se identificar los principios éticos que rigen el correcto ejercicio profesional. Aunque en las asignaturas no nos hayan dado unas pautas concretas de actuación, sobreentendiendo lo que está bien y lo que está mal. Por eso creo que actúo en consonancia a los valores de la sociedad actual.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO****B13*****Conocer y aplicar metodologías de investigación que faciliten el análisis, la reflexión y cambio de su práctica profesional, posibilitando su formación permanente.***

En la **mayoría de las asignaturas** y más concretamente en el **Prácticum** se aplican estas metodologías. Continuamente me estoy cuestionando si lo que hago es lo suficientemente bueno o de calidad. Así es que aunque no siempre se apliquen metodologías de investigación científicas, el método del ensayo error me permite mejorar y mantener una actitud de superación continua.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**ALTO**

**B16*****Dominar habilidades de comunicación verbal y no verbal necesarias en el contexto de la actividad física y el deporte.***

En mayor o en menor medida desde el primer contacto con la facultad hemos tenido que desarrollar la capacidad de comunicación verbal y no verbal. La asignatura de **Expresión corporal y danza** para mí ha sido un punto de inflexión muy grande. He podido comprender mi cuerpo, sentirlo de una forma más profunda y eso me ha ayudado cuando he tenido que utilizar la comunicación. En cuanto a las habilidades de comunicación verbal, el nerviosismo me domina con frecuencia y hace que no sea capaz de expresarme con claridad. Igualmente, nunca intento huir de este tipo de prácticas.

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**MEDIO****B18*****Comprometerse e involucrarse socialmente con su profesión y en concreto, con la situación actual de la actividad física y el deporte en la educación formal; con la gestión del centro educativo; con sus compañeros (trabajo cooperativo) y con aquellos a los que educa.***

Desde luego que soy consciente de la situación actual de la actividad física y el deporte en la educación formal, pero creo que podría haberme involucrado más en este aspecto ya que tuve la oportunidad de hacerlo; de ahí a que el grado de adquisición considere que sea medio. En general, casi todas las asignaturas nos han aportado una pincelada de cómo era la situación actual de la actividad física y el deporte. De este modo, en la mayoría de ellas hemos ido reflexionando sobre este tema hasta el punto de crear una consciencia comprometida con el tema.

***Adquisición de la competencia en horario no lectivo***

*Soy representante de alumnos y miembro de la Asociación de estudiantes de educación física (AESEF), aunque creo que mi labor no ha sido muy participativa.*

GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA

**MEDIO**

<b>B19</b>	<b><i>Ejercer la profesión con responsabilidad, respeto y compromiso.</i></b>
<p>Creo que no hay mucho que comentar ya que en cierto modo, la duda ofende. De verdad me interesa mi profesión, me gusta lo que hago y por supuesto siempre lo haré a través del respeto y el compromiso. En este punto creo que debo hacerme una autocrítica y comentar que creo que me falta iniciativa. Sin embargo estoy trabajando ese aspecto de mi carácter ya que me gustaría aportar cosas positivas que llevasen nuestra profesión a lo más alto.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>B20</b>	<b><i>Conocer, reflexionar y adquirir hábitos y destrezas para el aprendizaje autónomo y el trabajo en equipo a partir de las prácticas externas en alguno de los principales ámbitos de integración laboral, en relación a las competencias adquiridas en el grado que se verán reflejadas en el trabajo fin de grado.</i></b>
<p>Desde luego esta competencia se refiere a la asignatura de <b>Prácticum</b>. En ella se ha reflejado la reflexión, el trabajo en equipo, la adquisición de hábitos y destrezas, el aprendizaje autónomo y también la actitud crítica que se verá reflejada en el TFG.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>C1</b>	<b><i>Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma.</i></b>
<p>Esta competencia va en relación con la B16. Creo que esa es una competencia que se va adquiriendo a lo largo de los años. En la expresión oral, cada vez más noto que me expreso de forma clara, aunque todavía no domino el nerviosismo. En la expresión escrita, antes era habitual que adornase las frases y no se acabase entendiendo el contenido. Estas dos cosas es algo que he ido corrigiendo y continuaré haciéndolo.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>MEDIO</b>



<b>C2</b>	<b><i>Dominar la expresión y la comprensión de forma oral y escrita de un idioma extranjero.</i></b>
<p>Como he mencionado antes, el idioma extranjero que conozco es el inglés. Entiendo textos escritos y soy capaz de mantener una conversación simple; pero no domino el idioma hasta el punto de desenvolverme con soltura. Puede que en la forma escrita sea un poco más racional, pero no creo que tenga el nivel suficiente para dominar la lengua extranjera.</p>	
<i>GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA</i>	<b>BAJO</b>

<b>C3</b>	<b><i>Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de su vida.</i></b>
<p>Un poco más de lo mismo. Hasta ahora se había mencionado el hecho de conocer y saber utilizarlas, pues ahora se pide aplicarlas. Está claro que este tipo de herramientas siempre facilitan el trabajo y te permiten desarrollar el ejercicio de nuestra profesión a otro nivel. Un nivel superior, en el que las TICs con fundamentales para lograr los objetivos. Por este motivo, sean básicas o complejas, siempre utilizaré las nuevas tecnologías.</p>	
<i>GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA</i>	<b>ALTO</b>

<b>C4</b>	<b><i>Desarrollarse para el ejercicio de una ciudadanía abierta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar la realidad, diagnosticar problemas, formular e implantar soluciones basadas en el conocimiento y orientadas al bien común.</i></b>
<p>Para desarrollar en la ciudadanía todas estas actitudes, hay que aportar ideas y permitir que estas sean discutidas. Hay que crear necesidades, resolver las que ya existen y lo más importante, que el pueblo reconozca la importancia que esto tiene. Por mi parte, he de decir que ya desde el primer año en la asignatura de <b>Pedagogía de la actividad física y del deporte</b> se desarrolló la cultura crítica, capaz de analizar la realidad, etc., a partir de la realización del diario de trabajo. En otras asignaturas como el <b>Prácticum o Dirección y gestión deportiva</b> en la que continuamente tenemos que usar la cabeza para diagnosticar problemas y formular e implantar soluciones, también se ha desarrollado esta competencia.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>C6</b>	<b><i>Valorar críticamente el conocimiento, la tecnología y la información disponible para resolver los problemas con los que deben enfrentarse.</i></b>
<p>Es evidente que el conocimiento avanza y lo que hoy veíamos como verdad irrefutable mañana será desplazado por nuevas creencias. Esto siempre fue así pero porque hay alguien que se para a pensar y cree que hay cosas que se pueden mejorar. Yo intento emplear ese planteamiento, a veces sin éxito. De todos modos, considero que he desarrollado esta competencia de manera satisfactoria.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

<b>C7</b>	<b><i>Asumir como profesional y ciudadano la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida.</i></b>
<p>Ya hubo una competencia que hacía referencia a esto. Si como comenté en el análisis de la competencia anterior: las cosas cambian y el conocimiento avanza, no podemos estancarnos en nuestra profesión. Aunque en realidad sepas que nunca vas a saber lo suficiente, hay que mantenerse informado, hay que continuar aprendiendo y eso es lo que haré.</p>	
GRADO DE ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA	<b>ALTO</b>

- **Representación gráfica de las competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado**

Con el objetivo de aportar datos más visibles, se mostrarán diferentes gráficos que muestren el número de competencias adquiridas, su categorización en específicas (A), transversales (B) o nucleares (C) y su grado de adquisición en sus diferentes relaciones.

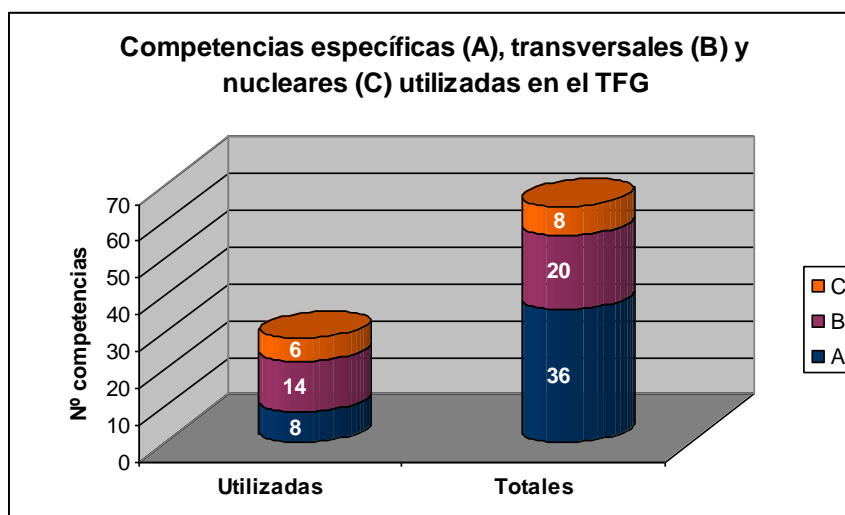
En la **Tabla 2** y en la **Ilustración 1**, se pueden ver (en valor numérico y porcentual) las competencias utilizadas identificadas por categorías. Para el Trabajo Fin de Grado he utilizado un total de 28 competencias, lo que representa un 43,8% de las competencias totales (12,5% específicas, 21,9% transversales y 9,4% nucleares).

### COMPETENCIAS

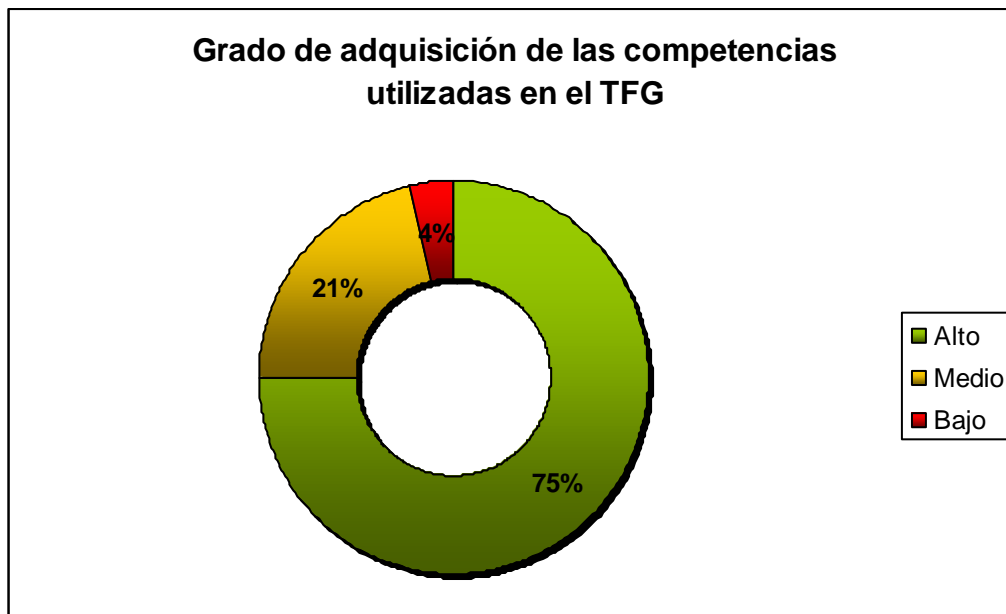
Categoría	Totales		Utilizadas		No utilizadas	
	<i>n</i>	%	<i>N</i>	%	<i>n</i>	%
<b>A</b>	36	56,2	8	12,5	28	43,8
<b>B</b>	20	31,2	14	21,9	6	9,4
<b>C</b>	8	12,5	6	9,4	2	3,1
<b>Suma (A, B, C)</b>	64	100	28	43,8	36	56,2

*Nota.* A=Específicas; B=Transversales; C=Nucleares

**Tabla 2.** Datos referentes a las competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado (TFG), con respecto a las diferentes categorías y al total de competencias del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

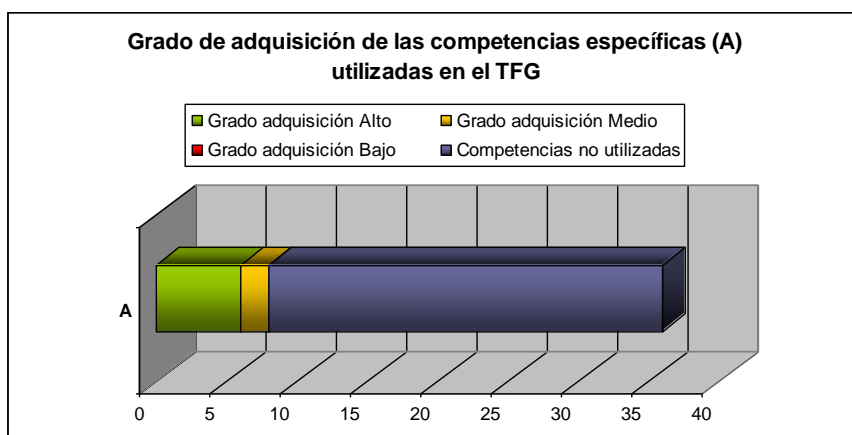


**Ilustración 1.** Gráfico que representa el número de competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado (TFG) con respecto a las competencias totales de la Titulación (Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte). A=Competencias específicas (azul); B=Competencias transversales (morado) y C= Competencias nucleares (naranja).

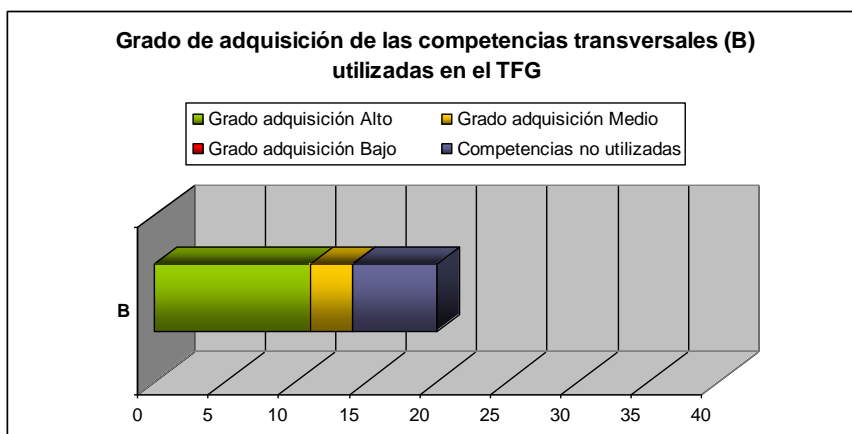


**Ilustración 2.** Gráfico que representa el grado de adquisición de las competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado (TFG). Verde = grado de adquisición alto; Amarillo = grado de adquisición medio; Rojo = grado de adquisición bajo.

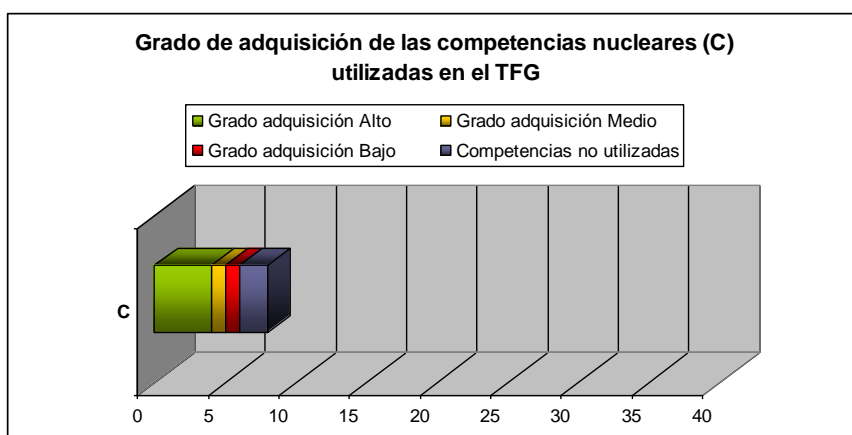
Como ya se ha dicho antes, además de contabilizar las competencias utilizadas, se ha distinguido su grado de adquisición. En la **Ilustración 2** se ve claramente que de las competencias utilizadas, el grado de adquisición fue alto en un 75%, medio en un 21 % y bajo en un 4%. Estos valores no distinguen entre el grado de adquisición según la categoría a la que pertenezca las competencias utilizadas. Por ello, en la **Ilustración 3**, **Ilustración 4** y la **Ilustración 5**, se muestra el grado de adquisición de las competencias utilizadas en el Trabajo Fin de Grado, separando las específicas (A), de las transversales (B) y de las nucleares (C).



**Ilustración 3. Competencias ESPECÍFICAS (A).** Grado de adquisición de las competencias específicas utilizadas en el trabajo fin de Grado (TFG).



**Ilustración 4. Competencias TRANSVERSALES (B).** Grado de adquisición de las competencias transversales utilizadas en el trabajo fin de Grado (TFG).



**Ilustración 5. Competencias NUCLEARES (C).** Grado de adquisición de las competencias utilizadas en el trabajo fin de Grado (TFG) en relación con el número de competencias denominadas como nucleares.

Por último, sólo queda decir que la mayoría de las competencias que hacen referencia al desarrollo de valores y responsabilidad profesional las he ido adquiriendo a lo largo de toda la carrera. Sin embargo, otras muchas que hablan del conocimiento y aplicación del método científico, fundamentalmente las adquirí en el segundo curso con la asignatura de Aprendizaje y control motor debido a que en ella tuvimos que realizar una revisión bibliográfica rigurosa y exhaustiva. Las que se hacen referencia a la valoración de la condición física prácticamente fueron adquiridas en Fisiología del ejercicio I y II, Teoría y práctica del ejercicio y Actividad física saludable y calidad de vida I y II.

### **3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

---

#### **3.1. Resumen**

**Diseño de estudio:** Revisión bibliográfica. **Objetivos:** Conocer los cambios en la composición corporal de parapléjicos con el fin de elaborar una propuesta de un programa de ejercicio físico adecuado para personas con paraplejía. **Resultados:** El tejido muscular decrece en torno al 15,1% en la pierna, lo que representa una reducción de un 33% (aprox.) del área de sección transversal (CSA) del músculo esquelético en la musculatura paralizada. El fenotipo de las fibras también se modifica en la lesión medular (LM), con una reducción de las fibras tipo I. La masa grasa se incrementa un 126% después 6 semanas tras la LM; mientras que la masa ósea se reduce entre un 25-50%. Después de un programa de entrenamiento existen evidencias de un incremento de la fuerza muscular y el  $VO_2$  máx.; sin embargo estos programas no han podido reducir el contenido de masa grasa ni aumentar significativamente la densidad y/o masa ósea. **Conclusiones:** Inmediatamente después de la LM se producen cambios adversos en la composición corporal que perjudican la salud de los individuos. Si bien los programas de actividad física han demostrado tener efectos positivos sobre la musculatura esquelética y la función cardiovascular, poco efecto tuvieron sobre el contenido de la masa grasa y/o la masa y densidad ósea. Tampoco hay evidencias suficientes que estos programas retrasen el deterioro de estos componentes de la composición corporal.

#### **3.2. Observación, justificación y planteamiento del problema**

Después de la lesión medular (LM) aparecen alteraciones metabólicas que perjudican el óptimo funcionamiento del organismo. Estas alteraciones son debidas en gran parte al sedentarismo y repercuten negativamente sobre la composición corporal contribuyendo a empeorar el riesgo cardiovascular y empobrecer la calidad de vida del lesionado medular. Un tratamiento basado en la práctica de actividad física sería una buena forma de evitar el sedentarismo y reducir los efectos de los adversos cambios en la composición corporal.

Por ello, sería interesante conocer con más profundidad las modificaciones en la composición corporal y cuáles son sus causas, de tal forma que se pueda elaborar una propuesta para tratar de evitarlas o aminorarlas a través de un programa de actividad física orientado a personas con paraplejías.

### **3.3. Objetivos**

- Conocer los cambios de la composición corporal que sufren las personas con paraplejía.
- Identificar los efectos que tiene el ejercicio físico sobre la composición corporal de las personas con paraplejía.
- Elaborar un programa de ejercicio físico destinado a prevenir o mejorar los cambios en la composición corporal basándose en la evidencia científica actual.

### **3.4. Metodología**

Como herramienta de búsqueda de los diferentes artículos se utilizó el soporte online (páginas Web) y la búsqueda en bibliotecas de diversos libros y revistas. Además, se obtuvo información de conferencias.

Bases de datos utilizadas para la búsqueda de información:

- PubMed
- SportDiscus
- Scopus

Principales revistas de las que se han retirado los artículos:

- Spinal Cord
- Paraplegia
- Journal of Rehabilitation Research and Development
- Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions
- Archives of Physical Medicine and Rehabilitation



- Muscle Nerve
- Journal of Applied Physiology

Las palabras claves que se emplearon en la búsqueda de información son principalmente las que se presentan a continuación: **body composition** (composición corporal), **obesity** (obesidad), **muscle fibers** (fibras musculares), **fat mass** (masa grasa), **bone mass** (masa ósea), **muscle atrophy** (atrofia muscular), **spinal cord injury** (lesión medular), **paraplegia** (paraplejía), **physical activity** (actividad física) y **exercise training** (ejercicios de entrenamiento), **body weight supported treadmill training** (entrenamiento en tapiz soportando el peso corporal mediante estructuras externas), **circuit resistance training** (entrenamiento de fuerza en circuito) y **funcional electrical stimulation** (estimulación eléctrica funcional).

Por último, al ser un estudio de revisión bibliográfica, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección de los artículos de investigación:

- Los textos originales, deben especificar de manera detallada los resultados originales del proyecto de investigación. Además debe haber un grupo control y otro experimental a los que se le aplicará un pre-test y un post-test.
- Se evitará la obtención de información procedente de los artículos de reflexión debido al carácter crítico-interpretativo del autor con respecto a temas específicos.
- Los artículos de revisión bibliográfica deben presentar sus contenidos mediante el uso de citas o referencias.
- En cualquier documento debe aparecer el nombre completo de todos los autores, títulos académicos y si corresponde: cargo institucional, grupo de investigación o trabajo de postgrado del que el artículo es resultado.
- Fundamentalmente la recogida de datos perteneció a aquellos artículos que eran de libre acceso, es decir, artículos que no cobren por su lectura/descarga.

### **3.5. Marco teórico**

#### **3.5.1. Definición lesión medular**

La lesión medular espinal ha sido considerada como una de las discapacidades más trágicas que le pueden suceder a una persona (Mazaira *et al.* 1997). Siguiendo a Bernard Brucker (1983), *"el término LM se refiere a una conmoción, compresión, laceración o corte transversal de la médula espinal que provoca la pérdida de la función neurológica por debajo del nivel de lesión. Las pérdidas pueden consistir en una falta de control motor voluntario de los músculos esqueléticos, pérdida de sensación y pérdida de la función autónoma. La extensión de estas pérdidas depende del nivel de la médula espinal en el que ocurre la lesión y de la cantidad de daño neural residual"*.

En definitiva, una lesión de la médula espinal afecta a las funciones motoras, sensitivas y autónomas; sus repercusiones son graves y llevan a una serie de discapacidades secundarias (Harvey y William, 2010). Por tanto, no es extraño que el lesionado medular pueda sufrir pérdida de movilidad, sensibilidad, disfunción vesical, intestinal, sexual, etc. sin olvidar las alteraciones sociales, psíquicas, económicas y laborales derivadas de la lesión (Hernández Izquierdo y Rodríguez Fernández, 2004).

#### **3.5.2. Epidemiología**

##### **▪ Incidencia**

La incidencia de la lesión medular (LM) no es muy elevada, sin embargo, los altos costes de su tratamiento rehabilitador y el aumento progresivo de la supervivencia de los afectados, adquiere una gran importancia en el ámbito socio-económico y sanitario (Bravo Payno, 1995).

En España, los datos estadísticos ofrecidos por el INE (Instituto Nacional de Estadística) no recogen la incidencia de lesionados medulares sobre la población total. Estos únicamente reflejan clasificaciones sobre las discapacidades, la

gravedad de afectación y el tipo de deficiencias que producen los accidentes (déficit visual, de desplazamiento, grado de autonomía ayuda en las tareas del hogar, etc.), mortalidad de los accidentes, etc. Según estudios parciales (Mazaira *et al.* 1997), se estima una incidencia global (traumática y médica) de 12-20 por millón de habitantes, muy por debajo del promedio de los países europeos: entre 9-32 lesiones por millón y un promedio de 18 por millón (Biering Sorensen *et al.* 1990; Kenneth y Gerhart, 1991; Herruzo *et al.* 1993; Mazaira *et al.* 1997) y mucho menor que en EE.UU. y Japón: con un rango de incidencia de lesión medular traumática entre 26-53 habitantes por millón (Krause *et al.* 1975; Stover y Fine, 1986; Burney *et al.* 1993), siendo el 70-80% de la LM por causa traumática.

#### ▪ **Prevalencia**

Se entiende como prevalencia al número de lesiones medulares que hay en un determinado momento. En EE.UU. (Harvey *et al.* 1990) se estiman unos 750 casos por millón de habitantes. Un análisis de la prevalencia a diciembre de 1993 circunscrita a la autonomía de Castilla La Mancha (Mazaira *et al.* 1997), reconoció 270 lesiones por millón de habitantes para todas las causas. Extrapolando estos datos a 1997, la prevalencia sería de unos 350-380 por millón. Mismamente, en España desde el año 1975 se aprecia una evolución ascendente y progresiva de la prevalencia, que se justifica por el mejor conocimiento de la fisiopatología y el tratamiento especializado integral de LM desde el momento de la lesión. Todo ello supone incrementar la supervivencia, y la esperanza de vida y proporcionar una mejor calidad de vida.

#### ▪ **Género y edad**

Actualmente en EE.UU., el 80,7% de los casos recogidos en la base de datos del Centro de Estadísticas ocurrió en hombres (National Spinal Cord Injury Statistical Center, 2011). En la lesión traumática, los estudios coinciden en que existe un predominio en varones, si bien hay diferencias según el grupo de edad y la causa de la lesión; pues se aprecian dos picos de incidencia: uno a los 15-29 años, ligado a accidente de tráfico y otro por encima de los 65 ligado a caídas causales (Alcanyis-Alberola *et al.* 2011). Otros autores también concuerdan en que la lesión

es más frecuente en edades entre 15-35 años (58% de las LM totales) y en varones (De Vivo *et al.* 1973; Krause *et al.* 1975; Kenneth *et al.* 1991).

- **Nivel y extensión de la lesión**

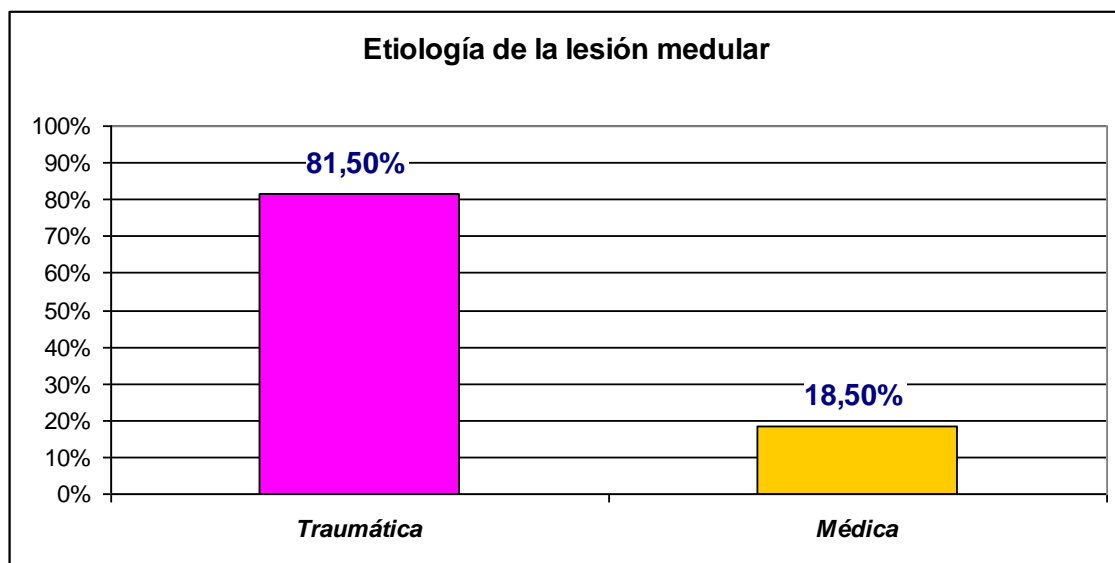
En el estudio global de Mazaira *et al.* (1998), se aprecia una mayor frecuencia de lesión a nivel dorsal (42,7%) seguido del nivel cervical (38,5%) y lumbo-sacro (17,8%). Aunque en USA, Japón y los países nórdicos de Europa, hacen referencia al grupo de lesiones cervicales con porcentajes mayores del 50%. Los niveles C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> (20,7%) y D<sub>12</sub>-L<sub>1</sub> (18%) fueron los más frecuentes coincidiendo con otros trabajos.

Que exista una coincidencia en el punto más frecuente de lesión, se debe a las características biomecánicas de la columna vertebral (Mazaira *et al.* 1998). La médula espinal es muy vulnerable a cualquier tipo de agresión externa, debido a su gran longitud, su poca anchura, la disposición periférica de las vías de conducción y su relación anatómica con otras estructuras, como los huesos de la columna vertebral. Si bien es cierto que la lesión puede afectar a cualquier fragmento de la médula espinal, se da con mayor incidencia en determinados segmentos medulares, sobretodo cuando el mayor porcentaje de lesiones se debe a la causa traumática (López Chicharro *et al.* 2008).

Concretamente, en las lesiones traumáticas, el nivel más frecuente de contusión es la región cervical media baja (C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>, C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>). En segundo lugar está la unión toracolumbar (D<sub>12</sub>-L<sub>1</sub>). Estos dos niveles coinciden con las áreas de mayor movilidad de la columna espinal proporcionando un punto de inflexión peligroso y que dota al conjunto de la médula espinal y columna vertebral de una gran debilidad. Más del 55% de este tipo de lesiones son cervicales; el resto se divide más o menos equitativamente entre los niveles torácico, lumbar y sacro. Las lesiones cervicales en su mayoría se producen por impacto del cráneo o por un mecanismo de desaceleración o aceleración brusco (mecanismo del "latigazo"). El punto de lesión más común es a nivel de C<sub>5</sub>, seguido de C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub> y T<sub>12</sub>, en este orden. Por tanto, los puntos más frecuentes de lesión se encuentran a nivel de las lordosis de la columna vertebral; las regiones torácicas superior y lumbar inferior se encuentran relativamente protegidas de lesiones.

### 3.5.3. Etiología

La incidencia global en cuanto a la causa de la lesión medular es muy variable, ya que puede estar causada por diferentes mecanismos (lesiones traumatológicas, vasculares, neoplásicas, desmielinizantes, degenerativas, etc.), que se dan con mayor o menor frecuencia en unos países o en otros. Aunque por lo general, la causa más común es el traumatismo (81,5%) (**Ilustración 6**), que provoca paraplejía o tetraplejía, parálisis de esfínteres con incontinencia y alteraciones o pérdidas de la sensibilidad por debajo del nivel de la lesión (López Chicharro *et al.* 2008).



**Ilustración 6.** Etiología de la lesión medular por causa traumática y causa médica. (López Chicharro *et al.* 2008).

En las lesiones traumáticas, se aprecian dos picos de incidencia a los 15-29 años, ligados a accidente de tráfico y otro por encima de los 65 ligado a caídas causales (Alcanyis-Alberola *et al.* 2011). Las lesiones medulares traumáticas por accidentes de tráfico (44%) son las más frecuentes (**Ilustración 7**), seguidos por los episodios de violencia (24%), las caídas de altura (22%) y las lesiones deportivas (8%) (López Chicharro *et al.* 2008).

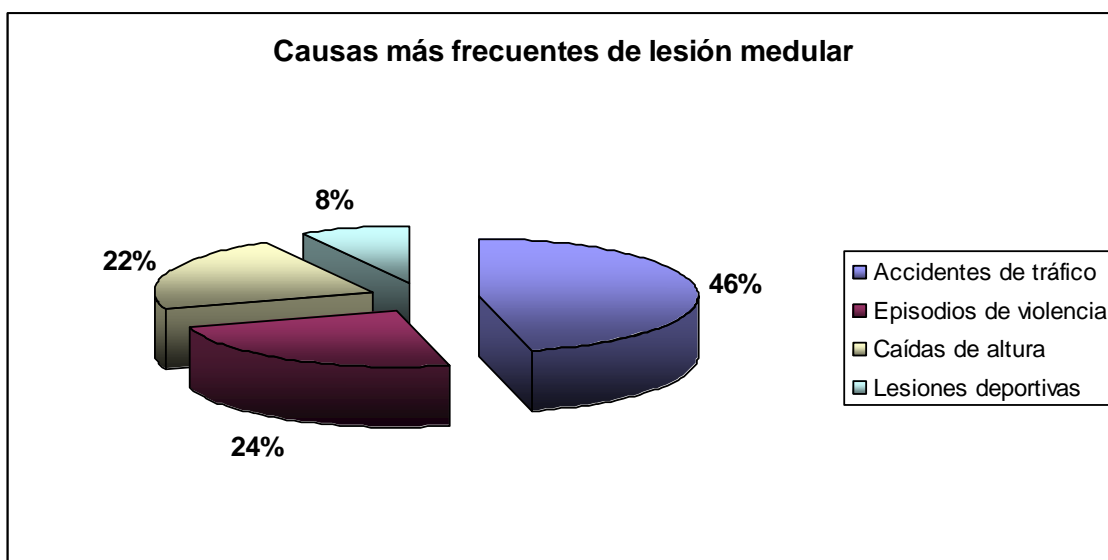


Ilustración 7. Causas más frecuentes de lesión medular. (López Chicharro *et al.* 2008).

Los datos más recientes indican una notable reducción del porcentaje de LM por lesiones deportivas pasando de un 13% a un 8% con respecto al año 1998 (National Spinal Cord Injury Statistics Center, 2005).

En nuestro país se producen al año en torno a mil nuevos casos de lesión medular, de los que el 81 % acontecen por causas traumatológicas (López Chicharro *et al.* 2008) con una mayor incidencia en las personas ancianas las caídas y afecciones no traumáticas. Echando la vista atrás, a partir de 2006 hubo un descenso estadísticamente significativo en los accidentes de tráfico, disminuyendo desde un 41% a un 28,5%. Se piensa que esto aguarda relación con diversos factores: la industria automovilística fabrica automóviles más seguros con innovaciones en la estabilidad, sistemas de frenado secuencial, airbags y cinturón de seguridad. Además, en España existió una mejora de las redes viarias y en 2006 se aprobó la Ley de Seguridad Vial, que limita la velocidad e incrementa las sanciones por infracciones de tráfico. También se puede observar que existe un descenso de las lesiones completas de un 74% 2005 a un 49% entre el 2006 y el 2011 con diferencias estadísticamente significativas. Esto se piensa que se debe a un perfeccionamiento en las condiciones del traslado de los pacientes en el momento de la lesión, que evita movilizaciones del foco de fractura raquídeo y a la mejora de las condiciones de oxigenación del foco de lesión medular (Alcanyis-Alberola *et al.* 2011).

Con todo, al ser la causa traumática la de mayor incidencia en los países desarrollados, los organismos sanitarios de diferentes países fomentan hábitos de prevención de las lesiones medulares traumáticas a través del uso de medidas de protección para el SNC, como llevar casco en motocicletas, cinturón de seguridad y estabilizadores lumbo-pélvicos en los trabajos de riesgo, etc. al igual que se ha hecho en España. De este modo, la prevención de los accidentes de tráfico y laborales resulta de gran importancia, entre otros motivos porque se dan generalmente en jóvenes o adultos de edad inferior a los 45 años (López Chicharo *et al.* 2008).

#### **3.5.4. Epidemiología y etiología de la lesión medular en Galicia**

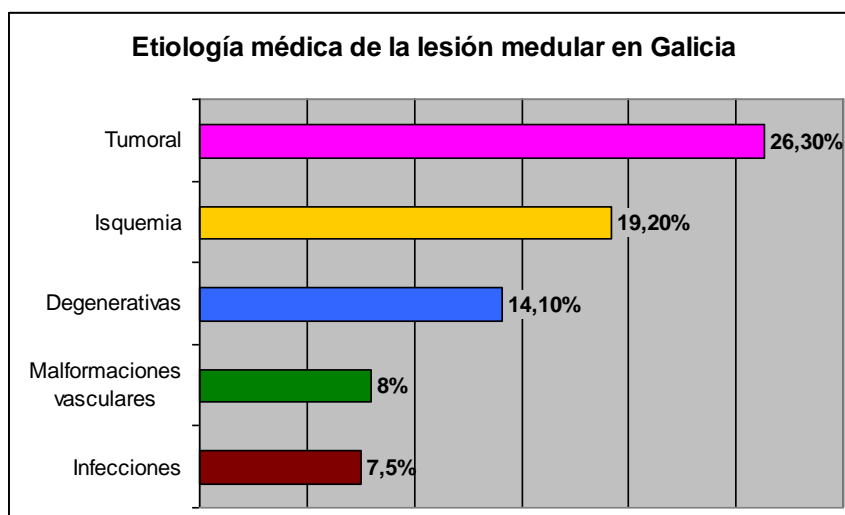
Afortunadamente, en Galicia podemos contar con datos epidemiológico y etiológicos que ilustran la magnitud de la lesión medular epidemiología y etiología de la región. Por ello, se exponen a continuación la información retirada de la Mesa redonda de la Sociedad Española de Paraplejía, en la que la María Elena Ferreiro Velasco (Dra. en la Unidad de Lesionados Medulares del Complejo Hospitalario Universitario A Coruña), muestra la repercusión de la lesión medular en Galicia, distinguiendo entre la causa médica y la causa traumática.

##### **▪ Lesión medular de etiología médica**

Desde 1995 a 2006, en Galicia ingresaron en la Unidad de Lesionados Medulares del Complejo Hospitalario Universitario A Coruña un total de 966 pacientes que presentaban una LM aguda. Esto supuso un 22% de los ingresos por causa médica, lo que representa una incidencia de 0,65 casos por 100.000 habitantes y año. Así mismo, las causas de lesión medular que se corresponden a los ingresos por causa médica pueden verse en la **Ilustración 8**.

El 63,4% de los casos de LM se da en varones (relación hombre/mujer 1,7:1) y la edad media de 55±19 años. En cuanto al tipo de lesión neurológica el 75% son paraplejías, lo que quiere decir que tiene una incidencia tres veces mayor que las tetraplejías. En la misma línea, son más frecuentes las lesiones incompletas (74,3%), a la vez que el 55% representaron paraplejías incompletas.

Con respecto a la funcionalidad motriz, el 54,3% de los pacientes son independientes para las AVD; aunque esto depende de la influencia de factores como la edad y el grado de discapacidad ASIA y el nivel neurológico de lesión.



**Ilustración 8. Etiología médica de la lesión medular en Galicia. Datos extraídos de los 966 pacientes con lesión medular aguda que ingresaron en el Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (CHUAC) desde el año 1995 al 2006. (Ferreiro Velasco, M<sup>a</sup> Elena, 2008).**

- **Lesión medular de etiología traumática**

En la lesión medular traumática, de un total de 733 pacientes admitidos en el CHUAC, la incidencia para el mismo período de tiempo que la etiología médica fue de 2,2 casos por 100.000 habitantes y año.

La distribución por sexo muestra una relación de 3:1, a favor del sexo masculino, mientras que el promedio de edad fue de 47 años (media de edad en mujeres: 56 años; media de edad en hombres: 45 años). Además, entre los 20-30 años se encuentra la mayor incidencia de lesión medular traumática; datos que coinciden a la perfección con la literatura científica encontrada (15-29 años para la LM traumática según De Vivo *et al.* (1973), Krause (1975) y Kenneth (1991).

En Galicia, los accidentes de tráfico continúan siendo la causa más frecuente de LM (42.6%) seguidos de cerca por las caídas casuales (34.1%), que representan la primera causa de LM traumática en mayores de 65 años y en las mujeres de cualquier edad. Entre el resto de etiologías tenemos accidentes laborales (16.2%), intentos autolíticos (2%), zambullidas (2,5%) y otras (2.5%). La etiología violenta,



por arma de fuego o arma blanca, prácticamente no tiene representación en nuestro medio (datos que sí son frecuentes en países como EE.UU.). De las caídas de altura el 5% son por accidentes deportivos o de ocio, entre otras muchas causas.

En cuanto al tipo de lesión/nivel neurológico, las lesiones incompletas (que conservan sensibilidad y/o movilidad parcial en el momento del ingreso) suponen más de la mitad de los pacientes (54,3%). Los segmentos cervicales son los más frecuentemente afectados, ocasionando tetraplejías. La categoría neurológica más frecuente es la tetraplejía incompleta 35,8%, seguida de la paraplejía completa 27,2%, tetraplejía completa 18,5% y por último la paraplejía incompleta 18,5%.

El 62% de estos pacientes son independientes para actividades de la vida diaria y autocuidado frente al 38% que precisan ayuda total o parcial, la probabilidad de alcanzar independencia disminuye a medida que aumenta la edad del paciente, por lo que la media de edad de los pacientes que son independientes es de 39 años mientras que la de los dependientes es de 53 años.

### **3.5.5. Fisiopatología**

El control precoz del proceso fisiopatológico en una lesión medular disminuye la gravedad de la lesión, de ahí la importancia de conocer la etiología para su tratamiento inmediato. Estudios clínicos y experimentales sugieren que la LM presenta dos mecanismos de lesión, uno primario y otro secundario. El mecanismo primario se produce por la deformidad local de las estructuras de la columna (fractura y desplazamiento de fragmentos óseos, del material del disco intervertebral, etc.), causantes del daño de la médula espinal y en vasos sanguíneos por compresión directa. El mecanismo secundario se debe a la cascada de procesos bioquímicos que se desarrollan tras el mecanismo primario, como son la reacción inflamatoria postraumatismo por extravasación de los electrolitos y formación de radicales libres, la isquemia, el edema, la muerte celular, etcétera (López Chicharro *et al.* 2008).

El traumatismo o mecanismo de lesión primaria (Gómez y Muñoz, 1995), puede provocar destrucción mecánica de estructuras nerviosas, lesión vascular directa y hemorragia, e incluso sección medular completa, aunque esto último es raro. En estos casos el daño suele producirse por fragmentos óseos y/o desplazamientos

anormales de los elementos vertebrales que producen compresión, contusión, y laceración de la médula espinal, así como lesiones radiculares (habitualmente compresiones y avulsiones), meníngeas y vasculares, en ocasiones con la formación de hematomas extra o subdurales, que a su vez ocasionan compresión medular.

La lesión secundaria (mecanismo secundario) viene determinada por fenómenos inflamatorios con liberación de mediadores y enzimas lisosomales, alteraciones del endotelio vascular con microtrombos y microhemorragias, y desequilibrios neuroquímicos, como aumento de las concentraciones intramedulares de noradrenalina y endorfinas, que en su conjunto originan un descenso de la perfusión medular y de la PO<sub>2</sub> tisular, que aún empeoran por vasoespasmo asociado, resultando en edema y necrosis hemorrágica que cierran el círculo vicioso.

Se ha determinado que el intervalo óptimo para intentar detener y revertir esta cascada de acontecimientos es de 4 horas, e idealmente de 2, ya que la inhibición del transporte axoplásmico que comienza en este periodo, es marcada a las 4 horas y se completa a las 6 horas del traumatismo (Albin y White, 1988; Maroon y Abla, 1988).

### **3.5.6. Manifestaciones clínicas**

Las consecuencias inmediatas de la lesión medular se traducen en diferentes grados y combinaciones de déficit neurológico motor, sensitivo y/o autonómico, producido en función de su severidad, localización (en el plano transversal) y nivel afectado. A su vez, la extensión de estas lesiones está directamente relacionada con la severidad del traumatismo, y son susceptibles de intervención terapéutica lo más precozmente posible.

Las manifestaciones clínicas pueden clasificarse según el nivel y la magnitud de la lesión medular que derivan en unos síntomas (sensitivos y vegetativos) y problemas asociados. De este modo, existen síndromes clasificados y descritos por presentar características comunes en aquellas personas que sufren la lesión: el Síndrome del cordón anterior, el Síndrome del cordón central, el Síndrome de Brown-Sequard, el Síndrome del cono medular y el Síndrome de la cola del caballo. Aparte de los síndromes, también se distingue entre tetraplejía (LM por encima de T<sub>1</sub>) y paraplejía (LM por debajo de T<sub>1</sub>). En este caso, la gravedad de la lesión

medular depende del grado de afectación (completa o incompleta) y de la bilateralidad de la misma.

En general, la afectación sensitivo-motora ocasiona hipertonía/hipotonía, espasmos, atrofia muscular, hiposensibilidad o reacciones de hipersensibilidad con clonus en miembros inferiores. Todo ello provoca alteraciones en los sistemas, como trastornos de la deglución, en la respiración (fatiga), en el tránsito intestinal y de la orina, en el ritmo cardíaco, en la piel (ulceraciones), etc. La afectación del SNA agrava todo este cuadro, especialmente en la regulación de los sistemas y órganos corporales, dando lugar a cuadros de disreflexia vegetativa, falta de respuesta del sistema cardiovascular en la actividad física, falta del control termorregulador y de la sudoración, falta del control de la musculatura lisa de venas y arterias, falta de bombeo de retorno venoso ante la verticalización, cuadros de hipotensión y disminución del llenado ventricular, del gasto y la frecuencia cardíaca (López Chicharro *et al.* 2008).

### **1.1.1. Clasificación de la lesión medular**

En la valoración de las manifestaciones clínicas, uno de los exámenes mejor definido ha sido elaborado y corregido por la American Spinal Injury Association (ASIA) (Maynard *et al.* 1997). Esta clasificación de las lesiones medulares (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury) fue aprobada por la International Medical Society of Paraplejia (IMSOP) en 1992 y recomendada por la International Spinal Cord Society (ISCoS).

La clasificación que establece la ASIA incluye la evaluación de:

- El nivel de afectación neurológica (segmento más caudal de la médula espinal con una función sensitiva y motora normal en ambos lados del cuerpo).
- La Escala de discapacidad ASIA.

Patient Name \_\_\_\_\_  
 Examiner Name \_\_\_\_\_ Date/Time of Exam \_\_\_\_\_



**STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY**



**MOTOR**  
KEY MUSCLES (scoring on reverse side)

C5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow flexors
C6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wrist extensors
C7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow extensors
C8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Finger flexors (distal phalanx of middle finger)
T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Finger abductors (little finger)

UPPER LIMB TOTAL (MAXIMUM)  +  =   
(25) (25) (50)

Comments:

L2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hip flexors
L3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Knee extensors
L4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ankle dorsiflexors
L5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Long toe extensors
S1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ankle plantar flexors

Voluntary anal contraction (Yes/No)

LOWER LIMB TOTAL (MAXIMUM)  +  =   
(25) (25) (50)

**SENSORY**  
KEY SENSORY POINTS

C2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LIGHT TOUCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PIN PRICK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R	<input type="checkbox"/>	L	R	<input type="checkbox"/>	L
C4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
C5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
C6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
C7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
C8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
T12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
L1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
L2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
L3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
L4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
L5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
S1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
S2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
S3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
S4-5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

TOTALS:  +  =   
(MAXIMUM) (56) (56) (56) (56)

Any anal sensation (Yes/No)

PIN PRICK SCORE (max: 112)

LIGHT TOUCH SCORE (max: 112)

• Key Sensory Points

**NEUROLOGICAL LEVEL** The most caudal segment with normal function

SENSORY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**COMPLETE OR INCOMPLETE?**   
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5

**ASIA IMPAIRMENT SCALE**

**ZONE OF PARTIAL PRESERVATION** Caudal extent of partially innervated segments

SENSORY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. REV 02/06

**Ilustración 9. Clasificación neurológica estándar de las lesiones medulares ASIA. (American Spinal Injury Association, 2002).**

Esta última Escala de discapacidad ASIA (Ilustración 9) clasifica el grado de lesión, favoreciendo su seguimiento y evolución, al tener cada uno de los ítems una puntuación numérica asociada a la gravedad de la afectación (Tabla 3), desde completa a incompleta. Según esta escala, la lesión medular completa se describe como la ausencia de sensibilidad o motricidad por debajo del nivel de la lesión (nivel A), mientras que la lesión medular incompleta vendría clasificada en los niveles B, C y D.

### 3.5.7. Evaluación de la lesión medular

En la evaluación de las lesiones medulares se diferencian dos enfoques: uno fisiológico y otro sensitivomotor. La valoración de estas funciones es sumamente importante para tratar y determinar la evolución o estabilización de la lesión. Por lo tanto, es necesario diseñar pruebas que permitan establecer programas de entrenamiento que se ajusten a cada individuo para una óptima recuperación.

## ▪ **Evaluación de la función fisiológica**

A la hora de evaluar esta función, lo ideal sería recoger datos sobre los siguientes parámetros:

1. *Evaluación de la función cardiovascular:* la potencia aeróbica pico, frecuencia cardíaca y presión arterial.
2. *Evaluación del sistema músculo-esquelético:* la fuerza y la flexibilidad de los grupos musculares de los miembros superiores e inferiores. La dinamometría de los músculos más significativos para el control motor es una de las técnicas cuantificables más empleadas (Ellaway *et al.* 2004).
3. *Evaluación de la función respiratoria:* el flujo de la espiración forzada y la capacidad vital forzada.

## ▪ **Evaluación de la capacidad sensitivomotora**

Para evaluar esta capacidad se emplean dos tipos de métodos: las evaluaciones mediante pruebas y test validados internacionalmente, además de las evaluaciones propias y de los métodos de tratamiento.

En la evaluación mediante pruebas y test validados internacionalmente, se ha venido utilizando el FIM (Functional Independence Measure) y el Índice de Barthel modificado; aunque estas pruebas no se utilizan exclusivamente para las lesiones medulares, sino que también sirven para valorar otras afectaciones del SNC. La FIM mide el grado de discapacidad y es una de las escalas que más relaciones ha establecido con otros parámetros (MacKay-Lyons, 2002), como por ejemplo con la fuerza muscular o la escala de valoración ASIA (López Chicharro *et al.* 2008). En la actualidad la evaluación de la marcha a través de plataformas junto con sistemas de electromiografía de superficie (EMG) (Knikou *et al.* 2006) son los sistemas informáticos más utilizados. Estos sistemas específicos pueden asociarse a otros como el Lokomat (Silver, 2004) para la recuperación de la marcha sobre tapiz.

En cuanto a las evaluaciones propias y a los métodos de tratamiento, van dirigidas a la evaluación del movimiento y de la postura en las acciones que el paciente realiza. Si concretamos el foco de la evaluación, las pruebas de Carr y Shepard o Bobath estudian las alteraciones del movimiento provocadas por la hipertonía/hipotonía o hepersensibilidad/hiposensibilidad y por las zonas de dolor.

Las pruebas que se utilizan para ello son pruebas biomecánicas de la postura corporal en posiciones como decúbito supino, sedestación y bipedestación. También hay pruebas de equilibrio y cambios de una postura a otra: el paso de decúbito supino a sedestación, de sedestación a bipedestación, de bipedestación al inicio de la marcha, y viceversa. En este tipo de evaluación el profesional que las realice debe estar pendiente de las acciones o situaciones que puedan provocar cuadros de hipertonia, manifestación más frecuente tras la LM. Los movimientos o posturas inadecuadas, infecciones de orina, fracturas internas y ocultas, la falta de regulación de la temperatura corporal, el llenado de la vejiga o la trombosis venosa (McKinley *et al.* 1999) son estímulos que pueden provocar cuadros de hipertonia.

Clasificación	Definición
<b>A</b>	<b>Completa:</b> no hay preservación de función sensitiva ni motora por debajo del nivel de la lesión, abarca a los segmentos sacros S <sub>4</sub> y S <sub>5</sub> ; es decir, no existe tampoco sensibilidad ni control para miccionar ni defecar.
<b>B</b>	<b>Incompleta:</b> hay preservación de función sensitiva, pero no motora, por debajo del nivel neurológico y se conserva cierta sensación en los segmentos sacros S <sub>4</sub> y S <sub>5</sub> ; es decir, existe sensibilidad para defecar y miccionar, pero no control voluntario.
<b>C</b>	<b>Incompleta:</b> hay preservación de la sensibilidad y de la función motora por debajo del nivel neurológico, sin embargo, más de la mitad de los músculos claves por debajo del nivel neurológico tienen una fuerza muscular menor de 3 (esto quiere decir que no son lo suficientemente fuertes para moverse contra la gravedad); se encuentran débiles y se consideran no funcionales.
<b>D</b>	<b>Incompleta:</b> hay preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico y, por lo menos, la mitad de los músculos claves por debajo del nivel neurológico (sobre un 75%) tienen una fuerza muscular 3 o mayor (esto quiere decir que las articulaciones pueden moverse contra la gravedad).
<b>E</b>	<b>Normal:</b> las funciones sensitivas y motoras son normales.

Tabla 3. Escala de discapacidad ASIA. (American Spinal Injury Association, 2002).

Por otra parte, también podemos distinguir las lesiones medulares en tetraplejías y paraplejías. El término **tetraplejía** hace referencia al deterioro o pérdida de la función sensitiva y/o motora en los segmentos cervicales de la médula espinal debido al daño neuronal de los elementos del canal espinal. La tetraplejía (por encima de T<sub>1</sub>) resulta en un deterioro de la funcionalidad de los brazos así como del tronco, piernas y órganos pélvicos (no se incluyen las lesiones del plexo braquial o lesiones de los nervios periféricos que están fuera del canal neural). El término

**paraplejía** (por debajo de T<sub>1</sub>) es definido como el deterioro o pérdida de la función motora y/o sensitiva en los segmentos torácicos, lumbares y sacros de la médula espinal, con el consecuente daño neuronal de los elementos del canal espinal. En la paraplejía la funcionalidad de los brazos está a salvo, pero dependiendo del nivel de la lesión, el tronco, las piernas y los órganos pélvicos pueden verse afectados. Este término es usado cuando se hace referencia a las lesiones de cola de caballo y cono medular, pero no a las lesiones del plexo lumbosacro o a las lesiones de los nervios periférico que están fuera del canal neural (Jacobs y Nash, 2004).

### **3.5.8. Complicaciones y consecuencias de la enfermedad**

Las personas con lesión medular crónica experimentan un acelerado estado patológico que en condiciones normales se asocia a la pérdida de acondicionamiento físico y envejecimiento prematuro (Gerhart *et al.* 1993; Bauman *et al.* 1999).

El segmento de la médula espinal lesionado y los correspondientes plexos que inervan los segmentos corporales determinan la afectación de la LM. Según la localización y la extensión de la lesión, se derivan una serie de complicaciones y consecuencias secundarias. Estas alteraciones principalmente afectan a la regulación de la temperatura corporal, al sistema digestivo, vesical y a la función sexual. Aunque también se originan complicaciones en el resto del organismo que se observan con la aparición de: problemas respiratorios, neumonías, irregularidad de los latidos cardíacos y descenso de la presión arterial, coágulos sanguíneos, espasticidad, disreflexia autonómica, úlceras de presión, dolor neuropático, problemas intestinales y de la vejiga, además de pérdida en la función sexual y reproductiva (National Institute of Neurological Disorders and Stroke, 2005).

### **3.5.9. Tratamiento**

En las personas con lesión medular se pueden lograr grandes mejoras en la capacidad funcional si se sigue el tratamiento adecuado. El tratamiento de la LM debe comenzar inmediatamente en el lugar del accidente (en el caso de las lesiones traumáticas) o en el caso de lesiones inflamatorias, de desarrollo, por déficit nutricional, etc. debe ser aplicado una vez la lesión haya sido identificada a partir de la evaluación clínica. Con el fin de prevenir las complicaciones secundarias de la LM, el tratamiento se divide en cuatro áreas interrelacionadas: tratamiento

farmacológico, conservador, quirúrgico y rehabilitador. Las tres primeras áreas son propias del tratamiento clínico, mientras que del tratamiento rehabilitador se ocupan los fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y los profesionales de la educación física. Este último tratamiento se inicia en el contexto hospitalario con el principal objetivo de otorgar autonomía en las actividades de la vida diaria e incrementar la calidad de vida (Rodríguez Sotillo y Giráldez García, 2012).

La aplicación precoz del tratamiento rehabilitador se justifica por los múltiples beneficios que la práctica de actividad física provoca en el organismo, evitando o reduciendo gran parte de las complicaciones secundarias asociadas a la lesión medular. Si bien es cierto que en todo programa de rehabilitación funcional se deben tener en cuenta los factores que pueden suponer un riesgo añadido al lesionado. Para aclarar las dudas, tanto los beneficios de la práctica de actividad física como los posibles efectos negativos se exponen a continuación.

#### ▪ **Beneficios del ejercicio físico**

Son muchos los factores de riesgo que aparecen como consecuencia secundaria de la lesión medular, por lo que si se establecen programas adecuados de ejercicio físico, los lesionados medulares conseguirán (Rodríguez Sotillo y Giráldez García, 2012):

- Mejorar de la función cardiovascular.
- Reducir la fatiga.
- Mejorar la función muscular, especialmente de las extremidades superiores.
- Reducir el dolor.
- Mejorar la composición corporal, aumentando la masa muscular, disminuyendo el porcentaje de grasa y conservando o incrementando la densidad de los huesos.
- Mejorar la movilidad.
- Aumentar la tolerancia al ortoestatismo.
- Mejorar el estado de ánimo y la autoestima.
- Aumentar la independencia.
- Mejorar las relaciones sociales.
- Disminuir el riesgo de enfermedades.



En definitiva se trata de que las personas con LM se ejerciten en la medida de lo posible para evitar las consecuencias del sedentarismo y retrasar el envejecimiento prematuro, así como el resto de consecuencias secundarias asociadas a la lesión. Todo ello resulta en una incrementada calidad de vida y en un aumento de la sensación de bienestar.

#### ▪ **Efectos negativos del ejercicio físico**

Generalmente olvidamos que la práctica de ejercicio físico no controlada puede tener efectos negativos sobre el organismo. Para empezar, los accidentes en competiciones deportivas de motor, las entradas al agua, los saltos de esquí u otro tipo de actividades de riesgo pueden originar lesiones medulares de gravedad o incluso quitar la vida a las personas que practican estas modalidades. Aunque es cierto que las acciones causantes de lesión medular han de controlarse; lo que ahora interesa es resaltar las complicaciones que surgen durante el tratamiento rehabilitador.

Con el cometido de evitar efectos perjudiciales, se van a tratar los peligros que conllevan una mala práctica de ejercicio físico ya que en estas personas es preferible renunciar al logro del beneficio que correr el riesgo de provocar un daño. En los programas de ejercicio físico, los efectos negativos propios de la LM son:

- Lesiones en la piel por rozaduras o presión.
- Lesiones músculo-esqueléticas.
- Disreflexia autonómica.
- Cuadros de hipotensión
- Alteraciones de la regulación térmica.

Si queremos evitar estos riesgos debemos prevenirlos antes de que ocurran, por eso es se deben considerar las siguientes recomendaciones en los programas de entrenamiento diseñados para personas con LM (Rodríguez Sotillo y Giráldez García, 2012):

- Utilizar **ropa cómoda** y que permita la transpiración (debemos evitar que se produzcan dobleces innecesarias, ya que suelen ser causa de úlceras y otras lesiones en la piel).

- **Procurar una superficie adecuada de apoyo** durante la práctica del ejercicio, y realizar **descargas frecuentes** de peso (levantarse cada poco tiempo y durante unos segundos, para evitar la compresión constante de los tejidos).
- **Vigilar la sujeción y la estabilidad** en el momento de la práctica, procurando reducir el riesgo de caídas. Es muy importante frenar la silla cuando se vaya a trabajar sobre ella, y en algunas actividades la silla ha de ser específica para dicha práctica (baloncesto, carreras, etc.).
- **Adecuar la intensidad** de los ejercicios a las capacidades específicas de la persona y **evitar las repeticiones excesivas**. En nuestra experiencia, observamos con frecuencia como un paciente hace muchas repeticiones con un grupo muscular durante sus sesiones de fisioterapia, presumiblemente para ganar fuerza (lo que ya es una clara demostración de desconocimiento sobre el entrenamiento de la fuerza), y, en otro momento del día, durante el programa de ejercicio, vuelve a hacer lo mismo. Obviamente, si el objetivo fuera ganar fuerza, el planteamiento sería erróneo, pero, lo peor es que puede provocar lesiones por sobreuso.
- **Controlar la tensión arterial** es fundamental. El prescriptor del ejercicio ha de estar atento a los síntomas y signos de una hipotensión, que puede ser causa de mareo o síncope, incluso con caída, por lo que en los ejercicios donde haya incorporaciones (de tumbado a sentado o a bipedestación) éstas deberán realizarse de forma suave, sin brusquedades, para evitar que se produzcan situaciones de hipotensión ortostática. Pero, sobre todo, ha de estar especialmente alerta ante la aparición de una hipertensión derivada de una disreflexia autonómica, que puede resultar muy grave y, en ocasiones, es desencadenada por el ejercicio.

## **3.6. Resultados**

### **3.6.1. Modelo de composición corporal**

Antes de comenzar la valoración de la composición corporal en parapléjicos, es necesario exponer un modelo teórico que determine este concepto. Entre muchas opciones, he elegido el modelo de los cinco niveles (Wei Shen *et al.* 2008, pp. 3-14) ya que recoge los distintos componentes de la composición corporal. En este modelo la masa corporal total se considera la suma de todos los componentes en cada uno de los cinco niveles: atómico, molecular, celular, tejido-órganos y corporal total.

- **Nivel atómico**

Este nivel contiene 11 elementos principales. Más del 96% de la masa corporal está formada por cuatro elementos: oxígeno (O), carbono (C), hidrógeno (H) y nitrógeno (N). Otros elementos importantes son el calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P), azufre (S), sodio (Na), cloro (Cl) y magnesio (Mg).

- **Nivel molecular**

Aquí son seis los componentes principales: agua (H<sub>2</sub>O), lípidos, proteínas, carbohidratos, minerales óseos y minerales de tejidos blandos.

- **Nivel celular**

El nivel celular incluye tres componentes: los sólidos extracelulares, el líquido extracelular y las células. Las células pueden dividirse, además, en dos componentes: las grasas y el componente mineral óseo (BCM). Este último es el componente de metabolismo activo en el nivel celular de la composición corporal (Moore *et al.* 1963).

- **Nivel tejidos-órganos**

El nivel tejido-órganos de la composición corporal consta de componentes importantes que incluyen el tejido adiposo, músculo esquelético, vísceras y hueso.

Algunos componentes del nivel tejido-órganos son órganos sólidos únicos como el cerebro, corazón, hígado y bazo. Otros como el músculo esquelético y el tejido adiposo están diseminados a través de todo el cuerpo. El modelo de dos componentes que incluye la masa grasa (FM) y la masa libre de grasa (FFM), es uno de los modelos más utilizados en la investigación actual; aunque el modelo de tres componentes, en el cual la FFM se divide en tejido magro blando y mineral óseo, también está siendo utilizado ya que las investigaciones indican la validez teórica y empírica de este método de estimación de la FM y la FFM.

▪ **Nivel corporal total**

El quinto nivel de la composición corporal puede dividirse en regiones como extremidades, tronco y cabeza. Es elemental considerar que en este nivel, existen variaciones relacionadas con la edad y el sexo, diferencias entre regiones y en los diferentes grupos étnicos (Raji *et al.* 2001), y en materia de este estudio, entre las personas con discapacidad motriz.

En la tabla que se presenta a continuación (**Tabla 4**), se puede ver un esquema que integra los modelos de composición corporal representativos de los cinco niveles: anatómico, molecular, celular, tejido-órganos y corporal total.

<b>NIVEL</b>	<b>Modelo de composición corporal</b>	<b>Número de componentes</b>
<b>Atómico</b>	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
<b>Molecular</b>	$BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + Mnn$	4
	$BM = FM + TBW + \text{sólidos no grasos}$	3
	$BM = FM + Mo + \text{residual}$	3
	$BM = FM + FFM$	2
<b>Celular</b>	$BM = \text{células} + EFC + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
<b>Tejido-órganos</b>	$BM = AT + SM + \text{hueso} + \text{vísceras} + \text{otros tejidos}$	5
<b>Corporal total</b>	$BM = \text{cabeza} + \text{tronco} + \text{extremidades}$	3

*Nota.* AT=tejido adiposo; BMC=masa celular corporal; BM=masa corporal; CHO=carbohidratos; ECF=líquido extracelular; ECS=sólidos extracelulares; FFM=masa sin grasa; FM=masa de grasa; M=mineral; Mo=mineral óseo; Ms=mineral de tejidos blandos; SM=músculo esquelético; TBPro= proteína corporal total; TBW=agua corporal total.

**Tabla 4. Modelos de componentes múltiples representativos de los cinco niveles de composición corporal. (Wei Shen *et al.* 2008; pp. 3-14)**

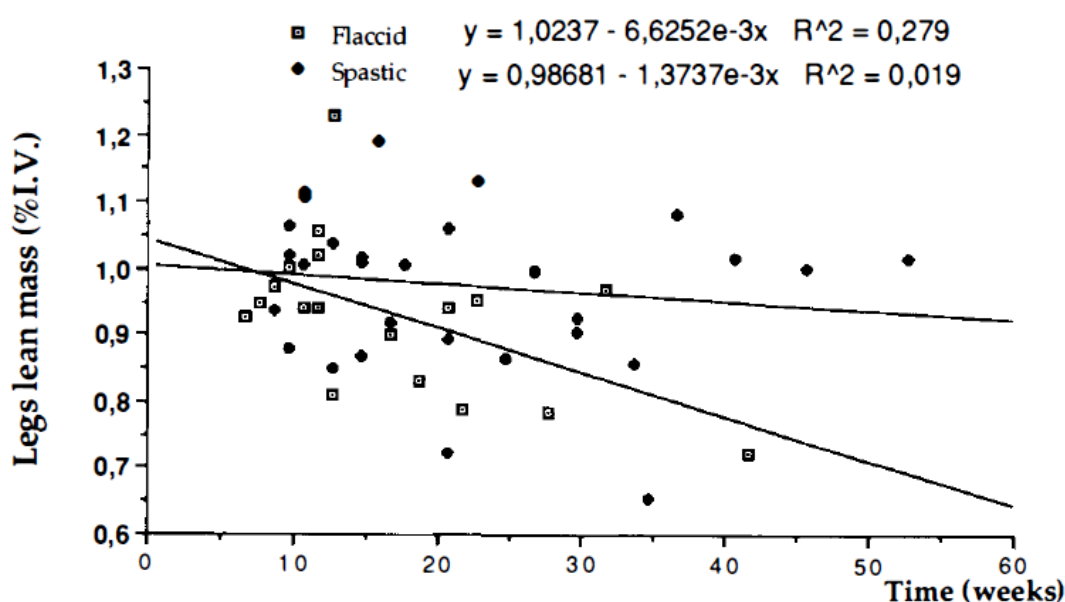
### 3.6.2. Composición corporal en la lesión medular

El deterioro de la composición corporal es evidente después de la lesión medular. Un incremento de la masa grasa y una reducción del tejido magro blando y del tejido mineral óseo son las modificaciones asociadas.

#### ▪ Tejido músculo-esquelético

Se ha demostrado en ratas que la falta de inervación causa alteraciones importantes en el músculo esquelético: desajuste general de la estructura interna acompañado por un deterioro funcional y seguido de una completa degeneración (Pellegrino y Franzini, 1963; Lu *et al.* 1997).

En personas con lesión medular, la musculatura se deteriora significativamente durante los primeros 6 meses desde la lesión ya que la denervación del músculo esquelético resulta en una atrofia del mismo. Los datos indican que la masa total de tejido muscular decrece como mucho un 9,5% después de 6 meses (Baldi *et al.* 1998), mientras que el tejido muscular de la pierna se reduce hasta un 15,1% un año después de la LM (Wilmet *et al.* 1995); aunque esta reducción es diferente en la lesión medular espástica o flácida, ya que los pacientes con LM espástica conservan una mayor proporción muscular en las áreas paralizadas (**Ilustración 10**).



Nota. (Círculos) Representan la paraplejía espástica mientras que (Cuadrados) representan la paraplejía flácida.

**Ilustración 10.** Evolución de la masa muscular de la pierna en paraplejías espásticas y flácidas. (Wilmet *et al.* 1995).

Esta mayor tasa de degeneración en la musculatura paralizada representa una importante pérdida de funcionalidad, aunque en el caso de la musculatura inervada, los datos se presentan más favorables. Como resultado de una rehabilitación activa, es posible incrementar la masa muscular en un 30% después de 6 meses de entrenamiento (Wilmet *et al.* 1995).

Para lesiones incompletas, George y Dudley (2007) revelan que el área de sección transversal (CSA) del músculo esquelético en el muslo es un 33% menor en personas con paraplejía aguda (C<sub>7</sub>-L<sub>3</sub>) que en personas sin discapacidad 6 semanas post-lesión (82±4 y 123±21 cm<sup>2</sup>, respectivamente) (Ilustración 11). Cabría pensar que el CSA del músculo esquelético decreciese progresivamente con el tiempo, pero esto no ocurre así; ya que en este estudio no se encontraron diferencias importantes entre la primera medición y la segunda (a las 6 semanas y a los 3 meses, respectivamente).

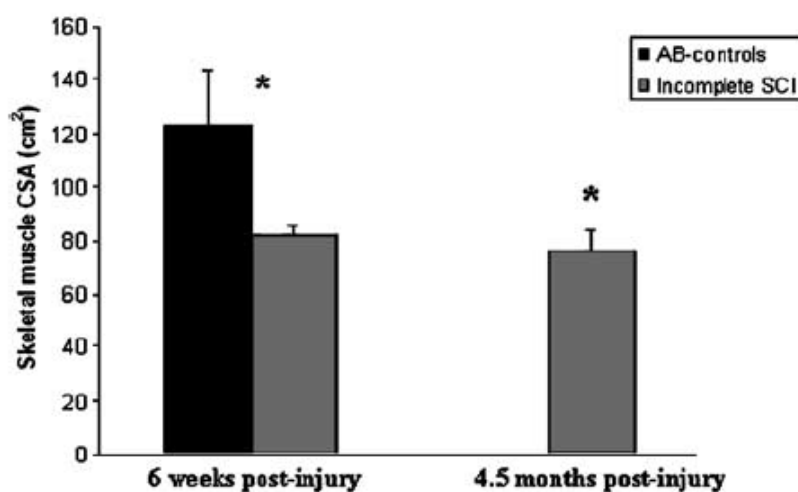


Ilustración 11. Área de sección transversal (CSA) del músculo esquelético en el grupo control (AB) y en individuos con LM incompletas 6 semanas después de la lesión (columna negra y gris) y el seguimiento después de 3 meses (columna gris; 4,5 meses post-lesión en LM). \* Indica diferencias significativas entre el grupo AB a las 6 semanas y 3 meses. No hubo diferencias significativas en la LM a las 6 semanas ni a los 3 meses. (George y Dudley, 2007).

Por otra parte, se sabe que las neuronas regulan las propiedades del músculo directamente a través de los factores neurotróficos o indirectamente a través de la actividad física. Se cree que las influencias neuronales en las fibras musculares conducen a alteraciones en las características contráctiles de las fibras, aunque

todavía se desconoce la naturaleza de estos cambios. Así mismo, la relativa importancia de los factores neurotróficos o el peso que la actividad física tiene en el mantenimiento de la masa muscular, las propiedades contráctiles y las características de las fibras aún está en debate (Boncompagni *et al.* 2007). Lo que se sabe con certeza es que la atrofia muscular se produce rápida y progresivamente y que el fenotipo de las fibras musculares cambia dependiendo de las demandas funcionales. En varios artículos se ha registrado una mayor conservación de las fibras tipo II en los miembros paralizados (Grimby *et al.* 1976; Martin *et al.* 1992; Round *et al.* 1993) y/o una reducción de la actividad enzimática aeróbico-oxidativa (Martin *et al.* 1992) que conduce a una fatiga muscular temprana (Adams *et al.* 2006). Las fibras tipo I representan un  $11 \pm 7$  vs.  $34 \pm 5\%$  (LM incompletas e individuos sin discapacidad, respectivamente) y las fibras tipo IIa un  $11 \pm 6$  vs.  $31 \pm 5\%$  ( $P < 0.05$ ) mientras que las fibras tipo IIx representaron un contenido 6 veces superior en las personas con LM ( $40 \pm 13$  vs.  $7 \pm 3\%$ ;  $P < 0.05$ ) (Ilustración 12) (Malisoux *et al.* 2007). Además, aunque el pico de fuerza que estas fibras eran capaces de producir fue similar en ambos grupos (LM y grupo control) para todas las fibras, la velocidad de contracción y la potencia absoluta ejercida fue mayor en los individuos con lesión medular ("Slack Test Method") (Malisoux *et al.* 2007). La atrofia de las fibras lentas (tipo I) junto a la conservación de fibras musculares rápidas (tipo II) y la pérdida de mitocondrias (reducción de la actividad aeróbico-oxidativa), contribuyen al aumento de la fatiga muscular (Sweeney *et al.* 1988; Martin *et al.* 1992; Round *et al.* 1993; Sargeant, 1994); todo ello inducido por el cambio en la expresión de la cadena pesada de miosina (MHC) (Sweeney *et al.* 1988).

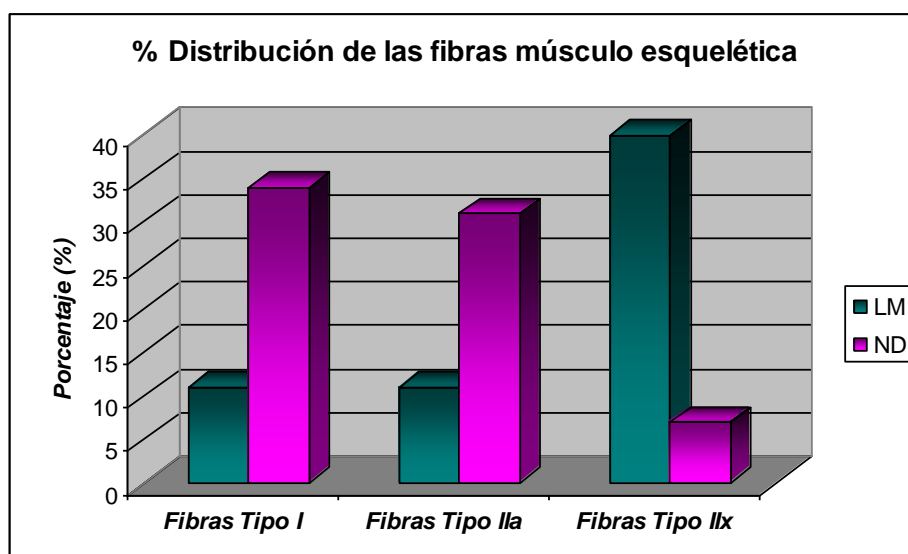
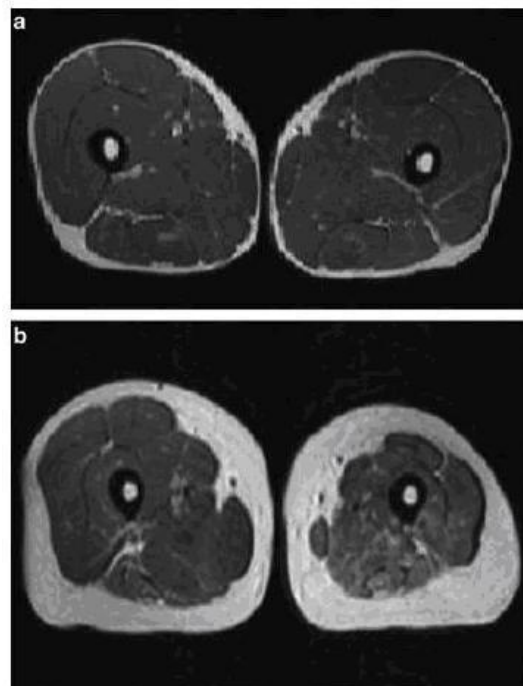


Ilustración 12. Porcentaje de distribución de las fibras musculares (Tipo I, Tipo IIa y Tipo IIx) en individuos

con LM incompleta (LM) e individuos sin discapacidad (ND). Estudio en paraplejías incompletas (L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>) y tetraplejías completas (C<sub>7</sub>-C<sub>8</sub>). (Malisoux *et al.* 2007).

### ▪ Tejido adiposo

Otro de los grandes cambios de la composición corporal en las personas con paraplejía se debe al incremento de la masa grasa (FM). La acumulación de grasa en este colectivo es más notable en la musculatura paralizada (**Ilustración 13**). De este modo, al estudiar la atrofia muscular del muslo (LM incompletas; C<sub>7</sub>-L<sub>3</sub>) tras 6 semanas de la lesión, el contenido de grasa intramuscular (IMF) fue un 126% más alto. Además, este contenido se incrementó un 26% en los siguientes 3 meses (George y Dudley, 2007). La grasa intramuscular (IMF) no debe ser confundida con el tejido adiposo intermuscular (IMAT). El IMAT es la grasa visible infiltrada entre los grupos musculares como los cuádriceps femorales o los músculos isquiotibiales (Gallagher *et al.* 2005); mientras que la IMF es la suma de grasa infiltrada en un grupo muscular (compartimentos de grasa intra y extracelulares).

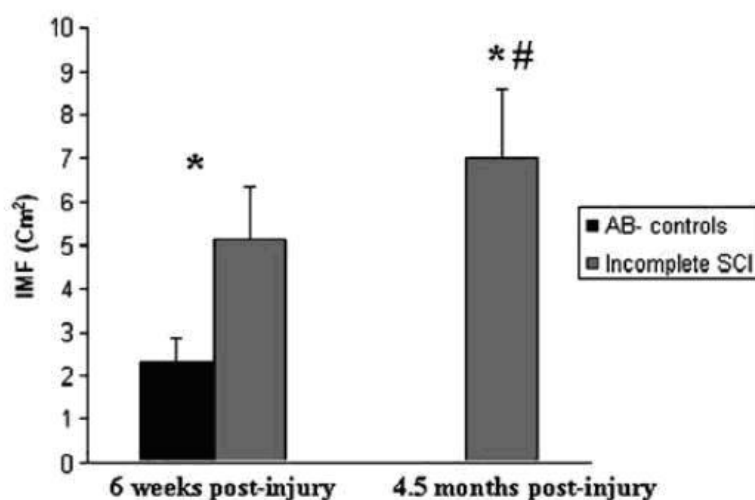


*Nota.* (a) Imágenes de resonancia magnética ponderadas de la mitad del muslo en el grupo control AB e (b) individuos con LM incompleta 6 semanas post-lesión. Nótese la diferencia en el tamaño del músculo entre las imágenes de resonancia magnética en (a) y (b). En (b), nótese la materia blanca (IMF o grasa intramuscular) infiltrada dentro del grupo muscular de la pierna izquierda.

**Ilustración 13.** Grasa intramuscular (IMF) del muslo tras 6 semanas de la lesión medular analizada con Imagen de Resonancia Magnética (MRI). (George y Dudley, 2007).



En cuanto a la IMF relativa ( $[IMF\ CSA/CSA]*100$ ), esta fue tres veces más elevada a las 6 semanas de la lesión en comparación con en grupo control sin discapacidad. Asimismo, durante los 3 meses posteriores a la lesión, la IMF relativa continuó elevándose (George y Dudley, 2007) (Ilustración 14).



Nota. (\*) Indica la diferencia para AB grupo control y (#) indica la diferencia desde la primera exploración ( $P<0.05$ ).

**Ilustración 14.** IMF en el grupo control AB y en pacientes con LM incompletas 6 semanas después de la lesión (columnas grises y negras) y a los 4,5 meses después de eso (columna gris únicamente para la LM). (George y Dudley, 2007).

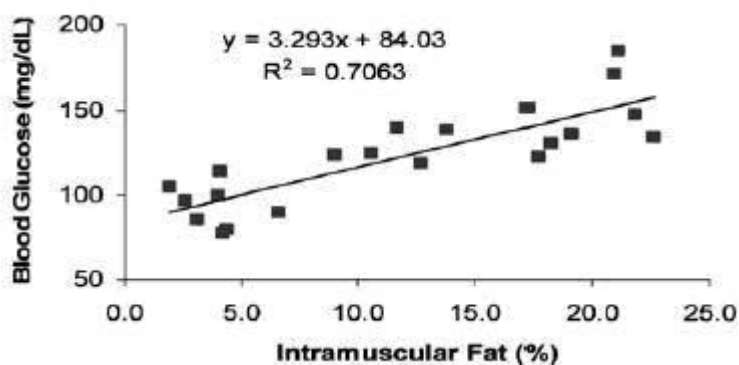
Otras investigaciones realizadas en personas con LM completa (Elder *et al.* 2004), también coinciden en que el porcentaje de IMF del muslo en relación con el CSA del músculo esquelético es hasta tres o incluso cuatro veces mayor al comparar los resultados con el grupo control sin discapacidad (Ilustración 15).

Variable	SCI	ND
Muscle CSA (cm <sup>2</sup> )	58.6 ± 21.6	94.1 ± 32.5*
IMF CSA (cm <sup>2</sup> )	14.5 ± 6.0	4.7 ± 2.5*
IMF (%)	17 ± 4	5 ± 3*
Subfascial fat CSA (cm <sup>2</sup> )	9.3 ± 4.5	2.8 ± 2.0*
Subfascial fat (%)	11 ± 3	3 ± 2*

Nota. Los valores de presentan como el promedio ± la desviación típica (SD). \*  $P<0.01$  (diferencia significativa) en comparación con la lesión medular (SCI).

**Ilustración 15.** Área de sección transversal (CSA) del músculo esquelético en relación con la grasa del muslo en personas con lesión medular (SCI) e individuos sin discapacidad (ND). (Elder *et al.* 2004).

Es importante advertir que este aumento de la IMF, junto con la reducción del porcentaje de masa muscular, acarrea el desarrollo de enfermedades metabólicas. Es así como el deterioro en la tolerancia de la glucosa y la probabilidad de adquirir diabetes mellitus tipo II parece ocurrir con más frecuencia tras la LM. Por ejemplo, en sujetos con LM completas, la IMF representa alrededor del 70% de la varianza en la glucosa plasmática 120 min. después de haber ingerido 75 g. de glucosa. A mayores cantidades de IMF en proporción con el CSA del músculo esquelético, también son mayores los valores para la glucosa y la insulina en plasma (**Ilustración 16**); lo que sugiere que los lípidos pueden interferir en el metabolismo de la glucosa en el músculo esquelético, aunque el mecanismo aún no está claro (Elder *et al.* 2004). Por lo tanto, es probable que el incremento de los lípidos, sumado a la inactividad física juegue un papel importante en la elevada prevalencia de la intolerancia a la glucosa, resistencia a la insulina, diabetes tipo II y obesidad en esta población.

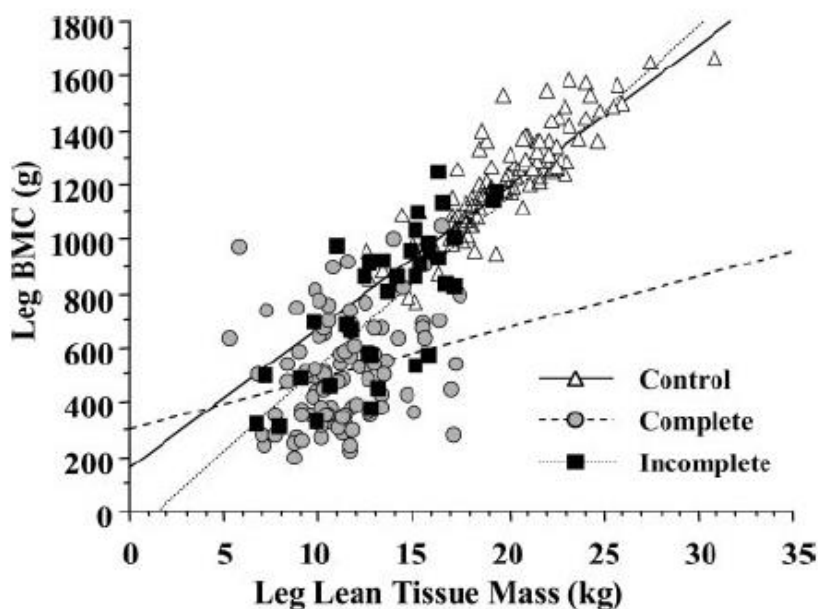


*Nota.* La respuesta al test oral de tolerancia a la glucosa a los 120 min. fue de  $142 \pm 20$  y  $97 \pm 20$  mg/dl para personas con lesión medular crónica completas (LM) e individuos sin discapacidad (ND), respectivamente. No parece haber diferencias significativas de la glucemia ayunas ( $83 \pm 7$  y  $86 \pm 5$  mg/dl, respectivamente).

**Ilustración 16.** Asociación entre IMF (cm<sup>2</sup>) y la glucosa en plasma (valores del test oral de tolerancia a la glucosa a los 120 min. expresado en mg/dl) en lesiones medulares (LM) completas crónicas e individuos ND (sin discapacidad). (Elder *et al.* 2004).

## ▪ Tejido óseo

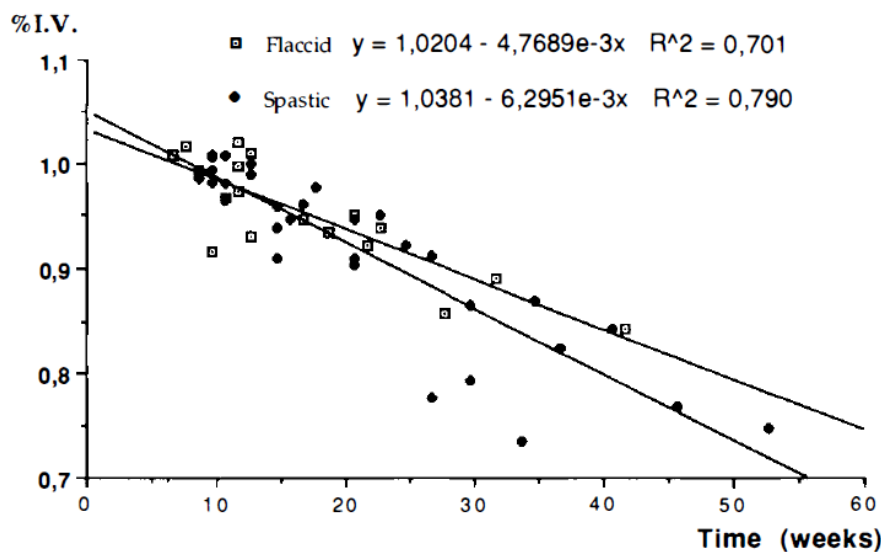
En las paraplejías, también se aprecia la degradación rápida y permanente del tejido conectivo (Gross *et al.* 2010). Debido a que el hueso es un tipo de tejido conectivo que cumple la función de sostén y relleno estructural, su reducción incrementa el riesgo de fracturas, sobretodo en la masa ósea de la musculatura paralizada (Dionyssiotis *et al.* 2011). Por ello, se cree que las reducciones de la contenido mineral óseo (BMC) pueden estar relacionadas con las reducciones del tejido muscular (Spungen *et al.* 2003) (Ilustración 17); de ahí a que Gross *et al.* (2010) apoyen la idea de que la función muscular es crucial para el exitoso desenvolvimiento del sistema esquelético y probablemente sea muy importante en la mediación de la salud ósea a lo largo de la vida.



*Nota.* Aquellos con LM completa obtuvieron valores significativamente menores del la BMC (g.) por unidad de masa de tejido muscular (Kg.) que en los otros dos grupos.

**Ilustración 17.** Relación entre el contenido mineral óseo (BMC) y la masa de tejido muscular en la pierna de aquellos con LM completa e incompleta, comparado con el grupo control (sin discapacidad). (Spungen *et al.* 2003).

Sin embargo Wilmet *et al.* (1995), informa de que el BMC de los miembros inferiores (MMII) es muy similar en paraplejías espásticas o flácidas (Ilustración 18); resultado que coincide con otras investigaciones más recientes (Kaya *et al.* 2006; Dionyssiotis *et al.* 2009). Esto sugiere que el nivel de activación músculo-esquelético no influye demasiado en la conservación del BMC.



**Ilustración 18.** Evolución del contenido mineral óseo (BMC) en pacientes con paraplejía espástica y flácida. (Wilmet *et al.* 1995)

Estudios en los que utilizan la DXA (Absorciometría radiográfica de energía dual) y la pQCT (Tomografía computarizada cuantitativa periférica) muestran que inmediatamente después de la lesión, la densidad mineral ósea (BMD) decrece rápidamente, particularmente en las zonas con una mayor proporción de hueso trabecular (Frey-Rindova *et al.* 2000; Modlesky *et al.* 2004; Slade *et al.* 2005); por lo que en el hueso cortical se dan mejores resultados (Wilmet *et al.* 1995; De Bruin *et al.* 2000; Frey-Rindova *et al.* 2000). De este modo, el contenido mineral óseo disminuye entre un 25 y un 50% (Dionyssiotis *et al.* 2011) (Ilustración 19) debido a que la magnitud de la reducción depende del nivel de lesión, del grado de afectación y del tiempo transcurrido tras la LM (Kocina, 1997). Ante una posible explicación de la magnitud en la reducción de la masa ósea, según Dionyssiotis *et al.* (2011) la regulación simpática sobre el metabolismo del hueso en las enfermedades caracterizadas por un exceso de actividad simpática parece ser la razón (Schwartzman, 2000). De este modo, el nivel neurológico de la lesión medular jugaría un importante papel en la conservación de la masa ósea ya que es probable que las alteraciones en el SNA causen el desgaste del hueso a través de los cambios en el tono vascular y el flujo sanguíneo (Chantraine *et al.* 1979). Con respecto al nivel neurológico de lesión, Garland *et al.* (2008) observaron que los individuos con tetraplejía mostraron tener peores resultados en los valores para la BMD y la masa ósea total (TMB), lo que concuerda con las ideas de Kocina (1997). Aunque Dionyssiotis *et al.* (2009) no encontraron relación entre el BMC en los MII

con la duración de la parálisis (DOP) para un grupo de individuos con paraplejía completa (T<sub>4</sub>-T<sub>12</sub>).

Toda esta información sugiere que la DOP no guarda relación con el nivel neurológico de lesión ni con su grado de extensión (completa o incompleta) (Kaya *et al.* 2006) y tampoco con el grado de espasticidad (flácida o espástica). Aunque se comprobó que existe correlación en las reducciones de la BMD del fémur proximal entre el período de lesión agudo (0-3 meses) y crónico (7-24 meses).

Tales reducciones de masa y densidad ósea implican un cambio en la estructura y geometría del hueso que modifican la resistencia mecánica del mismo a las cargas (De Bruin *et al.* 2000). Esta pérdida de hueso es rápida y lineal en los MMII hasta pasado un año de la lesión (completa) (Wilmet *et al.* 1995), lo que incrementa el riesgo de fracturas. En LM agudas, la tasa de fracturas es del 1-6% con más frecuencia en la rodilla (fémur distal o tibia proximal) que suelen ocurrir durante las transferencias o los giros en la cama (Comarr *et al.* 1962; Nottage, 1981; Ragnarsson y Sell 1981; Vestergaard *et al.* 1998).

Tibia slices pQCT	Bone parameters	Control group n=30 (mean±SD)	Paraplegics (subgroup A) n=16 (mean±SD)	Paraplegics (subgroup B) n=15 (mean±SD)	Difference of control to subgroup A	Difference of control to subgroup B	ANOVA p value
4%	BMD <sub>trab</sub>	264.15±39.5	110.09±59.91***	134.58±68.53***	-58.32%	-49.05%	< 0.0005
	BMD <sub>tot</sub>	342.01±41.7	181.61±48.75***	187.59±64.79***	-47%	-45.15%	< 0.0005
14%	SSI <sub>2</sub>	2128.51±179	1820.84±387.16	1603.64±245.53**	-14.45%	-24.66%	0.009
38%	BMD <sub>cort</sub>	1108.75±23.8	1087.90±19.97	1057.30±46.65*	-1.88%	-4.64%	0.029
	SSI <sub>3</sub>	2318.64±157	1876.14±240.31*	1920.84±141.57*	-19%	-17%	0.003
	THI <sub>cort</sub>	6.42±0.42	5.15±1.08*	5.33±0.77*	-19.78%	-16.98%	0.019

*Nota.* \*p-valor<0.05 \*\*p-valor<0.005 \*\*\*p-valor<0.0005 del test de Bonferroni para el grupo control frente al subgrupo A y el subgrupo B. BMD<sub>trab</sub>: BMD trabecular; BMD<sub>tot</sub>: BMD total; BMD<sub>cort</sub>: BMD cortical; THI<sub>cort</sub>: Grosor cortical; SSI<sub>2</sub>: Índice de tensión-deformación al 14% de la diáfisis de la tibia; SSI<sub>3</sub>: Índice de tensión deformación al 38% de la diáfisis de la tibia.

**Ilustración 19. Parámetros de la densidad mineral ósea (BMD) medidos con la Tomografía computarizada cuantitativa periférica (pQCT) y significación estadística en el grupo control y en los subgrupos de trabajo (A y B).** (Dionyssiotis *et al.* 2011).

En la evolución de los resultados, los estudios coinciden que la reducción de la masa ósea y el deterioro en su estructura continúan 2-8 años después de la LM (Eser *et al.* 2004; Shields *et al.* 2006), aunque existe la idea de que la pérdida de masa ósea continúa toda la vida (Giangregorio *et al.* 2005).

### **3.6.3. Comorbilidad asociada al exceso de grasa**

En las personas con paraplejía se evidencian cambios adversos en la composición corporal, similares a los que se observan con la edad pero que parecen ocurrir prematuramente y de forma acelerada (Spungen *et al.* 2003). Además, muchos de los desordenes asociados también con la edad como: la intolerancia de los hidratos de carbono, resistencia a la insulina (Duckworth *et al.* 1980; Bauman *et al.* 1992; Bauman y Spungen, 1994; Karlsson, 1999), anormalidades de lípidos (LaPorte *et al.* 1983; Brenes G. *et al.*, 1986; Bauman y Spungen, 1994; Bauman *et al.* 1992) y enfermedad del corazón (Bauman *et al.* 1992; Whiteneck *et al.* 1992), ocurren con una alta prevalencia en la población con LM y a edades tempranas.

- **Enfermedades metabólicas**

Algunas de las enfermedades metabólicas asociadas a la LM están altamente relacionadas con los adversos cambios en la composición corporal y la denervación de la musculatura esquelética después de la lesión (Spungen *et al.* 2003). Tales cambios son un factor de riesgo que contribuye al desarrollo de obesidad, diabetes mellitus tipo II y síndrome metabólico (Kocina, 1997; Bauman y Spungen, 2001), entre otras enfermedades.

La obesidad es común entre adultos con lesión medular (Olle *et al.* 1993). Esta población experimenta un deterioro y restricción en el rendimiento de su actividad cotidiana que conduce a un incrementado estilo de vida sedentario (van der Berg-Emons *et al.* 2003). Esto, a su vez, puede estar relacionado con una reducción de la condición física y un incremento de la grasa corporal (Widman *et al.* 2007).

Al igual que en la población sin discapacidad motora, el exceso de grasa corporal en personas con LM está asociado al síndrome metabólico, que es una constelación de factores de riesgo cardiovascular, incluyendo la intolerancia a la glucosa, hiperlipidemias e hipertensión. Además estos factores de riesgo se asocian a una elevada prevalencia de diabetes mellitus tipo II y enfermedad coronaria (Bauman *et al.* 1992; Bauman y Spungen, 1994; Bauman y Spungen, 2001).

En cuanto al desarrollo de diabetes mellitus tipo II, la acumulación de IMF y su posible papel en explicar la resistencia a la insulina, demuestra la importancia de la temprana intervención tras la LM para atenuar la atrofia muscular y prevenir la

acumulación de grasa (Gorgey y Dudley, 2007). Los datos para apoyar este enlace se encuentran disponibles en las lesiones crónicas, en las que un incremento del 40% del CSA del músculo esquelético mejoró la tolerancia a la glucosa después de 12 semanas de entrenamiento de fuerza estimulado eléctricamente (Mahoney *et al.* 2005).

- **Gasto energético en reposo**

Ligado al desarrollo de enfermedades metabólicas, ha sido documentada una correlación moderada-alta entre el gasto energético en reposo (REE) y composición corporal en pacientes con LM (Sedlock y Laventure, 1990, Spungen *et al.* 1993; Liusuwan *et al.* 2004). Una reducción en la masa muscular total tras la LM se asocia con una consecuente reducción del REE en adultos y niños (Liusuwan *et al.* 2007). Es decir, cuanta mayor sea la masa muscular, mayor será el gasto energético (Nash y Gater, 2007). De aquí la importancia de conservar las fibras musculares de la musculatura paralizada, ya que un elevado gasto energético supondría al lesionado medular evitar o retrasar el desarrollo de ciertas enfermedades metabólicas como por ejemplo, la obesidad. Los intentos de revertir estos procesos y/o modificaciones en la composición corporal de los pacientes con lesión medular pueden tener importantes beneficios para la salud.

### **3.6.4. Efectos del ejercicio físico sobre la composición corporal**

La incorporación del entrenamiento de fuerza dentro de un plan saludable es esencial en las personas con lesión medular. La inmediata atrofia muscular tras la LM, la reducción de la masa ósea y el aumento del tejido adiposo, refleja la importancia de la temprana intervención. De este modo, la rehabilitación a través de la actividad física debe comenzar tan pronto los sujetos con discapacidad se encuentren clínicamente estables (Wolfe *et al.* 1977).

Los programas de ejercicio físico que he revisado mayoritariamente se centran en el entrenamiento de la fuerza muscular con el propósito de promover la independencia funcional (Capodaglio *et al.* 1996) porque, dado la consecuente disfunción de los miembros inferiores MMII, los parapléjicos confían en la capacidad funcional de tronco y miembros superiores (MMSS) para realizar las actividades de

la vida diaria. De todos modos, no debemos olvidar que la capacidad aeróbica también se encuentra mermada en las personas con paraplejía. La enfermedad cardiovascular representa la mayor causa de muerte en este colectivo y una importante morbilidad en el envejecimiento de las personas con LM (DeVivo *et al.* 1993; DeVivo *et al.* 1992; Whiteneck *et al.* 1992). Sin embargo, los entrenamientos utilizados comúnmente para mejorar la capacidad aeróbica (ergómetro de brazos y ergómetro para silla de ruedas), a menudo provocan lesiones por sobreuso de los MMSS que comprometen la habilidad para realizar las actividades de la vida diaria (Pentland y Twomey, 1991; Burnham y Steadward, 1994; Reyes *et al.* 1995; Curtis *et al.* 1999). Este hecho hace pensar que el entrenamiento mediante ergómetro no sea el más adecuado para mejorar la salud de los individuos con paraplejía. Por eso, a partir de aquí describiré algunos de los métodos de entrenamiento que he revisado con la finalidad de poder recomendar el ejercicio físico que más beneficios aporte a la población con paraplejía.

- **Entrenamiento mixto: fuerza y resistencia**

El circuito de entrenamiento de fuerza (CRT) parece ser el que más beneficios aporta en la rehabilitación de las paraplejías. Gettman *et al.* (1978) ya demostró entonces que un programa de entrenamiento de fuerza a través de circuito mejora la fuerza y los cambios en la composición corporal de las personas sin discapacidad. Los datos mostraron que el promedio del peso levantado (evaluado a partir del 1RM) se incrementó del 42% al 56%, aunque el efecto que se produjo sobre la resistencia aeróbica fue muy pequeño.

Adaptado a personas con paraplejía (lesiones completas T<sub>5</sub>-L<sub>1</sub>), el CRT para MMSS que propone Jacobs *et al.* (2001) se compone de 6 estaciones en las que se realizan 3 pares de ejercicios agonistas/antagonistas (por ejemplo: una estación para trabajar el músculo bíceps y otra para trabajar el tríceps); en los que después de cada serie (10 repeticiones agonista y otras 10 repeticiones para antagonista), procedía un período de 2 minutos de trabajo aeróbico en cicloergómetro de brazos usando la mínima resistencia a la máxima capacidad. Tras 3 meses de entrenamiento en circuito (3 sesiones semanales no consecutivas de 40-45 minutos cada una; intensidad 50-60% de 1RM), se vieron ganancias de fuerza del 11,9-30% (con un promedio de 21,1%) en MMSS e incrementos del VO<sub>2 máx.</sub> en un 29,7%. La mejora del 29,7% del VO<sub>2 máx.</sub> se vio reflejada en un incremento del 30,8% en el tiempo de fatiga durante el test de ergómetro de brazos y en las ganancias del 16,1% en el pico de potencia (Tabla 5).



	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	%Δ	P
VO <sub>2</sub> máx. (L·min <sup>-1</sup> )	1.45±0.22	1.88±0.31	+29,7	<0.01
Tiempo de fatiga (seg.)	624±195	816±223	+30.8	<0.01
Pico de potencia (kp·m·min <sup>-1</sup> )	655±101	761±106	+16.1	<0.05

**Tabla 5. Efectos del CRT sobre el pico de respuesta metabólica del test de ergómetro de brazos en paraplejías crónicas (mean ± SD, N=10). (Jacobs *et al.* 2001).**

Otro ejemplo que ilustra los efectos positivos del ejercicio físico podemos encontrarlo en el estudio de Hicks *et al.* (2003). En él se apuesta por realizar sesiones de 90-120 min., el doble de lo habitual. Después de 9 meses de entrenamiento mixto (2 veces por semana; lesiones traumáticas C<sub>4</sub>-S<sub>1</sub>; ASIA A-D), la potencia (W) en el ergómetro de brazos se incrementó en 20W (en paraplejías), lo que representa un aumento relativo del 45%. No se encontraron cambios significativos en la FC desde el inicio del estudio (trabajando al 70% de la FC<sub>máx.</sub> durante 15-30 min.; Escala de Borg 3-4) aunque si se vieron cambios en la fuerza muscular con incrementos positivos en un rango de 19-34% (no existieron diferencias según el nivel de la lesión). Las ganancias de fuerza muscular se produjeron trabajando a intensidades del 70-80% (Hicks *et al.* 2003), si bien a intensidades del 50-60% también se lograron mejoras como demostró Jacobs *et al.* (2001).

- **Entrenamiento BWSTT**

Además del entrenamiento de fuerza en circuito, también es habitual encontrar el entrenamiento en cinta en el que el peso corporal es soportado por estructuras externas (BWSTT). Stewart *et al.* (2004), demostró que 6 meses de BWSTT mejora el perfil de los lípidos en la sangre en personas con LM incompleta (C<sub>4</sub>-T<sub>12</sub>). Esto se evidencia en la reducción del colesterol LDL y del ratio entre el colesterol total y colesterol HDL. Asimismo, a partir de 6 semanas de BWSTT en LM incompletas (C<sub>6</sub>-L<sub>1</sub>) (Soyupek *et al.* 2009), las personas con paraplejía experimentaron una reducción de la frecuencia cardíaca (FC) al final del estudio (Tabla 6).

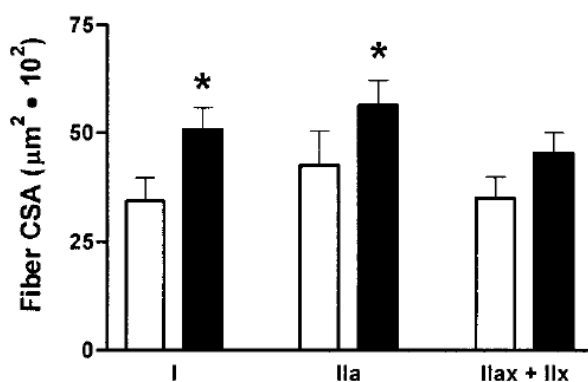
	Pre-BWSTT (n = 8)	Post-BWSTT (n = 8)
<b>HR</b>	<b>94.37 ± 8.66*</b>	<b>84.25 ± 7.79</b>
Lying SBP	113.50 ± 12.50	112.50 ± 11.33
Sitting SBP	124.25 ± 17.54	111.87 ± 9.61
Lying DBP	81.87 ± 9.97	79.37 ± 6.23
Sitting DBP	85.62 ± 9.03	84.87 ± 5.86

Nota. \* P<0.005; SBP: Presión arterial sistólica; DBP: Presión arterial diastólica.

**Tabla 6. Valores de los parámetros cardiovasculares después del BWSTT. (Soyupek et al. 2009).**

En cuanto a la musculatura esquelética, se observan beneficios en el CSA de MMII y sobre las propiedades de las fibras musculares. Para lesiones incompletas crónicas (C<sub>4</sub>-T<sub>12</sub>), 6 meses después del entrenamiento (3 veces por semana) el área de fibras se incrementó un 23% de media (en tetra y paraplejía); porcentaje que se caracterizó por un descenso de las fibras tipo IIax/IIx y un incremento del área ocupada por fibras tipo IIa. Es decir, las fibras tipo I y IIa aumentan su tamaño a la vez que ocurre lo contrario con las fibras tipo IIax/IIx (Steward *et al.* 2004) (**Ilustración 20**).

Coupaud *et al.* (2009), también muestra que tras 7 meses de entrenamiento, el CSA del músculo esquelético aumenta un 6% en la pierna derecha y un 12% en la pierna izquierda, teniendo en cuenta que el BWSTT se combinó con estimulación eléctrica funcional (FES) en la pierna afectada (izquierda). La masa grasa de la CSA del músculo-esquelético se incrementó lentamente en un 2% y un 7% para la pierna derecha e izquierda respectivamente; aunque en el muslo los porcentajes disminuyeron (9% muslo derecho y 8% muslo izquierdo) (**Ilustración 21**).



Nota. \* Diferencia significativa en comparación con el pre-entrenamiento (P<0.05).

**Ilustración 20. CSA de las fibras musculares antes y después del entrenamiento en tapiz soportando el peso corporal con estructuras externas (BWSTT). (Steward *et al.* 2004).**

El entrenamiento durante el primer año desde la lesión puede atenuar la pérdida de hueso, pero es muy improbable que pueda prevenir esta pérdida completamente dado que se produce muy rápido e inmediatamente después de la lesión. Coupaud *et al.* (2009) combina el BWSTT con la aplicación de FES sobre el nervio peroneo de la pierna afectada (izquierda) para provocar el reflejo de retirada y lograr el despegue del pie durante la fase de impulsión en la marcha. El efecto que esto tuvo sobre lesiones incompletas ( $T_6$ ) se vio en el incremento de la densidad de la masa ósea trabecular (BMDtrab) de la zona distal de la tibia en  $6 \text{ mg. cm}^{-3}$  (5%) en la pierna derecha y  $21 \text{ mg. cm}^{-3}$  (20%) en la izquierda; mientras que el incremento de la densidad de la masa ósea total (BMDtot) se incrementó en  $4 \text{ mg. cm}^{-3}$  (2%) y  $21 \text{ mg. cm}^{-3}$  (13%), respectivamente.

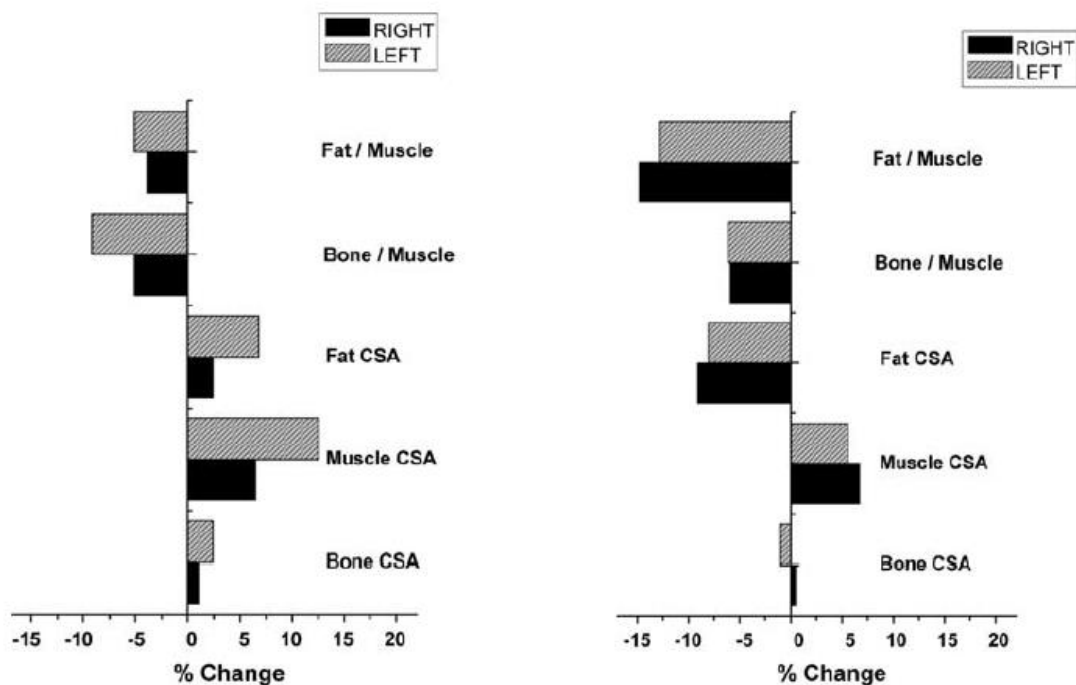


Ilustración 21. Cambios en el hueso, músculo y distribución de la grasa calculados como porcentaje en comparación con los datos iniciales del estudio (imagen izquierda: pierna; imagen derecha muslo). (Coupaud *et al.* 2009).

### ▪ Entrenamiento pliométrico

Para las lesiones de tipo incompleta, los objetivos y la metodología del entrenamiento distan un poco de lo que puede aplicarse en lesiones de mayor extensión; ya que en las LM completas el entrenamiento voluntario es únicamente para los MMSS, mientras que en las LM incompletas puede combinarse con el entrenamiento de los MMII (según el nivel y extensión de la lesión). Por ejemplo,

Gregory *et al.* (2007) mostraron que tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza en MMII (intensidad del 70-85% de 1RM; C<sub>5</sub>-T<sub>10</sub>; ASIA D) combinado con entrenamiento pliométrico (utilizando una resistencia del 25% del cuerpo corporal; **Ilustración 22**) además de ganancias de fuerza similares a las que se vieron en los anteriores estudios, también hubo mejoras en el CSA del músculo esquelético. De promedio, el CSA máximo del músculo esquelético aumentó en un 14.2±3.8 y 8.3±1.9% en el flexor plantar del pie y en el extensor de rodilla, respectivamente.



**Ilustración 22.** Ejemplo del dispositivo empleado (ShuttlePro MVP®) para el entrenamiento balístico del salto en las LM incompletas (C<sub>4</sub>-T<sub>10</sub>; ASIA D). (Gregory *et al.* 2007).

#### ▪ **Entrenamiento de la fuerza vs. entrenamiento de la resistencia**

Muchas de las investigaciones únicamente se encargaban de evaluar los beneficios producidos por el entrenamiento de la fuerza o por una combinación de entrenamiento de fuerza y resistencia (entrenamiento mixto). Esto dificulta el conocimiento del efecto que cada tipo de entrenamiento provoca sobre el organismo. Sin embargo, he encontrado un artículo que considero fundamental para comprender por qué el CRT es el más apropiado.

De este modo, Jacobs (2009) decide enfrentar los beneficios de 12 semanas de entrenamiento de fuerza (EF), contra los beneficios de 12 semanas de entrenamiento de resistencia (ER) en las paraplejías crónicas (lesiones completas T<sub>6</sub>-T<sub>10</sub>) analizando los valores del VO<sub>2</sub> máx., la fuerza de MMSS y la potencia (W). El entrenamiento de la fuerza consistió en 10 repeticiones de 6 ejercicios en MMSS, distribuidos por estaciones, a una intensidad del 60-70% de 1RM. En el entrenamiento de la resistencia, los sujetos se ejercitaron durante 30 min. a un 70-85% de la FC máx. en un ergómetro de brazos. Como resultado, los valores de VO<sub>2</sub> máx. fueron del 15.1% (EF) y del 11,8% (ER), sin diferencias significativas entre ambos. La fuerza muscular se incrementó significativamente en todos los ejercicios

del EF, entre 34-55% (según el ejercicio) mientras que no se detectaron cambios en el grupo de ER. La potencia media durante el WAnT (Test anaeróbico Wintage de brazos) se incrementó en el EF y en el ER en un 8% y 5%, respectivamente (sin diferencias significativas); aunque el grupo de EF mostró ganancias mayores en la potencia pico (15,6%) comparado con el ER (2,6%). Vistos los resultados, la conclusión de este estudio fue muy clara: las personas con paraplejía pueden incrementar significativamente su capacidad de trabajo en MMSS, la fuerza muscular y el  $VO_2$  máx. (Tabla 7) participando en programas de entrenamiento de la fuerza en circuito. Además estas mejoras pueden producirse sin los riesgos de sufrir lesiones por sobreuso asociadas al entrenamiento de resistencia

	EF		ER	
	Pre	Post	Pre	Post
$VO_2$ máx. ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )	1.19±0.52	1.37±0.67*	1.27±0.54	1.42±0.64*
$VE_{\text{máx.}}$ ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )	54±16.6	59.9±26.1	56.9±17.0	60.1±24.4
FC máx. (lpm)	168.2±16.6	169.7±15.6	166.6±16.2	169.1±24.2
RPE máx.	17.7±1,9	17.8±1.4	16.9±2.4	17.4±3.4

*Nota.* Los valores son presentados como la media ± SD. (\*) Diferencias significativas entre los valores del pre-test y del pos-test.

**Tabla 7.** Respuestas máximas en el test de ejercicio gradual en personas con paraplejía crónica completa antes y después de la participación en un programa de 12 semanas de entrenamiento fuerza (EF) o en un programa de 12 semanas de entrenamiento de la resistencia (ER). (Jacobs, 2009).

### 3.7. Discusión

El declive de los niveles de actividad física, la disminución del ritmo metabólico en reposo y la denervación de la musculatura esquelética son los causantes principales de los adversos cambios en la composición corporal, los cuales perjudican gravemente la salud después de la lesión medular (Vivian H. Heyward, 2006; pp-121-129).

Efectivamente, se ha comprobado que existen incrementos de la masa grasa junto con reducciones de la masa de tejido muscular y óseo. Se ha visto que la reducción de la masa y densidad ósea es rápida y lineal, pero es curioso que los autores coincidan en que el grado de espasticidad no tenga relación con la pérdida ósea (Wilmet *et al.* 1995; Kaya *et al.* 2006; Dionyssiotis *et al.* 2009); lo que sugiere

que el nivel de activación muscular no afecta a la pérdida ósea. Si bien un estudio más reciente (Gross *et al.* 2010) apoya la idea de que la función muscular juega un importante papel en la salud ósea a lo largo de la vida. Spungen *et al.* (2003) ha demostrado que cuanto mayor masa muscular (según sea la lesión completa o incompleta), menor es la disminución del tejido óseo. De este modo se podría intuir que la disminución del contenido mineral óseo tiene una mayor relación con el nivel neurológico de lesión (paraplejía o tetraplejía) y su extensión (completa o incompleta); aunque autores como Kaya *et al.* (2006) demostraron que no existe una correlación significativa. Además, tampoco se sabe muy bien si las reducciones de la densidad y masa ósea llegan a estabilizarse con los años. Tales discrepancias sugieren que son necesarias más investigaciones que clarifiquen esta cuestión.

Uno de los datos más sorprendentes fue que el DOP únicamente ha demostrado tener relación con el tejido graso, ya que la FM se incrementa lenta y progresivamente después de la lesión medular (Coupaud *et al.* 2009; Dionyssiotis *et al.* 2009); incluso después de haber participado en programas de ejercicio físico. Esto es un poco contradictorio porque precisamente existe una relación directa entre el REE y la masa corporal libre de grasa y porque se ha visto que los programas de entrenamiento pueden incrementar el número de fibras musculares y la fuerza músculo-esquelética. De ahí a que autores como Nash y Gater (2007) propongan incidir sobre el entrenamiento de la fuerza debido a que aumenta el gasto energético metabólico y posiblemente favorezca el retraso del aumento de la masa grasa. Sin embargo, no se han encontrado reducciones significativas del peso corporal o de la masa grasa y/o incrementos de la densidad y masa ósea.

Como se vio en los resultados, Coupaud *et al.* (2009) combinan 7 meses el entrenamiento BWSTT con aplicación de FES en la pierna afectada (izquierda) en el que se observan incrementos del CSA (5% y 21% pierna derecha e izquierda, respectivamente) junto con un aumento de la BMDtrab y BMDtot (21% y 13%, respectivamente para la pierna izquierda). Esto apunta a que quizás pueda incrementarse la densidad de la masa ósea con este tipo de programas. Asimismo otras investigaciones que utilizan FES mostraron tener efectos positivos sobre la composición corporal. Tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza inducido eléctricamente (extensión de rodilla) en LM crónicas completas (C<sub>5</sub>-T<sub>10</sub>), el CSA del muslo aumentó en torno al 37% (Tabla 8) (Mahoney *et al.* 2005); si bien la limitación de este artículo se encuentra en que no existe un grupo control. También para LM completas crónicas (T<sub>3</sub>-T<sub>9</sub>), después de 6 meses de entrenamiento en ergómetro inducido por FES (músculo glúteo, cuádriceps e isquiotibiales), se

incrementó la resistencia a la fatiga del músculo cuádriceps y el pico de potencia (W). Quizás estos buenos resultados puedan comprobar la idea de Gross *et al.* (2010), sin embargo, estudios sobre la relación entre la cantidad de masa muscular y la masa y densidad ósea deben continuar.

Quadriceps Femoris	Before	After
Right (cm <sup>2</sup> )	32.6±1.9	44.0±2.1*
Left (cm <sup>2</sup> )	34.6±2.3	47.9±2.5*

*Nota.* Los valores se presentan como la media ± la desviación típica (SD). \* P<0.05 antes y después del entrenamiento de la fuerza.

**Tabla 8. Porcentaje del CSA del músculo cuádriceps femoral antes y después del entrenamiento de fuerza empleando estimulación funcional eléctrica (FES). (Mahoney *et al.* 2005).**

La reducción del porcentaje de tejido adiposo y el incremento de la masa muscular esquelética en el lesionado medular, reduciría los factores de riesgo cardiovascular, supondría un incremento del gasto energético de reposo (REE) y mejoraría la calidad de vida (Nash y Gater, 2007). Para este efecto, las estrategias de intervención mediante ejercicio físico voluntario podrían prevenir, evitar o mejorar los cambios adversos de la composición corporal en personas con paraplejía. De este modo, el tratamiento rehabilitador debe iniciarse ya en el contexto hospitalario. Los programas de entrenamiento de la fuerza en circuito parecen ser los que más beneficios reportan a las personas con paraplejía sobre los elementos de la composición corporal, ya que el entrenamiento exclusivo de la resistencia aeróbica se relaciona con las lesiones por sobreuso. No obstante, pongo en duda que los métodos de entrenamiento de fuerza que se han estado empleando. Es necesario tener en cuenta la alteración de las características en las fibras musculares (mayor proporción de fibras rápidas y poco resistentes a la fatiga) y la modificación de la funcionalidad de los MMSS tras la LM. Por ello considero que el entrenamiento de la fuerza en MMSS debería ser de tipo explosivo y no de fuerza-resistencia como se ha estado planteando, cuestión que habría que estudiar. Aún así, los resultados de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza fueron muy buenos y la respuesta ante las ganancias de fuerza en los MMSS de las personas con paraplejías (completa e incompleta) fue la que podría haberse esperado en un sujeto sin discapacidad.

También es relevante que los programas de rehabilitación sean integrales (Hicks *et al.* 2003) porque la actividad física no sólo tiene la capacidad de mejorar el rendimiento en las capacidades físicas, sino que también aumenta varios

componentes de la calidad de vida (QOL) y el bienestar psicológico. Esto permite a los individuos con paraplejía realizar las tareas de la vida diaria con mayor facilidad, lo que predice una mayor independencia y calidad de vida.

En cuanto a las herramientas de medición de la composición corporal empleadas, aunque algunos estudios utilicen el Índice de masa corporal (IMC) para el cálculo de porcentaje graso en personas con LM, no debe emplearse para evaluar a las personas con paraplejía. Los valores de IMC (Liusuwan *et al.* 2007) son similares en individuos con LM e individuos sin discapacidad motora, pero que el porcentaje de masa grasa es significativamente mayor en aquellas personas con discapacidad. Esto indica claramente que el IMC no es una herramienta antropométrica válida para la medición de la composición corporal en personas parapléjicas. Otras herramientas de medición como la Conductividad Eléctrica Corporal Total (TOBEC), la Imagen de Resonancia Magnética (MRI), la Absorciometría Radiográfica de Energía Dual (DXA) y la Tomografía Computarizada Cuantitativa periférica (pQCT) han demostrado ser las más válidas para evaluar la composición corporal tanto en parapléjicos como en tetrapléjicos; si bien no todo son ventajas. Por ejemplo, la TOBEC tiene el inconveniente de que necesita un exhaustivo control del movimiento, la temperatura e hidratación, etc. para evitar o reducir las variaciones en las diferentes lecturas. Además, la presencia de bandas metálicas pueden influir en las diferentes lecturas, aunque autores como Castro *et al.* (1990) no observaron efecto alguno sobre las bandas metálicas (experimentación en animales). Igualmente debería tenerse en cuenta si existe algún componente metálico insertado en la columna vertebral de las personas con paraplejía que pueda modificar los resultados.

En definitiva, los programas de entrenamiento de la fuerza en circuito el BWSTT y la FES tendrían que incorporarse en todo proceso de rehabilitación dado los efectos positivos que han demostrado tener sobre la composición corporal. El BWSTT incluso es capaz de modificar el área y distribución de las fibras musculares en MMII de las personas con tetraplejía (C<sub>4</sub>) (Adams *et al.* 2006) como se puede ver en la **Tabla 9**.



	Mean	CSA ( $\mu\text{m}^2$ )			% Distribution			% Area		
		I	Ila	Ilx	I	Ila	Ilx	I	Ila	Ilx
Baseline	1884	3474	3146	1284	1.3	30.8	68.0	2.3	51.4	46.3
Post-training	2395	2828	3686	1705	24.6	20.8	54.5	29.1	32.1	38.8

*Nota.* La biopsia ha sido realizada en el vasto lateral de la pierna derecha.

**Tabla 9.** Morfología del músculo-esquelético antes y después del entrenamiento en cinta soportando el peso corporal mediante estructuras externas (BWSTT), (Adams et al. 2006).

### 3.8. Conclusiones

- Inmediatamente después de la lesión medular, se evidencia una reducción de la masa muscular (disminución del CSA del músculo esquelético que va acompañada de un cambio en la estructura y las propiedades de las fibras musculares), una reducción de la masa y densidad ósea y un incremento de la masa grasa (total y relativa).
- Los programas de ejercicio físico fueron útiles para incrementar la masa y la fuerza muscular; sin embargo revelaron no ser eficaces para reducir la masa grasa y producir aumentos significativos de la densidad y/o masa ósea en personas con paraplejía.
- El entrenamiento de la fuerza en circuito (CRT) parece ser el ejercicio que más beneficios aporta en la rehabilitación de personas con paraplejía ya que provoca beneficios cardiovasculares (similares a los del entrenamiento de la resistencia) e incrementos de la fuerza muscular (en MMSS o MMII según el nivel y extensión de la lesión).
- Los programas de fuerza en circuito deben ser combinados con la aplicación de estimulación eléctrica funcional (FES), sobre todo en las lesiones completas, y entrenamiento en tapiz soportando en peso corporal mediante estructuras externas (BWSTT).

### **3.9. Propuesta de un programa de ejercicio físico para personas con paraplejía**

#### **▪ Objetivos del programa de ejercicio físico**

Considerando las características del lesionado medular, los esfuerzos deberían centrarse en el entrenamiento de la fuerza músculo-esquelética para:

1. Evitar la reducción de la masa músculo-esquelética y en la medida de lo posible, aumentarla.
2. Evitar el aumento del porcentaje de grasa y en la medida de lo posible contribuir a su reducción.
3. Conservar o incrementar la densidad de los huesos.

Consecuentemente, la intervención sobre los adversos cambios de la composición corporal ayudará a:

4. Evitar, mermar o retrasar el desarrollo de enfermedades (sobre todo metabólicas y cardiovasculares) derivadas de los cambios en la composición corporal.

Es necesario especificar que las reducciones del porcentaje de masa grasa tras un programa de entrenamiento de la fuerza, han resultado no significativas en los artículos que he revisado. Por esta razón, de todos los objetivos propuestos se priorizará en el primero ya que el incremento de la fuerza músculo-esquelética es primordial en las personas con paraplejía para el desarrollo de las actividades de la vida diaria.

#### **▪ Justificación de la propuesta del programa de entrenamiento**

Después de haber analizado los resultados, confirmo que es necesaria la práctica de ejercicio físico para revertir los riesgos sobre la salud asociados a la lesión medular. La capacidad del ejercicio físico para modificar las capacidades físicas ha sido documentada en esta revisión bibliográfica. De este modo, el entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento aeróbico o de resistencia, junto con la aplicación FES y el

BWSTT, serían los más apropiados para revertir los cambios adversos en la composición corporal de parapléjicos.

Según lo que se ha observado, el entrenamiento de la fuerza en circuito MMSS permitiría a las personas con paraplejía desarrollar las actividades de la vida diaria con mayor facilidad, dado al incremento de la fuerza muscular y la mejora cardiovascular ( $FC$ ,  $VO_2$  máx, etc.) sin el riesgo de sufrir lesiones por sobreuso asociadas al entrenamiento de resistencia cardiovascular; mientras que una combinación de entrenamiento BWSTT inducido por FES en MMII o la práctica de ellos por separado, incrementaría el CSA de la musculatura paralizada, favorecería la redistribución de las fibras musculares (transición a fibras tipo I aeróbico-oxidativas y resistentes a la fatiga) y reduciría la pérdida de densidad y masa ósea. Aunque en este programa no se aplica el entrenamiento de la resistencia, no debemos olvidar su introducción complementaria por los efectos que produciría sobre la salud cardiovascular y el metabolismo energético (perfil de lípidos y reducción de la fatiga muscular); efectos que son similares a los vistos con el CRT. Hay que recalcar que ningún tipo de entrenamiento ha demostrado reducir el porcentaje de masa grasa, al igual que es discutible la capacidad del ejercicio físico para prevenir o reducir la pérdida ósea; aunque el entrenamiento con aplicación de FES si ha demostrado tener la capacidad de incrementar la densidad y/o masa ósea.

Por todo ello, a partir de aquí se propondrá un programa de ejercicio físico orientado a producir efectos positivos sobre los cambios adversos en la composición corporal en personas con paraplejía completas a nivel T<sub>1</sub>-L<sub>1</sub> (por ser el rango más frecuente de lesión). A continuación, se describirán los diferentes protocolos de entrenamiento que componen el programa de ejercicio físico, los cuales podrán combinarse durante los días de la semana de tal forma que en la totalidad de sesiones se realice:

- Entrenamiento de la fuerza en circuito para MMSS.
- Entrenamiento en ergómetro de MMII con aplicación de FES.
- BWSTT.

## ▪ **Parámetros del entrenamiento**

**Entrenamiento de la fuerza.** En el American College of Sport Medicine (ACSM), las recomendaciones generales para el entrenamiento de la fuerza son:

- Frecuencia: 2 veces por semana.
- Volumen: 3 series de 8-12 repeticiones por ejercicio.
- Intensidad: moderada-alta.
- Tipos de ejercicio: pesos libres, máquinas o bandas elásticas.

En ellas existe una gran falta de concreción, por ello se utilizarán los parámetros del entrenamiento de la fuerza para MMSS retirados de los diferentes artículos que he revisados. Se recomienda que las personas con paraplejía se ejerciten 2-3 veces por semana en sesiones de 45 minutos de duración mediante CRT que se compondrá de 6-10 estaciones (aprox.). Deberán realizar entre 2-3 series de 8-15 repeticiones a una intensidad del 50-85% de 1RM en cada uno de los 6-10 ejercicios (uno por estación). El descanso no será superior a 15-30 segundos entre series, mientras que habrá un descanso activo entre cada tarea (tiempo que tarda el individuo en desplazarse hasta la siguiente estación). En principio, todos los ejercicios se realizarán en régimen de acortamiento-estiramiento combinando la ejercitación de músculos agonistas-antagonistas en las diferentes estaciones. En cuanto al material que se va a usar, los ejercicios podrán realizarse empleando: pesos libres, máquinas, balones medicinales, bandas elásticas, autocargas, etc.

A continuación se verá el protocolo del entrenamiento de la fuerza en circuito para miembros superiores con la progresión oportuna, junto con un ejemplo de una sesión tipo utilizando la polea vertical.

<b>PROTOCOLO ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA MMSS EN PARAPLEJÍAS</b>	
<b>Método de entrenamiento</b>	<i>Circuito de entrenamiento de fuerza (CRT)</i>
<b>Frecuencia</b>	<i>2-3 veces por semana</i>
<b>Duración</b>	<i>45 minutos</i>
<b>Intensidad</b>	<i>50-85% de 1RM</i>
<b>Nº Estaciones</b>	<i>6-10</i>
<b>Nº Ejercicios</b>	<i>6-10 (uno por estación)</i>
<b>Nº Series</b>	<i>2-3</i>
<b>Nº Repeticiones</b>	<i>8-15</i>
<b>Descanso</b>	<i>15-30 segundos entre series; y descanso activo para cambiar de tarea (lo que el individuo tarde en desplazarse)</i>
<b>Tipo contracción</b>	<i>Régimen acortamiento-estiramiento</i>
<b>Tipos de ejercicio</b>	<i>Pesos libres, máquinas, bandas elásticas, balones medicinales, autocargas, etc.</i>
<b>Progresión del entrenamiento</b>	<i>Inicialmente (semanas 1 a 4) 6 ejercicios de 8-10 repeticiones y de 1-2 series manteniendo una carga del 50-60%; posteriormente (semanas 5 a 8) se incrementa el número de ejercicios (hasta 10) y el número de repeticiones (hasta 15) mientras se mantienen la carga al 50-60%; en las sucesivas semanas (semana 9 en adelante incrementar el número de series (2-3) y cuando pueda tolerar el entrenamiento sin fatiga incrementar la carga al 70-85% (reducir el número de repeticiones si es necesario). Variar el descanso según la exigencia del entrenamiento (a mayor intensidad, mayor descanso) entre 15-30 segundos.</i>

## SESIÓN TIPO FUERZA (MMSS) EN PARAPLEJÍAS COMPLETAS (NIVEL T<sub>1</sub>-L<sub>1</sub>)

Nº sesión:

Fecha:

### CALENTAMIENTO:

Movilidad articular de de los segmentos empleados aumentando rango y velocidad de forma progresiva, más 2 minutos en ergómetro de brazos sin resistencia a intensidad moderada; además de realizar una primera serie de cada ejercicio de fuerza con la mínima carga o sin ella.

### PARTE PRINCIPAL:

*Descripción*

*Imagen*

#### ABDUCTORES DE HOMBRO

Situar la silla perpendicularmente a la polea vertical. Ajustar el sistema de poleas de modo que la dirección de la tracción se oponga a la abducción de hombro. Instruir al individuo para que realice una abducción de hombro con el codo extendido.



#### ADDUCTORES DE HOMBRO

Situar la silla perpendicularmente a la polea vertical. Ajustar el sistema de poleas de modo que la dirección de la tracción se oponga a la aducción de hombro. Instruir al individuo para que realice una aducción de hombro con el codo extendido.



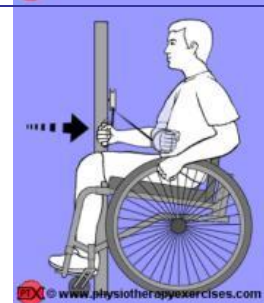
#### ROTADORES EXTERNOS DEL HOMBRO

Situar la silla perpendicularmente a la polea vertical. Ajustar el sistema de poleas de modo que la dirección de la tracción se oponga a la rotación externa del hombro. Instruir al individuo para que realice una rotación externa del hombro con el codo flexionado 90 grados.



#### ROTADORES INTERNOS DEL HOMBRO

Situar la silla perpendicularmente a la polea vertical. Ajustar el sistema de poleas de modo que la dirección de la tracción se oponga a la rotación interna del hombro. Instruir al individuo para que realice una rotación interna del hombro con el codo flexionado 90 grados.



### FLEXORES DE CODO

Situarse en la silla en frente de la polea vertical. Ajustar el sistema de poleas de modo que la dirección de la tracción se oponga a la flexión del codo. Instruir al individuo para que realice una flexión del codo.

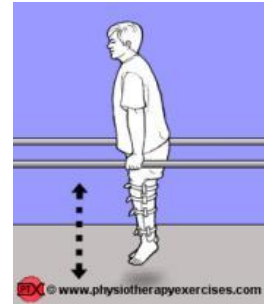


### ELEVACIONES EN PARALELAS

Situarse de pie (con férulas de extensión de rodilla) entre las paralelas (mediante agarre de las manos). Instruir al individuo para que levante su peso corporal a través de las extremidades superiores.

*Observación:*

Puede que el individuo no sea capaz de realizar este ejercicio, de modo que ante ese caso se sustituirá por extensiones de codo en polea vertical.



### VUELTA A LA CALMA

Estiramientos estáticos pasivos y/o activos de MMSS.

### PRECAUCIONES:

- *Bloqueo de la silla utilizando los frenos u otros recursos si fuera necesario para evitar pinzamiento.*
- *Posición alineada del cuerpo manteniendo el tronco recto.*
- *En las paralelas, controlar el descenso del cuerpo para evitar el contacto brusco con el suelo.*

**Entrenamiento en ergómetro de MMII con aplicación de FES.** Este tipo de entrenamiento deberá realizarse 1-3 veces por semana 15-60 min. (si la capacidad aeróbica lo permite) a 35-55rpm. La intensidad variará de 50-60Hz; aunque si existe mucha fatiga se podrá bajar hasta 20Hz mientras que el límite máximo se encontrará a los 80Hz (más intensidad elevaría demasiado el riesgo de fractura ósea). Se trabajará hasta la fatiga muscular (ausencia de movimiento o cuando el sujeto no sea capaz de mantener una determinada intensidad en un tiempo dado). Los electrodos se colocarán en los músculos glúteo, cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemio.

Anteriormente al entrenamiento en ergómetro, la musculatura debe ser acondicionada mediante un entrenamiento de fuerza inducido por FES. En la extensión de rodilla desde sedestación, se realizarán 2 series de 4-10 repeticiones

al 50-80% de 1RM. El ratio de trabajo descanso será 5:5 segundos, mientras que el descanso entre series será de 3 min. se comienza el entrenamiento de fuerza inducido por FES sin carga, la cual se incrementa semanalmente hasta que el sujeto sea capaz de realizar un período de 10 min. sin ninguna carga (W) en el ergómetro de MMII.

**Progresión del entrenamiento:** *inicialmente se comenzará con la adaptación neuromuscular a partir del entrenamiento de fuerza inducido por FES en los MMII. Posteriormente, se comenzará con el entrenamiento en ergómetro. Se comenzará a trabajar sin carga y aproximadamente cada 10min se incrementará la carga unos 6W hasta la fatiga muscular. El incremento de las revoluciones por minuto también debe ser progresivo durante el entrenamiento; si bien la intensidad de las descargas eléctricas no se ha modificado en los programas que he revisado.*

**BWSTT.** Deberá realizarse 2-3 veces por semana con ayuda de 2 profesionales que asistan la marcha. El peso corporal soportado variará entre 65-30% y la velocidad de marcha rondará los 0.1-0.6Km/h con una pendiente de entre 0-5%. Se realizarán un máximo de 3 series que sumaran un tiempo de 15-60 min. como máximo.

**Progresión del entrenamiento:** *inicialmente se comenzará con un mayor porcentaje de peso soportado, realizando 3 series de 5 min. hasta alcanzar un total de 60 min. Durante los incrementos del tiempo, se incrementará también la pendiente un 1% después de que el individuo pueda mantener el incremento de la velocidad durante 3 sesiones consecutivas. Normalmente el peso soportado no se ha modificado en los diferentes BWSTT que he revisado.*



## 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Adams, M. M., Ditor, D. S., Tarnopolsky, M. A., Phillips, S. M., McCartney, N., & Hicks, A. L. (2006). The effect of body weight-supported treadmill training on muscle morphology in an individual with chronic, motor-complete spinal cord injury: A case study. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 29(2), 167-171.
- Albin MS, White RJ. Epidemiología, fisiopatología y tratamiento experimental de las lesiones agudas de la médula espinal. En: Lesiones agudas de la médula espinal. Clínicas de Terapia Intensiva. Buenos Aires: Inter-Médica, 1988; 3(3): 1-14
- Alcanyis-Alberola, M., Giner-Pascual, M., Salinas-Huertas, S., & Gutierrez-Delgado, M. (2011). Iatrogenic spinal cord injury: An observational study. *Spinal Cord*, 49(12), 1188-1192. doi:10.1038/sc.2011.72; 10.1038/sc.2011.72
- American Spinal Injury Association (2002). International standards for neurological classification of spinal cord injury. Chicago: Ed. ASIA
- Baldi, J. C., Jackson, R. D., Moraille, R., & Mysiw, W. J. (1998). Muscle atrophy is prevented in patients with acute spinal cord injury using functional electrical stimulation. *Spinal Cord*, 36(7), 463-469.
- Bauman, W. A., & Spungen, A. M. (1994). Disorders of carbohydrate and lipid metabolism in veterans with paraplegia or quadriplegia: A model of premature aging. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 43(6), 749-756.
- Bauman, W. A., & Spungen, A. M. (2001). Carbohydrate and lipid metabolism in chronic spinal cord injury. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 24(4), 266-277.
- Bauman, W. A., Spungen, A. M., Adkins, R. H., & Kemp, B. J. (1999). Metabolic and endocrine changes in persons aging with spinal cord injury. *Assistive Technology : The Official Journal of RESNA*, 11(2), 88-96. doi:10.1080/10400435.1999.10131993
- Bauman, W. A., Spungen, A. M., Raza, M., Rothstein, J., Zhang, R. -, Zhong, Y. -, . . . Gordon, S. K. (1992). Coronary artery disease: Metabolic risk factors and latent disease in individuals with paraplegia. *Mount Sinai Journal of Medicine*, 59(2), 163-168.
- Biering Sorensen F, Pedersen V, and Clausens (1990). Epidemiology of spinal cord lesions in Denmark. Paraplejia. Feb. 28 (2), 105-108.
- Boncompagni, S., Kern, H., Rossini, K., Hofer, C., Mayr, W., Carraro, U., & Protasi, F. (2007). Structural differentiation of skeletal muscle fibers in the absence of innervation in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(49), 19339-19344. doi:10.1073/pnas.0709061104
- Bravo Payno, P. (1995) Coste y tiempo de estancia hospitalaria de los lesionados medulares espinales. *Médula Espinal*, 1 (3): 175-177
- Brenes, G., Dearwater, S., Shapera, R., LaPorte, R. E., & Collins, E. (1986). High density lipoprotein cholesterol concentrations in physically active and sedentary spinal cord injured patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67(7), 445-450.
- Burney RE, Maio RE, Maynard F, Karunas R. (1993). Incidencia characteristic outcome of SCL traumatic. *Arch Surg*, 128:596-9.
- Burnham, R. S., & Steadward, R. D. (1994). Upper extremity peripheral nerve entrapments among wheelchair athletes: Prevalence, location, and risk factors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(5), 519-524.
- Capodaglio, P., Grilli, C., & Bazzini, G. (1996). Tolerable exercise intensity in the early rehabilitation of paraplegic patients. A preliminary study. *Spinal Cord*, 34(11), 684-690.
- Castro, G., Wunder, B.A., & Knopf, F.L. (1990). Total body electrical conductivity (TOBEC) to estimate total body fat of free-living birds. *Condors*, 92, 496-499.
- Chantraine, A., van Ouwenaar, C., Hachen, H. J., & Schinas, P. (1979). Intra-medullary pressure and intra-osseous phlebography in paraplegia. *Paraplegia*, 17(4), 391-399. doi:10.1038/sc.1979.75
- Comarr, A. E., Hutchinson, R. H., & Bors, E. (1962). Extremity fractures of patients with spinal cord injuries. *American Journal of Surgery*, 103, 732-739.
- Coupaud, S., Jack, L. P., Hunt, K. J., & Allan, D. B. (2009). Muscle and bone adaptations after treadmill training in incomplete spinal cord injury: A case study using peripheral quantitative computed tomography. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 9(4), 288-297.

- Curtis, K. A., Drysdale, G. A., Lanza, R. D., Kolber, M., Vitolo, R. S., & West, R. (1999). Shoulder pain in wheelchair users with tetraplegia and paraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 80*(4), 453-457.
- De Bruin, E. D., Dietz, V., Dambacher, M. A., & Stüssi, E. (2000). Longitudinal changes in bone in men with spinal cord injury. *Clinical Rehabilitation, 14*(2), 145-152.
- De Vivo MJ, Rutt RG, Black KJ, Go BK, Stover SL. (1973). Trends in spinal and injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1993. May 73:424-430.
- DeVivo, M. J., Black, K. J., & Stover, S. L. (1993). Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 74*(3), 248-254.
- DeVivo, M. J., Shewchuk, R. M., Stover, S. L., Black, K. J., & Go, B. K. (1992). A cross-sectional study of the relationship between age and current health status for persons with spinal cord injuries. *Paraplegia, 30*(12), 820-827. doi:10.1038/sc.1992.158
- Dionysiotis, Y., Lyritis, G. P., Mavrogenis, A. F., & Papagelopoulos, P. J. (2011). Factors influencing bone loss in paraplegia. *Hippokratia, 15*(1), 54-59.
- Dionysiotis, Y., Lyritis, G. P., Papaioannou, N., Papagelopoulos, P., & Thomaidis, T. (2009). Influence of neurological level of injury in bones, muscles, and fat in paraplegia. *Journal of Rehabilitation Research and Development, 46*(8), 1037-1044.
- Duckworth, W. C., Solomon, S. S., Jallepalli, P., Heckemeyer, C., Finnern, J., & Powers, A. (1980). Glucose intolerance due to insulin resistance in patients with spinal cord injuries. *Diabetes, 29*(11), 906-910.
- Elder, C. P., Apple, D. F., Bickel, C. S., Meyer, R. A., & Dudley, G. A. (2004). Intramuscular fat and glucose tolerance after spinal cord injury--a cross-sectional study. *Spinal Cord, 42*(12), 711-716. doi:10.1038/sj.sc.3101652
- Ellaway, P. H., Anand, P., Bergstrom, E. M., Catley, M., Davey, N. J., Frankel, H. L., . . . Theodorou, S. (2004). Towards improved clinical and physiological assessments of recovery in spinal cord injury: A clinical initiative. *Spinal Cord, 42*(6), 325-337. doi:10.1038/sj.sc.3101596
- Eser, P., Frotzler, A., Zehnder, Y., Wick, L., Knecht, H., Denoth, J., & Schiessl, H. (2004). Relationship between the duration of paralysis and bone structure: A pQCT study of spinal cord injured individuals. *Bone, 34*(5), 869-880.
- Ferreiro Velasco, M<sup>a</sup> Elena (octubre, 2008). Epidemiología de la lesión medular aguda en Galicia. Planificación sanitaria de la atención al lesionado medular: modelos organizativos. Mesa redonda de la Sociedad Española de paraplejía. Recuperado de: <http://www.sergas.es/gal/Publicaciones/Docs/AtEspecializada/PDF-1804-ga.pdf>
- Frey-Rindova, P., de Bruin, E. D., Stussi, E., Dambacher, M. A., & Dietz, V. (2000). Bone mineral density in upper and lower extremities during 12 months after spinal cord injury measured by peripheral quantitative computed tomography. *Spinal Cord, 38*(1), 26-32.
- Gallagher, D., Kuznia, P., Heshka, S., Albu, J., Heymsfield, S. B., Goodpaster, B., . . . Harris, T. B. (2005). Adipose tissue in muscle: A novel depot similar in size to visceral adipose tissue. *American Journal of Clinical Nutrition, 81*(4), 903-910.
- Garland, D. E., Adkins, R. H., & Stewart, C. A. (2008). Five-year longitudinal bone evaluations in individuals with chronic complete spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine, 31*(5), 543-550.
- Gerhart, K. A., Bergstrom, E., Charlifue, S. W., Menter, R. R., & Whiteneck, G. G. (1993). Long-term spinal cord injury: Functional changes over time. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 74*(10), 1030-1034.
- Gettman, L. R., Ayres, J. J., Pollock, M. L., & Jackson, A. (1978). The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. *Medicine and Science in Sports, 10*(3), 171-176.
- Giangregorio, L. M., Craven, B. C., & Webber, C. E. (2005). Musculoskeletal changes in women with spinal cord injury: A twin study. *Journal of Clinical Densitometry, 8*(3), 347-351.
- Gómez JL, Muñoz H. (1995). Traumatismo cervical. En: Rodríguez Rodríguez JC, Domínguez Picón FM, eds. El Traumatizado en Urgencias. Protocolos, 75-84.
- Gorgey, A. S., & Dudley, G. A. (2007). Skeletal muscle atrophy and increased intramuscular fat after incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord, 45*(4), 304-309. doi:10.1038/sj.sc.3101968
- Gregory, C. M., Bowden, M. G., Jayaraman, A., Shah, P., Behrman, A., Kautz, S. A., & Vandendorpe, K. (2007). Resistance training and locomotor recovery after incomplete spinal cord injury: A case series. *Spinal Cord, 45*(7), 522-530. doi:10.1038/sj.sc.3102002
- Grimby, G., Broberg, C., Krotkiewska, I., & Krotkiewski, M. (1976). Muscle fiber composition in patients with traumatic cord lesion. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 8*(1), 37-42.
- Gross, T. S., Poliachik, S. L., Prasad, J., & Bain, S. D. (2010). The effect of muscle dysfunction on bone mass and morphology. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions, 10*(1), 25-34.

- Harvey C, Rothschild BB, and others. (1990). New estimates of traumatic SCI prevalence: a survey based approach. *Paraplejia*, Nov. 537-544.
- Harvey, L. y William H. Donovan (2010). Tratamiento de la lesión medular: Guía para fisioterapeutas. Barcelona: Editorial Elsevier.
- Hernández Izquierdo A. y Rodríguez Fernández M<sup>a</sup> I. (2004) Concepto, epidemiología y etiología de la médula espinal. En *Lesión medular. Atención sociosanitaria*. Jaén: Formación Alcalá.
- Herruzo C, Garcia Reneses J, Vizcaino Alcaide MJ, Madero R, Miguel A, Rey Calero J. (1993) Epidemiología descriptiva y analítica de la LM en España, 1984-1985. *Rev. Clínica Española*, Marzo 192 (5) 217-222.
- Hicks, A. L., Martin, K. A., Ditor, D. S., Latimer, A. E., Craven, C., Bugaresti, J., & McCartney, N. (2003). Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: Effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*, 41(1), 34-43. doi:10.1038/sj.sc.3101389
- Jacobs, P. L. (2009). Effects of resistance and endurance training in persons with paraplegia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(5), 992-997. doi:10.1249/MSS.0b013e318191757f
- Jacobs, P. L., & Nash, M. S. (2004). Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. *Sports Medicine*, 34(11), 727-751.
- Jacobs, P. L., Nash, M. S., & Rusinowski, J. W. (2001). Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 711-717.
- Karlsson, A. K. (1999). Insulin resistance and sympathetic function in high spinal cord injury. *Spinal Cord*, 37(7), 494-500.
- Kaya, K., Aybay, C., Ozel, S., Kutay, N., & Gokkaya, O. (2006). Evaluation of bone mineral density in patients with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 29(4), 396-401.
- Kenneth A, Gerhart MS.(1991). Spinal cord injury outcomes in a population-Based sample. *J Trauma*, 31:1529-35.
- Knikou, M., Kay, E., & Rymer, W. Z. (2006). Modulation of flexion reflex induced by hip angle changes in human spinal cord injury. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale*, 168(4), 577-586. doi:10.1007/s00221-005-0112-0
- Kocina, P. (1997). Body composition of spinal cord injured adults. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 23(1), 48-60.
- Krause JF, Franti CE, Riggins, and others. (1975). Incidence traumatic spinal cord lesions. *J. Chron. Dis.*, 28:471-492.
- LaPorte, R. E., Brenes, G., Dearwater, S., Murphy, M. A., Cauley, J. A., Dietrick, R., & Robertson, R. (1983). HDL cholesterol across a spectrum of physical activity from quadriplegia to marathon running. *Lancet*, 1(8335), 1212-1213.
- Liusuwan, R. A., Widman, L. M., Abresch, R. T., Styne, D. M., & McDonald, C. M. (2007). Body composition and resting energy expenditure in patients aged 11 to 21 years with spinal cord dysfunction compared to controls: Comparisons and relationships among the groups. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 30 Suppl 1, S105-11.
- López Chicharro, José et al. (2008). Fisiología clínica del ejercicio. Madrid: Editorial Panamericana.
- Lu, D. -, Huang, S. -, & Carlson, B. M. (1997). Electron microscopic study of long-term denervated rat skeletal muscle. *Anatomical Record*, 248(3), 355-365.
- MacKay-Lyons, M. (2002). Central pattern generation of locomotion: A review of the evidence. *Physical Therapy*, 82(1), 69-83.
- Mahoney, E. T., Bickel, C. S., Elder, C., Black, C., Slade, J. M., Apple Jr., D., & Dudley, G. A. (2005). Changes in skeletal muscle size and glucose tolerance with electrically stimulated resistance training in subjects with chronic spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(7), 1502-1504.
- Malisoux, L., Jamart, C., Delplace, K., Nielens, H., Francaux, M., & Theisen, D. (2007). Effect of long-term muscle paralysis on human single fiber mechanics. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 102(1), 340-349. doi:10.1152/jappphysiol.00609.2006
- Maroon JC, Abila AA. (1988). Clasificación de las lesiones agudas de la médula espinal, evaluación neurológica y consideraciones neuroquirúrgicas. En: *Lesiones agudas de la médula espinal. Clínicas de Terapia Intensiva*. Buenos Aires: Inter-Médica, 3(3): 251-278.
- Martin, T. P., Stein, R. B., Hoepfner, P. H., & Reid, D. C. (1992). Influence of electrical stimulation on the morphological and metabolic properties of paralyzed muscle. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 72(4), 1401-1406.
- Maynard, F. M., Jr, Bracken, M. B., Creasey, G., Ditunno, J. F., Jr, Donovan, W. H., Ducker, T. B., . . . Young, W. (1997). International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. American spinal injury association. *Spinal Cord*, 35(5), 266-274.

- Mazaira Álvarez et al. (1997). Epidemiología de la lesión medular de 8 comunidades Autónomas: 1974-1993. *Rehabilitación*, 3 (1): 28-57.
- Mazaira, J., Labanda, F., Romero, J., García, M. E., Gambarruta, C., Sánchez, A., Alcaráz, M. A., Arroyo, O., Esclarin, A., Arzo, T., Artime, C., & Labarta, C. (1998). Epidemiology and other aspects of spinal cord injuries. *Rehabilitación (Madr.: 1998)*, 32(06), 365-372.
- McKinley, W. O., Jackson, A. B., Cardenas, D. D., & DeVivo, M. J. (1999). Long-term medical complications after traumatic spinal cord injury: A regional model systems analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(11), 1402-1410.
- Modlesky, C. M., Majumdar, S., Narasimhan, A., & Dudley, G. A. (2004). Trabecular bone microarchitecture is deteriorated in men with spinal cord injury. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 19(1), 48-55. doi:10.1359/JBMR.0301208
- Moore, F.D., Olesen, K.H., McMurray, J.D., Parker, H.V., Ball, M.R. & Boyden, C.M. (1963). *The body cell mass and its supporting environment*, Philadelphia: Saunders.
- Nash, M. S., & Gater Jr., D. R. (2007). Exercise to reduce obesity in SCI. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 12(4), 76-93.
- National Institute of Neurological Disorders and Stroke, National Institutes of Health (2005). La lesión de la medula espinal: Esperanza en la investigación. Recuperado de: [http://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/lesion\\_de\\_la\\_medula\\_espinal.pdf](http://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/lesion_de_la_medula_espinal.pdf)
- National Spinal Cord Injury statistical Center (2011). La lesión de la medula espinal: Datos y cifras a la vista, (Birmingham, Alabama). Recuperado de [https://www.nscisc.uab.edu/PublicDocuments/nscisc\\_home/FactsFeb2011%20Spanish%20Final.pdf](https://www.nscisc.uab.edu/PublicDocuments/nscisc_home/FactsFeb2011%20Spanish%20Final.pdf)
- Nottage, W. M. (1981). A review of long-bone fractures in patients with spinal cord injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (155)(155), 65-70.
- Olle, M. M., Pivarnik, J. M., Klish, W. J., & Morrow Jr., J. R. (1993). Body composition of sedentary and physically active spinal cord injured individuals estimated from total body electrical conductivity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74(7), 706-710.
- Pellegrino, C., & Franzini, C. (1963). An electron microscope study of denervation atrophy in red and white skeletal muscle fibers. *The Journal of Cell Biology*, 17(2), 327-349.
- Pentland, W. E., & Twomey, L. T. (1991). The weight-bearing upper extremity in women with long term paraplegia. *Paraplegia*, 29(8), 521-530. doi:10.1038/sc.1991.75
- Ragnarsson, K. T., & Sell, G. H. (1981). Lower extremity fractures after spinal cord injury: A retrospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 62(9), 418-423.
- Raji, A., Seely, E. W., Arky, R. A., & Simonson, D. C. (2001). Body fat distribution and insulin resistance in healthy asian indians and caucasians. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 86(11), 5366-5371.
- Reyes, M. L., Gronley, J. K., Newsam, C. J., Mulroy, S. J., & Perry, J. (1995). Electromyographic analysis of shoulder muscles of men with low-level paraplegia during a weight relief raise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(5), 433-439.
- Rodríguez Sotillo, A. y Giráldez García, M. A. (2012). Prescripción de ejercicio en enfermedades neuromusculares: La lesión medular. En Máster en actividad física y salud. Universidad de A Coruña.
- Round, J. M., Barr, F. M., Moffat, B., & Jones, D. A. (1993). Fibre areas and histochemical fibre types in the quadriceps muscle of paraplegic subjects. *Journal of the Neurological Sciences*, 116(2), 207-211.
- Sargeant, A. J. (1994). Human power output and muscle fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3), 116-121.
- Schwartzman, R. J. (2000). New treatments for reflex sympathetic dystrophy. *The New England Journal of Medicine*, 343(9), 654-656. doi:10.1056/NEJM200008313430911
- Sedlock, D. A., & Laventure, S. J. (1990). Body composition and resting energy expenditure in long term spinal cord injury. *Paraplegia*, 28(7), 448-454. doi:10.1038/sc.1990.60
- Shields, R. K., Dudley-Javoroski, S., Boaldin, K. M., Corey, T. A., Fog, D. B., & Ruen, J. M. (2006). Peripheral quantitative computed tomography: Measurement sensitivity in persons with and without spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(10), 1376-1381. doi:10.1016/j.apmr.2006.07.257
- Silver, J. R. (2004). The role of sport in the rehabilitation of patients with spinal injuries. *The Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh*, 34(3), 237-243.
- Slade, J. M., Bickel, C. S., Modlesky, C. M., Majumdar, S., & Dudley, G. A. (2005). Trabecular bone is more deteriorated in spinal cord injured versus estrogen-free postmenopausal women. *Osteoporosis International : A Journal Established as Result of Cooperation between the*

- European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA, 16(3), 263-272. doi:10.1007/s00198-004-1665-7
- Soyupek, F., Savas, S., Ozturk, O., Ilgun, E., Bircan, A., & Akkaya, A. (2009). Effects of body weight supported treadmill training on cardiac and pulmonary functions in the patients with incomplete spinal cord injury. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 22(4), 213-218. doi:10.3233/BMR-2009-0237
- Spungen, A. M., Adkins, R. H., Stewart, C. A., Wang, J., Pierson, R. N., Jr, Waters, R. L., & Bauman, W. A. (2003). Factors influencing body composition in persons with spinal cord injury: A cross-sectional study. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 95(6), 2398-2407. doi:10.1152/jappphysiol.00729.2002
- Spungen, A. M., Bauman, W. A., Wang, J., & Pierson, R. N., Jr. (1993). The relationship between total body potassium and resting energy expenditure in individuals with paraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74(9), 965-968.
- Stewart, B. G., Tarnopolsky, M. A., Hicks, A. L., McCartney, N., Mahoney, D. J., Staron, R. S., & Phillips, S. M. (2004). Treadmill training-induced adaptations in muscle phenotype in persons with incomplete spinal cord injury. *Muscle & Nerve*, 30(1), 61-68. doi:10.1002/mus.20048
- Stover SL and Fine PR. (1986). Spinal cord injury. The facts and figures. Birmingham: The University of Alabama at Birmingham.
- Sweeney, H. L., Kushmerick, M. J., Mabuchi, K., Sreter, F. A., & Gergely, J. (1988). Myosin alkali light chain and heavy chain variations correlate with altered shortening velocity of isolated skeletal muscle fibers. *The Journal of Biological Chemistry*, 263(18), 9034-9039.
- Van Den Berg-Emons, H. J. G., Bussmann, J. B. J., Meyerink, H. J., Roebroek, M. E., & Stam, H. J. (2003). Body fat, fitness and level of everyday physical activity in adolescents and young adults with meningomyelocele. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35(6), 271-275.
- Vestergaard, P., Krogh, K., Rejnmark, L., & Mosekilde, L. (1998). Fracture rates and risk factors for fractures in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 36(11), 790-796.
- Vivian H. Heyward, (2006). Capítulo VI: Valoración de la composición corporal y de los componentes antropométricos del fitness; 2ª edición (p. 121-129). En *Evaluación y prescripción del ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Wei Shen, Marie-Pierre St-Onge, ZiMian Wang y Steven B. Heymsfield (2007). Estudio de la composición corporal: generalidades (pp. 11-14). Steven B. Heymsfield; Timothy G. Lohman; ZiMian Wang; Scott B. Going En *Composición corporal*. México: Mc Graw Hill.
- Whiteneck, G. G., Charlifue, S. W., Frankel, H. L., Fraser, M. H., Gardner, B. P., Gerhart, K. A., . . . Short, D. J. (1992). Mortality, morbidity, and psychosocial outcomes of persons spinal cord injured more than 20 years ago. *Paraplegia*, 30(9), 617-630. doi:10.1038/sc.1992.124
- Widman, L. M., Abresch, R. T., Styne, D. M., & McDonald, C. M. (2007). Aerobic fitness and upper extremity strength in patients aged 11 to 21 years with spinal cord dysfunction as compared to ideal weight and overweight controls. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 30 Suppl 1, S88-96.
- Wilmet, E., Ismail, A. A., Heilporn, A., Welraeds, D., & Bergmann, P. (1995). Longitudinal study of the bone mineral content and of soft tissue composition after spinal cord section. *Paraplegia*, 33(11), 674-677. doi:10.1038/sc.1995.141
- Wolfe, G. A., Waters, R., & Hislop, H. J. (1977). Influence of floor surface on the energy cost of wheelchair propulsion. *Physical Therapy*, 57(9), 1022-1027.