

---

# Lesión medular y ejercicio físico: revisión desde una perspectiva deportiva

## Spinal cord injury and physical exercise: review from a sports perspective

---

### Resumen

Una de cada 2000 personas en Europa tiene lesión medular (LM), es normalmente más sedentaria que el resto de la población y encuentra diferentes problemas para practicar ejercicio físico (EF), destacando la escasa formación específica de los profesionales del deporte. Con el objetivo de aportar información sobre la LM y su interacción con la práctica deportiva, se realizó una revisión de literatura científica que analiza sus alteraciones músculoesqueléticas, cardiovasculares, respiratorias, de termorregulación, genitourinarias e intestinales, las úlceras por presión, la disreflexia autonómica y los aspectos nutricionales, generando recomendaciones prácticas. Como conclusión, la práctica habitual de EF reduce la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, mejorando la condición física, la autonomía personal y la salud de las personas con LM, así como su calidad y esperanza de vida, pero es imprescindible conocer sus características particulares tanto para optimizar su rendimiento deportivo como para evitar graves complicaciones médicas.

---

### Palabras clave

Paraplejía, tetraplejía, actividad física, deporte.

---

### Abstract

One in 2,000 people in Europe has spinal cord injury (SCI). These persons are usually more sedentary than the rest of the population and encounters different problems to practice physical exercise (PE), in part because of the limited specific training of sports professionals. In order to provide specific information about SCI and its interaction with the practice of sports, a review of scientific literature was carried out. Different kinds of disorders as musculoskeletal, cardiovascular, respiratory, thermoregulation, genitourinary and intestinal, pressure ulcers, autonomic dysreflexia and nutritional aspects were analyzed in order to make useful recommendations. In conclusion, the practice of PE reduces the incidence of respiratory and cardiovascular diseases and improves physical fitness, personal autonomy, health, quality of life and life expectancy of people with SCI. However it is essential to be familiar with the persons particular characteristics in order to optimize their athletic performance and to prevent serious medical complications.

---

### Keywords

Paraplegia, tetraplegia, physical activity, sport.

### Gabriel Brizuela Costa

<Gabriel.Brizuela@uv.es>

Universidad de Valencia

### José Luis Romero Ávila

<J.Luis.Romero@uv.es>

Universidad de Valencia

### Julia Beltrán Herranz

<jubelhe@alumni.uv.es>

Universidad de Valencia

### Para citar:

Brizuela, G. *et al.* (2016): "Lesión medular y ejercicio físico: revisión desde una perspectiva deportiva". *Revista Española de Discapacidad*, 4 (2): 163-185.

Doi: <<https://doi.org/10.5569/2340-5104.04.02.09>>

Fecha de recepción: 08-04-2016

Fecha de aceptación: 17-06-2016



## Introducción

La lesión medular es una alteración de la médula espinal que provoca, en primer lugar, una pérdida de sensibilidad y/o de movilidad desde el nivel de la lesión hacia la parte inferior del cuerpo. Su incidencia mundial anual fluctúa entre 10 y 83 casos/millón de habitantes (Wyndaele y Wyndaele, 2006), alcanzando los 44,3 casos/millón en Canadá (Dryden *et al.*, 2003), 40 casos/millón en Japón y USA (Devivo *et al.*, 2001), 25 casos/millón en Portugal (Martins *et al.*, 1998), 19,4 casos/millón en Francia (Albert y Ravaud, 2005) y entre 12 y 20 casos/millón en España (Quintana-Gonzales *et al.*, 2011). La prevalencia de la LM alcanza los 700-750 casos/millón de habitantes en USA (Villanueva, 2008), los 534 casos/millón en Australia (O'Connor, 2005), entre los 250-520 casos/millón en Europa y entre los 350 y 380 casos/millón en España (en 1997) (Villanueva, 2008).

El 66% de las personas con LM tienen sobrepeso u obesidad (Rajan *et al.*, 2008) y presentan un alto riesgo de mortalidad prematura debido a enfermedades respiratorias, cardiovasculares o urogenitales (Lidal *et al.*, 2007), así como una tendencia a hipertensión y enfermedades cardiovasculares (Krum *et al.*, 1992). Esta pérdida de salud y de condición física debida a la LM puede ser resultado de la parálisis de la musculatura necesaria para hacer ejercicio físico (EF) de modo voluntario, pero en muchas ocasiones, simplemente es consecuencia de adoptar un estilo de vida sedentario (Nash, 2005; Hjeltnes y Wallberg-Henriksson, 1998), disminuyendo su estatus funcional, su participación, su autonomía y finalmente su calidad de vida (Haisma *et al.*, 2006).

La práctica habitual de EF es uno de los mejores medios para combatir el sedentarismo y las enfermedades asociadas a él (Washburn y Figoni, 1999; Brenes *et al.*, 1986) y genera beneficios tanto a nivel físico, como psicológico y social (Malina y Bouchard, 1991; Devís-Devís, 2001). Sin embargo, la inactividad

incrementa la probabilidad de tener sobrepeso, obesidad, enfermedades cardiovasculares y respiratorias, trastornos crónicos como la diabetes, enfermedades músculoesqueléticas o incluso desórdenes psicológicos (Lawson, 2006), especialmente, si se tiene en cuenta que las personas que se desplazan habitualmente en silla de ruedas tienen un gasto energético (GE) normalmente mucho menor que el resto de la población (Dearwater *et al.*, 1985; Conger *et al.*, 2014; Collins *et al.*, 2010). Este gasto es aún más reducido en personas con niveles de afectación física mayor debido a una LM cervical (Yamasaki *et al.*, 1992; Buchholz y Pencharz, 2004).

A pesar de que para las personas con LM, los beneficios de la práctica regular de EF son mucho más relevantes que para el resto de la población (Dallmeijer y van der Woude, 2001; Dallmeijer *et al.*, 2004; Nash, 2005; Haisma *et al.*, 2006; Brizuela *et al.*, 2010; Figoni *et al.*, 2010), siguen conformando la porción de la población más sedentaria e inactiva ya que, además, se enfrentan a numerosos problemas adicionales para acceder a la práctica de EF (Rimmer y Rowland, 2008).

Noreau y Shephard (1995) realizaban ya dos décadas atrás, una valiosa revisión que destacaba cómo, a pesar del incremento de la esperanza de vida de las personas con LM, todavía no se había sistematizado el estudio metódico del efecto del EF sobre su condición física. Sin embargo, concluyen que la pérdida de condición física está íntimamente relacionada con la pérdida de calidad de vida de las personas con LM. Años más tarde, Bhambhani (2002) realizaron una excelente revisión de la literatura, analizando las características fisiológicas de los atletas con LM que compiten en silla de ruedas y describiendo las principales características de su metabolismo, su sistema cardiorrespiratorio y neuromuscular, los problemas de termorregulación, así como la disreflexia. Finalmente, analizan las condiciones específicas que pueden influir en su rendimiento en la competición atlética, resultando una de las referencias básicas para los profesionales de la actividad física y deportiva (AFD) que dirigen programas de entrenamiento de personas con LM.

Del mismo modo, Jacobs y Nash (2004) aportan una revisión desde una perspectiva médico / rehabilitadora que explica las repercusiones de la LM sobre la persona y su desempeño físico, en función de las características de la propia LM (nivel y grado), a la vez que recoge una serie de advertencias sobre los principales riesgos que puede correr una persona con LM al involucrarse en la práctica de EF. A continuación, Haisma *et al.*, (2006) aportan una excelente referencia que recoge la información disponible sobre la valoración de la condición física de las personas con diferentes niveles de LM, aportando datos muy útiles sobre la medición de su potencia aeróbica y anaeróbica, así como su función respiratoria. Finalmente, Hicks *et al.* (2011), realizan una revisión complementaria de la anterior, centrándose en el efecto que tiene la mejora de la capacidad física, la fuerza muscular y la composición corporal de las personas con LM, sobre su rendimiento funcional.

De la información aportada por la literatura científica puede concluirse que, aunque la LM genera obstáculos reales tanto para el desarrollo de la vida diaria como para la práctica regular de EF, existe suficiente información sobre la LM y su relación con el EF, para generar un conjunto de reflexiones y recomendaciones útiles para las propias personas con LM y especialmente para los profesionales de la AFD que interactúan con ellas, durante el desarrollo de su práctica deportiva. Si a estos conocimientos científicos se les añade la experiencia de médicos del deporte, fisioterapeutas, entrenadores, técnicos deportivos y deportistas con LM experimentados, se contaría con un conjunto de conocimientos aplicados de valiosa utilidad, que contribuiría por una parte a optimizar el rendimiento de los deportistas (y practicantes habituales de EF) con LM, pero por encima de todo a mantener su salud, mejorar su condición física y su calidad de vida, evitando complicaciones específicas típicas de las personas con LM y desconocidas en general por los profesionales de la AFD.

De este modo, el objetivo del presente trabajo es desarrollar una revisión de la literatura científica relacionada con la LM y el EF, con el fin último

de ofrecer un documento de referencia sobre aspectos característicos de las personas con LM y su relación e interacción con la práctica deportiva, tanto desde una perspectiva del mantenimiento de su salud y su calidad de vida, como desde una perspectiva de mejora de su rendimiento deportivo.

## Método

Se realizó una revisión de la literatura científica en búsqueda de artículos relacionados con la práctica de EF y deporte por parte de personas con LM y que demostraran relevancia en el tema, a través del índice de impacto de la publicación así como el número de citas del artículo en otros artículos indexados en ISI JCR. Así mismo, se incluyeron en el análisis artículos de menor nivel de impacto, incluso no indexados en ISI JCR, aunque necesarios para completar una serie de contenidos que se consideraba importante incluir en la revisión.

La búsqueda se realizó accediendo a bases de datos internacionales como Web of Knowledge, Pubmed, Scopus y Dialnet. En primer lugar, se emplearon palabras claves (en español e inglés) como 'lesión medular', 'discapacidad', 'ejercicio', 'deporte' y 'actividad física', conectadas con operadores 'OR' y 'AND', para detectar los trabajos principales y más generales de revisión. A continuación se fueron añadiendo nuevos términos que surgieron de la búsqueda primaria como 'fisiología', 'termorregulación', 'disreflexia' y 'rendimiento'.

No se aplicaron restricciones sobre el año de publicación de los artículos, a la vez que se tuvieron en consideración numerosos artículos, detectados indirectamente, procedentes de citas frecuentes.

## Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados de la revisión bibliográfica, basada en más de un centenar de artículos científicos, estructurados en ocho apartados dentro de los cuales se exponen los resultados y conclusiones de los diferentes autores, a la vez que se analizan y discuten desde una perspectiva práctica, orientada a la AFD, quedando ordenados del siguiente modo:

1. Alteraciones musculoesqueléticas
2. Alteraciones cardiovasculares
3. Alteraciones respiratorias
4. Alteraciones en la termorregulación
5. Alteraciones genitourinarias e intestinales
6. Úlceras por presión
7. Disreflexia autonómica
8. Aspectos nutricionales

### 1. Alteraciones musculoesqueléticas

Las lesiones más frecuentes en los deportistas con LM afectan a las extremidades superiores, protagonistas de gestos frecuentes (salvo en casos de tetraplejia por LM completa y muy alta) y relativamente estresantes, como las transferencias y la propulsión en la silla de ruedas. Los movimientos de la muñeca y de la mano durante la actividad diaria, y especialmente durante la propulsión, generan traumas repetidos y presión sobre los tejidos blandos, relacionados con la compresión nerviosa (síndrome del túnel carpiano y compresión del nervio cubital en muñeca o codo) de la extremidad superior (Liang *et al.*, 2007; Boninger *et al.*, 1996).

Si además de la propia actividad diaria se practica deporte en silla de ruedas aumenta de forma notable el estrés (Curtis y Dillon, 1985) y, según algunos autores, aparecen afectaciones de diferentes estructuras musculoesqueléticas como el tendón bicipital (Ferrara y Davis, 1990), el manguito rotador y los extensores del codo, pudiendo derivar en una epicondilitis lateral persistente por la compresión del nervio radial

(Sie *et al.*, 1992). Sin embargo, según Burnham y Steadward (1994), estas alteraciones en la conducción nerviosa están más relacionadas con los años que lleva la persona con la LM que con el volumen de entrenamiento, o los años en competición, sugiriendo que las transferencias durante la vida diaria generan un estrés mayor sobre las extremidades superiores que la propulsión de la silla de ruedas.

Del mismo modo, parece evidente que la participación deportiva no incrementa el riesgo de dolor o lesiones en el hombro (Finley y Rodgers, 2004) sino que, por el contrario, los usuarios de silla de ruedas más sedentarios tienen un mayor riesgo de padecerlos en comparación con los deportistas (Fullerton *et al.*, 2003). En el mismo sentido, se sugiere que la utilización de una silla de ruedas eléctrica, para evitar la propulsión manual y aliviar la articulación del hombro, genera un efecto de debilitamiento para la realización de otras actividades diarias como las transferencias (Serra, 2011), además de contribuir al sedentarismo.

El entrenamiento de la fuerza muscular, dirigido a buscar un equilibrio entre los diferentes grupos musculares, podría ser una buena recomendación a seguir, ya que el desequilibrio parece ser uno de los factores determinantes para la aparición de alteraciones del tren superior de deportistas usuarios de silla de ruedas, detectándose una menor fuerza de aducción, rotación interna, y rotación externa, en quienes presentan síndrome de compresión del hombro (Burnham *et al.*, 1993). Otras medidas de prevención podrían apoyarse en la utilización de guantes acolchados para proteger la superficie palmar de la muñeca, lo cual podría contribuir a la prevención de la compresión de los nervios periféricos (Burnham y Steadward, 1994).

El perfeccionamiento de la técnica de propulsión de la silla de ruedas también podría incidir positivamente en la prevención de las lesiones musculoesqueléticas. La búsqueda de emboladas más amplias y suaves podría aumentar la eficiencia mecánica y disminuir la fatiga durante

el desplazamiento (Brizuela *et al.*, 2009), tanto durante la práctica deportiva como en la vida diaria. Del mismo modo, la utilización de sillas construidas en materiales ligeros como el aluminio, el titanio o la fibra de carbono, reduciría la magnitud de la fuerza necesaria para la propulsión y con ello el estrés y la fatiga muscular (Lenton *et al.*, 2013).

La osteoporosis es una complicación común en personas con LM, afecta fundamentalmente a las extremidades con parálisis o paresia y puede conducir a fracturas. Si bien la falta de estímulo mecánico es el factor determinante para su desarrollo, los cambios neurales y hormonales después de la LM también desempeñan un papel importante en este proceso (Jiang *et al.*, 2006). Si bien esta condición debe ser más preocupante en quienes participen en deportes de contacto como el baloncesto o el rugby en silla de ruedas, las personas con LM deberían cuidar sus extremidades inferiores de los golpes de un modo especial.

La prevención de la osteoporosis implica la aplicación de estímulos mecánicos a los huesos de las extremidades inferiores, bien sea poniéndose de pie (con un bipedestador u ortesis) o bien por medio de electroestimulación (Maimoun *et al.*, 2006), aunque esta última está contraindicada para quienes sufren espasticidad severa en reposo (Hartkopp *et al.*, 1998). Del mismo modo, la utilización de suplementos de calcio, calcitonina, y/o bifosfonatos (Maimoun *et al.*, 2006) ha mostrado beneficios en el tratamiento precoz de la osteoporosis en personas con LM (Morán de Brito *et al.*, 2005).

A la frecuente fragilidad ósea de las extremidades inferiores de las personas con LM, que facilita una fractura con impactos de relativamente baja magnitud, se suma la también frecuente disminución sensorial y del dolor, hecho que puede reducir la facilidad tanto para diagnosticarla como para tratar rápidamente la lesión. Cualquier evidencia sospechosa tal como inflamación localizada, equimosis y deformidad, deberían alertar para acudir rápidamente al médico que confirmará el diagnóstico con un estudio radiográfico (Lertwanich, 2011).

En resumen, desde la perspectiva del profesional de la AFD, debe recordarse que entre los usuarios de sillas de ruedas son frecuentes las lesiones de hombro, codo y muñeca. Sin embargo, la práctica de EF y especialmente un entrenamiento de la fuerza, dirigido a equilibrar los diferentes grupos musculares del hombro y en general del tren superior, generan muy buenos resultados y reducen la incidencia de estas lesiones. Paralelamente, se debe tener en cuenta que es muy importante evitar los golpes, traumatismos (así como heridas y laceraciones de la piel) ya que pueden tardar más de lo habitual en curarse y generar complicaciones, en algunos casos graves.

## 2. Alteraciones cardiovasculares

Las personas con LM presentan una “hipocinesia circulatoria” que genera una acumulación de sangre venosa en los miembros inferiores y frecuentemente en la parte baja del tronco, debido al escaso movimiento de estos miembros así como al control limitado del sistema nervioso (SN) especialmente el SN simpático, por debajo del nivel de la lesión (Jehl *et al.*, 1991; Hopman *et al.*, 2002). Esta alteración depende del nivel de la LM y, estudiado en atletas con paraplejía, se relaciona con una disminución del gasto cardíaco (GC). Del mismo modo, el volumen sistólico (VS) se ve normalmente reducido para los deportistas con LM, debido muy probablemente a que el deficitario retorno venoso no favorece el llenado ventricular (Hopman *et al.*, 1994).

Sin embargo, cuando la intensidad del ejercicio es submáxima y el nivel de la LM relativamente bajo (inferior a T6-T7), el déficit de VS puede ser compensado con un aumento de la frecuencia cardíaca (FC), siempre que se mantenga intacta la inervación simpática del corazón (Hopman *et al.*, 1993). Por el contrario, cuando la intensidad del ejercicio se acerca al máximo, la disminución del retorno venoso, de la precarga cardíaca y finalmente del VS, provoca una reducción de la capacidad de transporte de oxígeno a los tejidos, limitando la potencia aeróbica y en definitiva el

rendimiento deportivo, en pruebas de resistencia (Hopman, 1994).

En deportistas con LM por debajo de este nivel T6-T7 la inervación cardíaca, y la vascular del área renal y esplácnica, se preserva al completo, evitándose la acumulación de sangre en estas áreas pero además, la función cardíaca muestra una respuesta no alterada, con una FC proporcionada a la intensidad del ejercicio (Hopman *et al.*, 1993; Hopman *et al.*, 1994; Theisen, 2012). Sin embargo, en deportistas con LM a nivel más alto que T6, aunque la inervación cardíaca del SN simpático pueda estar parcialmente conservada, su FC se verá limitada y resultará inferior a lo previsible como respuesta a la intensidad del ejercicio.

Cuando una LM completa se localiza por encima de T1, la inervación simpática del corazón se interrumpe y la regulación de la función cardíaca se controla únicamente por medio del SN parasimpático y la acción de las catecolaminas circulantes por el torrente sanguíneo. De este modo, la respuesta de la FC durante el ejercicio de alta intensidad puede mostrarse tardía, en cuanto a su tiempo de incremento, además de limitada en su magnitud, alcanzado generalmente valores máximos entre los 110 min<sup>-1</sup> y 130 min<sup>-1</sup>. Con este nivel alto de LM, la escasa actividad de la musculatura respiratoria, no permite aprovechar su efecto de “bomba” que, como ocurre en personas con LM a nivel más bajo, contribuye al retorno venoso, al incremento de la precarga cardíaca y al incremento del VS (Villanueva, 2008; Bhambhani, 2002).

Estudios ecográficos realizados en personas con tetraplejía revelan una reducción de la masa del ventrículo izquierdo y del tamaño de las cavidades izquierdas (De Groot *et al.*, 2006), sugiriendo que la disminución crónica de la precarga cardíaca y del VS, unido a la hipotensión mantenida, podría llevar a la atrofia del ventrículo izquierdo, afectando negativamente la capacidad funcional cardiovascular y el rendimiento en actividades físicas de tipo aeróbico (Nash *et al.*, 1991). A pesar de lo expuesto, diferentes estudios

demuestran que, incluso las personas con LM cervicales, capaces de hacer ejercicio aeróbico de pedaleo de brazos, consiguen entrenar el sistema cardiorrespiratorio mejorando su salud cardiovascular, disminuyendo incluso la FC en reposo así como la variabilidad de su FC (Brizuela *et al.*, 2010).

De acuerdo a lo expuesto y desde una perspectiva deportiva, cabe tener en cuenta una serie de consideraciones muy relevantes en relación al sistema cardiovascular:

- Los deportistas con LM alta (por encima de T6), y muy especialmente con LM completa a nivel cervical, alcanzarán valores de FC inferiores a lo esperable durante el ejercicio, a la vez que su respuesta cardíaca al esfuerzo será mucho más lenta, al no existir activación directa por el SN simpático. Estos deportistas deberán dedicar un tiempo mayor al calentamiento tanto para la competición como para entrenamientos de alta intensidad, con el fin de asegurar la puesta en marcha de su sistema cardiovascular y evitar una deuda de oxígeno inicial que originaría esfuerzos anaeróbicos innecesarios y limitarían su rendimiento final.
- Un calentamiento adecuado también podría contribuir a conseguir la tensión arterial (TA) adecuada, normalmente baja en personas con tetraplejía, evitando desencadenar alteraciones cardíacas funcionales y estructurales (King *et al.*, 1994). El uso de medias de compresión y una faja abdominal elástica también podrían ayudar a aumentar la TA.
- Del mismo modo, debe tenerse en cuenta que las personas con LM a nivel alto (cervicales, especialmente) tampoco alcanzarán valores muy elevados de FC, a la par que su transporte de oxígeno será limitado. De este modo, aunque se empleen técnicas de monitorización de la FC, nunca se apreciará una situación de estrés para su sistema cardiorrespiratorio, a pesar de que se encuentre trabajando en déficit de

oxígeno (anaeróbico) y acercándose a una fatiga muscular local.

- Resulta evidente que, especialmente para personas con LM alta, el control de la TA resulta ser un elemento importante en la seguridad y la prevención de accidentes deportivos. En caso de que un deportista se queje de sentirse débil o mareado, con visión borrosa o se aprecie palidez y sudoración, se deben elevar sus piernas inmediatamente e inclinar la silla sobre las ruedas traseras, animándole a respirar profundamente. En caso de pérdida de la conciencia se le debe colocar sobre un plano y buscar asistencia sanitaria de inmediato (Bromley, 2006).

### 3. Alteraciones respiratorias

La función respiratoria pulmonar supone la utilización de musculatura muy diversa y ubicada en diferentes regiones del cuerpo, que abarca desde el cuello hasta la región abdominal. Dependiendo del nivel de la LM, la función respiratoria puede verse afectada en diferente grado. Mientras que para las personas con una LM baja (a nivel lumbar o sacro) los parámetros respiratorios son relativamente normales ya que no suele afectar el control de ningún músculo respiratorio (Martínez y López, 2014), en personas con una LM alta (dorsal alta o cervical) la función respiratoria se reduce considerablemente (Winslow y Rozovsky, 2003), llegando a provocar la ausencia total de mecánica respiratoria cuando la LM es completa y se sitúa por encima de C3, lo que obliga al uso de un equipo externo de respiración. Entre esos límites extremos, el nivel (y el grado de afectación) de la LM determinará la musculatura respiratoria que la persona podrá emplear para su ventilación pulmonar.

De este modo, las personas con una LM dorsal o cervical manifiestan una reducción de la capacidad de ventilación pulmonar, con una reducción de todos los volúmenes y capacidades pulmonares, especialmente el FEV-1 (volumen espiratorio forzado) y la

FVC (capacidad vital forzada), reduciéndose progresivamente tras producirse la lesión y generando predisposición a sufrir infecciones del tracto respiratorio (Martínez y López, 2014; Ovechkin *et al.*, 2010). Cuando la LM se localiza por encima de T1, pero por debajo de C4, los músculos escalenos, pectorales, trapecio y esternocleidomastoideo, comportan un papel auxiliar esencial, junto al diafragma (Bach, 2006), para compensar la parálisis de los músculos intercostales y abdominales (Costoso *et al.*, 2002). Del mismo modo, queda reflejada la diferencia en potencia aeróbica medida entre personas con LM alta y baja, alcanzando a doblar, las personas con paraplejía, los valores de  $VO_{2MAX}$  (consumo máximo de oxígeno o potencia aeróbica) de las personas con tetraplejía (Haisma *et al.*, 2006). Lo mismo ocurre si se compara una LM completa frente a una LM incompleta, la disminución de la masa muscular activa, así como la disminución de la mencionada respuesta cardiovascular en las personas con la LM completa, pueden explicar esta diferencia (Slater y Meade, 2004). Finalmente, tanto el sedentarismo como la obesidad y el tabaquismo muestran un efecto absolutamente negativo sobre la función respiratoria de las personas con LM (Geraghty, 2001; Linn *et al.*, 2001; Costoso *et al.*, 2002; Brown *et al.*, 2006).

De modo paralelo, cuando se trata de EF de alta intensidad, durante cortos periodos, la magnitud de la potencia anaeróbica generada muestra una relación inversa con el nivel de la LM, así como con el grado de afectación (Slater y Meade, 2004). Sin embargo, un estudio de la propulsión en silla de ruedas, no mostró diferencias en la potencia durante el pedaleo de brazos entre deportistas con LM por debajo de T8 y deportistas sin LM (Hutzler, 1998). Debe tenerse en consideración que este tipo de ejercicio de alta intensidad, al contrario que el ejercicio de tipo aeróbico, no genera una demanda relevante sobre el sistema cardiorrespiratorio.

Teniendo en consideración que las enfermedades del sistema respiratorio y sus complicaciones tienen una repercusión sumamente importante en la salud de las personas con LM, su

prevención, así como la búsqueda de una mejor función respiratoria, debería ser un objetivo claro en cualquier programa tanto de rehabilitación como de entrenamiento deportivo. En este sentido, diferentes autores destacan la gran diferencia entre personas con LM que practican deporte de forma regular y quienes no lo hacen, revelando para los primeros una mayor potencia aeróbica y otros índices relacionados con la capacidad de realizar un esfuerzo de forma sostenida (Bhambhani, 2002; Slater y Meade, 2004; Price y Campbell, 1999; Bar-On y Nene, 1990). Paralelamente, numerosos autores destacan los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre los mencionados parámetros respiratorios en personas con LM a diferentes niveles (Brizuela *et al.*, 2010; Jacobs y Nash, 2004; Spooren *et al.*, 2009; Le Foll-de Moro *et al.*, 2005; Van Houtte *et al.*, 2006; Roth *et al.*, 2010) e incluso recomiendan el entrenamiento en medio acuático (Martínez y López, 2014).

Desde una perspectiva deportiva, debe tenerse en cuenta que las LM altas generan una importante reducción de la capacidad pulmonar, reduciendo considerablemente el volumen que el deportista puede ventilar voluntariamente. Por ello, el incremento de la demanda se resolverá mediante un aumento fundamentalmente de la frecuencia respiratoria, lo que reduce la eficiencia y aumenta el GE durante el EF. El entrenamiento de la musculatura respiratoria, incluyendo el diafragma, podría ser determinante de una mejora importante del rendimiento deportivo. Incluso en las personas con LM algo más bajas (que mantienen preservada su musculatura intercostal en mayor o menor grado), el músculo diafragmático continúa siendo un pilar fundamental en su mecánica respiratoria.

Finalmente, debe tenerse en consideración que los deportistas con LM tienen afectada su capacidad para realizar una tos efectiva y extraer elementos extraños de sus vías respiratorias (en mayor medida para las LM más altas). Este es uno de los motivos por los que se pueden producir complicaciones en estas vías y cabría estar muy atento a los primeros signos de desarrollo de una infección en el pecho tales como un aumento de la tos, de la temperatura

y de los espasmos (Geraghty, 2001). Esta dificultad para toser debe contemplarse durante la práctica deportiva ya que en caso de atragantarse con algún resto de comida o bebida, el deportista con LM necesitará algo de ayuda para conseguir generar un buen flujo de aire desde los pulmones (Costoso *et al.*, 2002). La forma de contribuir a ello es realizar un trabajo voluntario de toser, coordinado con un trabajo externo de presión ascendente en la región abdominal.

#### 4. Alteraciones en la termorregulación

La termorregulación es la capacidad del propio organismo para regular su temperatura, que resulta de un balance entre la producción y la eliminación de calor (Lizarralde *et al.*, 2000). Las personas con LM tienen esta capacidad disminuida, con frecuencia, debido a la falta de la entrada neural aferente de las partes del cuerpo insensibles y a la alteración del control vasomotor y sudomotor, por debajo del nivel de lesión (Hopman *et al.*, 1993.; Theisen, 2012). Esto reduce o anula los mecanismos más importantes de disipación del calor durante el ejercicio, que son la sudoración (Bhambhani, 2002) y el flujo sanguíneo bajo la piel (Holme *et al.*, 2001).

Cuando se realiza EF en un ambiente cálido y seco, entre el 80 % y el 90 % del calor corporal se disipa por medio de la evaporación del sudor. Por el contrario, cuando la humedad relativa es alta (mayor del 70 %) la disipación del calor se produce fundamentalmente por convección y radiación, mediante el aumento del flujo sanguíneo cutáneo, lo que provoca que una mayor porción del trabajo cardíaco se dedique a facilitar la pérdida de calor (Bhambhani, 2002). Si estos mecanismos fallan debido a la LM, baja la eficiencia de la refrigeración y aumenta el riesgo de hipertermia, lo que predispone a la deshidratación, al agotamiento por calor, al golpe de calor o al síncope por calor (Sawka *et al.*, 1996). Esto resulta especialmente importante para las personas con LM altas (cervicales) o en general cuando las condiciones térmicas son extremas (Bhambhani, 2002; Price, 2006),

generando una limitación para mantener el gasto cardíaco durante el ejercicio prolongado (Hopman *et al.*, 1993; Fitzgerald *et al.*, 1990).

Este déficit en termorregulación se acentúa cuando la LM es completa y cuando está a un nivel más alto (Sawka *et al.*, 1996), al igual que la retención de calor durante la recuperación pasiva (Price, 2006). Esto implica que las personas con LM cervical tendrán una peor tolerancia al calor, seguidas de quienes tengan una LM dorsal, lumbar y sacra, respectivamente. Debido a esto, los deportistas con LM muestran temperaturas centrales más altas en ambiente caliente y más bajas en ambiente frío, que los deportistas sin LM (Sawka *et al.*, 1989). De este modo, mientras que para las personas con LM bajas, la producción de calor se compensa con la capacidad de sudoración disponible, los deportistas con LM alta (cervical) experimentan un aumento de la temperatura de la piel y un desequilibrio térmico. Esto ocurre tanto en condiciones frías como calurosas, debido a la ausencia total o parcial de la capacidad de sudoración, destacando que durante el ejercicio aeróbico continuo el estrés térmico lo determina la ganancia de calor del medio ambiente, mientras que durante un ejercicio anaeróbico de tipo intermitente este estrés lo genera la producción de calor metabólico (Price, 2006).

En un ambiente frío, la termorregulación se ve afectada por la menor producción de calor corporal debido a la menor cantidad de masa muscular esquelética y a la escasa o nula actividad muscular por debajo del nivel de lesión. Este problema afecta especialmente a nadadores, atletas de resistencia y de deportes de invierno (Dec *et al.*, 2000) y puede manifestarse en forma de mal articulación del habla, confusión, debilidad, dolor de cabeza, torpeza, vómitos y mialgias (Halpern *et al.*, 2001).

A pesar de que no existen trabajos específicos de aclimatación al calor ni al frío en personas con LM, en base a las alteraciones conocidas y citadas anteriormente, así como a las recomendaciones dirigidas a deportistas sin LM (Armstrong y Maresh, 1991), pueden hacerse las siguientes aportaciones y recomendaciones:

- Si bien algunas alteraciones debidas a la propia LM no podrán ser evitadas, una mejora de la condición física, basada en un entrenamiento aeróbico, incluso realizado en condiciones ambientales normales, mejora la capacidad de termorregulación durante ejercicio en condiciones extremas.
- Cuando sea posible, deberá evitarse el entrenamiento y la competición en condiciones climáticas extremas, teniendo en cuenta que empiezan a verse comprometidos los mecanismos de disipación del calor al sobrepasar los 21 °C y la humedad relativa del 50%.
- Si bien la recomendación general para conseguir la aclimatación al calor es asegurarse de mantener el equilibrio de líquidos y electrolitos durante este período, si el mecanismo de sudoración está alterado en las personas con LM, la pérdida de líquido será muy inferior a lo esperable y lo mismo ocurrirá con los electrolitos (sales minerales), su pérdida puede ser muy escasa. Esta recomendación puede ser importante para personas con LM incompleta o a muy bajo nivel, quienes seguramente podrán comprobar esa pérdida de líquido y electrolitos con el sudor.
- En general, la utilización de ropa ligera, de manga corta o sin mangas, incluso llevar el torso desnudo, podría contribuir a la evaporación del sudor y con ello mejorar la disipación del calor generado internamente durante el ejercicio. Sin embargo, en personas con LM con el mecanismo de sudoración alterado, esto no sería útil y, de modo contraproducente, se estarían exponiendo a los rayos del sol que transmitiría una buena cantidad de calor por radiación. De este modo, la utilización de ropa clara y/o reflectante de la luz solar, en la mayor parte del cuerpo sería lo más aconsejable para personas con LM altas.
- Beber agua fresca periódicamente puede contribuir a reducir la temperatura esofágica (y ayudar a disminuir la

temperatura corporal) en deportistas con LM, durante la práctica de ejercicio en condiciones de calor (Armstrong *et al.*, 1995). Para ello es frecuente la utilización de dispositivos automáticos acoplados a botellines o mochilas por parte de quienes compiten en silla de ruedas o bicicletas de brazos y no pueden utilizar las manos durante la competición para beber.

- Otro mecanismo de enfriamiento utilizado por deportistas con LM alta consiste en mojar el cuerpo, los brazos y la cabeza con frecuencia durante la práctica deportiva, reproduciendo el efecto de la sudoración. Incluso puede ser muy efectivo empapar la ropa periódicamente y dejar que el calor la vaya evaporando, absorbiendo calor corporal para llevarlo a cabo. Esta técnica consigue controlar la temperatura central aunque pueda ser complicado emplearla durante la competición (Goosey-Tolfrey *et al.*, 2008).

Finalmente, el tratamiento adecuado para contrarrestar una hipertermia (efecto del calor) consiste en interrumpir el ejercicio y alertar a personal sanitario de inmediato, llevando al deportista a un ambiente fresco para quitar la ropa, enfriar externamente con agua fresca o hielo, y administrar de forma oral y / o intravenosa fluidos, en caso de deshidratación (Halpern *et al.*, 2001). Por el contrario, el tratamiento de la hipotermia (enfriamiento) consiste en llevar al deportista a un ambiente cálido, quitar la ropa mojada y aplicar calor en forma de agua caliente, mantas calientes, líquidos calientes, etc.

##### 5. Alteraciones genitourinarias e intestinales

Una de las consecuencias frecuentes de la LM es la ausencia de control voluntario (consciente) de las funciones de micción y defecación. Esta alteración recibe el nombre de incontinencia esfinteriana y es debida a que los esfínteres, al igual que el resto de musculatura esquelética, no recibe los mensajes pertinentes, procedentes del SN central (Geraghty, 2001). Cuando este

problema afecta la defecación recibe el nombre de intestino neurógeno, mientras que cuando afecta la micción recibe el nombre de vejiga neurógena (Giner, 2006). Las particularidades de la incontinencia dependen de que la LM sea completa o incompleta y, principalmente, del nivel de la lesión (Martínez *et al.*, 2001). Si bien este tema parece algo alejado de la AF y el deporte, es fundamental que los profesionales lo conozcan y sean conscientes de su interacción con la práctica deportiva, ya que puede generar problemas frecuentes en los deportistas con LM y deberían ser tenidos en cuenta al planificar un programa de entrenamiento.

Como resultado de tener una vejiga neurógena se pueden dar dos situaciones diferentes: una acumulación excesiva de orina en la vejiga, que deberá remediarse por medio del sondaje vesical, o una liberación espontánea y súbita de la orina, que deberá recogerse por medio de alguno de los diferentes métodos disponibles como un colector, una sonda permanente o material absorbente. Cada deportista elige el método para el control de su vejiga de forma muy personal, pudiendo influir de modo relevante incluso en el desarrollo de sus entrenamientos o las competiciones. Habría que destacar, por ejemplo, que la pérdida de orina en una pista de atletismo, durante el desarrollo de una competición oficial, es motivo de descalificación.

La disfunción de la vejiga predispone a los deportistas con LM a infecciones del tracto urinario, a consecuencia de un vaciado regularmente incompleto, a una elevada presión intravesical o al uso del catéter para sondaje, pudiendo crear malestar y resultar en la formación de cálculos (piedras), que dificultan a su vez la curación de la infección (Geraghty, 2001). Wilson y Washington (1993) destacan que durante su estudio, el 22 % de los atletas en silla de ruedas con LM reportaron infecciones de orina, concluyendo que factores como la posición sobre la silla de ruedas de carreras, la inaccesibilidad de los baños o la hidratación insuficiente, generan un ambiente favorable para el crecimiento de bacterias e infecciones posteriores.

Es esencial mantener el sistema urinario saludable y asegurar el adecuado funcionamiento de los riñones para protegerles de posibles daños (Geraghty, 2001) y, ya que los síntomas de infección urinaria típicos pueden estar ausentes en los deportistas con LM, la prevención resulta crucial. El aumento de la espasticidad, malestar, letargo, o una sensación de incomodidad, puede sugerir una infección urinaria que deberá confirmarse normalmente con un análisis de laboratorio. Algunos de los signos típicos de infecciones en el tracto urinario pueden ser: fiebre, sensación de malestar, sudoración, escalofríos, disreflexia autonómica, aumento de los espasmos, aumento del olor de la orina, residuos en la orina y sangre en la orina (Geraghty, 2001). Entre las recomendaciones más frecuentes para prevenir las infecciones del tracto urinario, los profesionales sanitarios recomiendan beber infusiones o zumo de arándano, incluir la vitamina C en la dieta, mantener la máxima higiene al sondarse o cuidar la vejiga, vaciar el colector de orina antes de la práctica deportiva y beber mucho líquido habitualmente, sobre todo después de practicar ejercicio físico.

En cuanto a la disfunción generada por el intestino neurógeno, dependiendo del nivel de la lesión, pueden surgir diferentes problemas y complicaciones. La LM puede disminuir el peristaltismo intestinal, provocando una propulsión lenta de los excrementos y, debido a la denervación del esfínter anal externo, existe un mayor riesgo de incontinencia. Otra alteración podría ser el intestino hiperrefléxico, con un aumento del grosor de la pared del colon y del tono anal y, aunque se pierda el control voluntario del esfínter anal externo, este permanece contraído, reteniendo así las heces (Stiens *et al.*, 1997). Una función intestinal descontrolada puede llevar a diferentes complicaciones como reflujo gastroesofágico, úlceras gástricas, disreflexia autonómica, diverticulosis, hemorroides, náuseas, pérdida de apetito, estreñimiento, diarrea, y el retraso o incluso la evacuación no planificada (Stone *et al.*, 1990). Sin embargo, el cuidado adecuado puede minimizarlas, ya que los hábitos alimenticios de la persona

resultan fundamentales para facilitar tanto el tránsito intestinal como el vaciado de las heces. Lo más recomendable es una dieta nutritiva, rica en frutas, verduras y cereales, aportando además buena cantidad de líquidos de forma habitual (Consortium for Spinal Cord Medicine, 1998).

Si bien no existen datos científicos sobre la forma en que los deportistas con LM regulan su función urinaria e intestinal, compatibilizándolo con la práctica deportiva, la orientación de los profesionales sanitarios, la experiencia personal y los consejos o recomendaciones de colegas, les van guiando hasta organizar una rutina diaria/semanal óptima e individualizada a las necesidades de cada persona. Aunque las diferencias individuales marcarán la pauta, los siguientes elementos pueden ayudar en la organización de las rutinas personales:

- Los deportistas que utilizan un sondaje vesical intermitente se sondan periódicamente varias veces al día, necesitan para ello unas mínimas condiciones de higiene y, en ocasiones, algún sitio donde poder tumbarse. Dependiendo de donde se desarrolle el deporte o la modalidad deportiva, esto puede resultar muy complejo, haciendo imposible realizar a tiempo el necesario sondaje. Para evitar este problema, algunos deportistas recurren a un sondaje vesical permanente durante el día, o los días que dura la competición, con lo que adquieren una independencia del sondaje y únicamente les supone vaciar un recipiente colector.
- El vaciado de heces suele ser lento, puede ser necesario hasta una hora para completarlo y se suele realizar cada dos días. En algunos deportes como las carreras en atletismo, la posición del atleta en la silla genera una presión extra sobre la región abdominal que puede propiciar el tránsito intestinal por lo que, dependiendo de las preferencias y características individuales, puede hacerse coincidir un vaciado previo a determinados tipos de sesiones de entrenamiento o competición.

Sin lugar a duda, la inclusión de estos elementos en la planificación deportiva contribuirá a la optimización de todo el proceso de entrenamiento, incluyendo el rendimiento en la competición.

## 6. Úlceras por presión

La úlcera por presión (UPP) es una lesión isquémica en la piel, producida por una presión prolongada sobre zonas de apoyo con salientes o prominencias óseas, o por la fricción, cizalla o combinación de las mismas, que se ven propiciadas por la pérdida de movilidad y de sensibilidad, así como por las alteraciones circulatorias. Las zonas más afectadas por UPP son los tejidos próximos al sacro y a las tuberosidades isquiáticas, causando una isquemia que provoca degeneración de la dermis, epidermis, tejido subcutáneo, pudiendo afectar incluso a músculo y hueso. Junto con las infecciones de orina, son las complicaciones más frecuentes en personas con LM (Geraghty, 2001).

Hay muchos factores que contribuyen al desarrollo de una UPP, siendo la magnitud de la presión localizada, pero sobre todo su duración, la causa principal y más directa de la descomposición del tejido y formación de una úlcera. Una presión superior a la intra-arteriolar (unos 30 mm Hg) produce un descenso en la oxigenación del tejido que irriga, e incluso la anoxia total, generando la irremediable muerte celular (Bromley, 2006). Sentarse en una misma posición durante un largo período reduce el suministro de sangre a las zonas de la piel que se encuentran bajo la presión de los huesos subyacentes. Esto reduce la cantidad de oxígeno y nutrientes a las células, además de facilitar la acumulación de productos de desecho del funcionamiento celular. Si esto ocurre por períodos prolongados, se puede producir la muerte celular localizada, lo que deriva en una UPP. Aliviar la presión de forma frecuente permite a la circulación regresar temporalmente a estas áreas, proporcionando a las células oxígeno y nutrientes, así como la eliminación de los productos de desecho (Geraghty, 2001).

Cuando una persona está simplemente sentada en una silla durante demasiado tiempo, reajusta periódicamente su posición porque se siente incómoda. La información sensitiva que llega al cerebro provoca que la persona se mueva, quite presión de un área de sus nalgas y la aumente en otra sin siquiera pensar en ello. Lo mismo ocurre al cruzar o descruzar las piernas o al inclinarse hacia adelante o hacia atrás. Sin embargo, una persona con LM puede sencillamente no sentir esta incomodidad, dejando de detectar que su tejido está sufriendo una isquemia, produciendo en poco tiempo un daño irreparable. De este modo, es importante seguir una serie de recomendaciones básicas para evitar las UPP y, en el caso de los deportistas, estas deberán ser incluso más rigurosas ya que, durante la práctica deportiva, el riesgo de generar una UPP se incrementa básicamente debido a la interacción del cuerpo con diferentes elementos, materiales, implementos y equipamientos deportivos:

- Mientras se esté sentado en la silla, cambiar de posición con frecuencia para mejorar la circulación en el área en contacto con el asiento (Dec *et al.*, 2000). Esto es especialmente importante cuando no se lleva un cojín antiescara, por ejemplo en las sillas de atletismo, sobre la cual el deportista puede pasar incluso varias horas de entrenamiento o competición. Afortunadamente, en personas con LM bajas, el movimiento intenso sobre la silla puede generar cambios de presión de modo frecuente, lo que no suele ocurrir en atletas con lesiones altas (cervicales) quienes podrían requerir la utilización de cojines antiescaras.
- Controlar el estado de la piel y detectar zonas con rozaduras o enrojecidas, que pueden ser el primer paso para la formación de una UPP. En su caso, la utilización de protecciones, rellenos, acolchados, puede ayudar a evitar empeoramientos (Geraghty, 2001).
- Buscar una buena distribución de la presión intentando que el peso se distribuya sobre una superficie mayor. Estando sentado, esto se consigue manteniendo no sólo las nalgas

en contacto con el asiento, sino también los muslos, ajustando correctamente la altura de los reposapiés y comprobando que el asiento sea lo suficientemente largo (Geraghty, 2001).

- Si se está sentado sobre un cojín de espuma, es posible que necesite aliviar la presión con una frecuencia de entre 15 min y 20 min (Geraghty, 2001), al igual que reemplazarlo en un plazo de 6 meses a 12 meses (Bromley, 2006). Por el contrario, si se utilizan cojines neumáticos no es necesario aliviar la presión más de una vez por hora (Geraghty, 2001). Si se detectan marcas rojas en la piel, piel dañada o endurecimiento bajo la piel, evitar sentarse sobre estas áreas, incluso aunque se utilice un cojín especial.

Estas recomendaciones pueden ser muy difíciles de seguir durante la práctica deportiva, por ejemplo, para los atletas en silla. Los atletas con LM baja se colocan en posturas de rodillas, con su tronco inclinado hacia delante y buena parte de su peso descansando sobre sus piernas con las rodillas flexionadas, mientras que las nalgas descansan sobre un pequeño sillín normalmente de tela, con escaso acolchado. Esta postura limita marcadamente la circulación sanguínea por las extremidades inferiores a la vez que aumenta el riesgo de que la piel de alguna zona corporal sufra concentración de presiones, lo que propiciado por la frecuente falta de sensibilidad, podría dar origen a una UPP. Resulta fundamental llevar a cabo un minucioso examen de la posición y un examen riguroso de la piel, sobre todo al acabar las primeras sesiones de prueba de una nueva silla o un cambio en la posición.

Del mismo modo, los atletas con una LM más alta, se sientan en la silla con el tronco en una posición más vertical y con las rodillas flexionadas a la altura del pecho, con el fin de poder dar estabilidad a su cuerpo, apoyándose contra sus muslos. De este modo, aumenta considerablemente la presión sobre las nalgas y con ello el riesgo de sufrir una UPP (Halpern *et al.*, 2001; Dec *et al.*, 2000). Evidentemente, en

esta posición, puede ser muy recomendable la utilización de un cojín antiescaras.

## 7. Disreflexia autonómica

Un aspecto particular de la fisiología de las personas con LM es lo que se conoce como disreflexia autonómica (DA) o vegetativa, una acción refleja que afecta principalmente a personas con LM por encima del nivel T6 y es potencialmente mortal (Bhambhani *et al.*, 2010). La DA ocurre cuando hay una irritación o estímulo al sistema nervioso por debajo del nivel de la lesión, y las áreas irritadas envían señales nociceptivas (de estímulos potencialmente dañinos) al cerebro, y que normalmente generarían una respuesta al dolor. Como estas señales no llegan se presenta una acción refleja sin regulación cerebral, habitual en el 90 % de las personas con LM cervical o torácica alta (Curt *et al.*, 1997). Se trata de un episodio de hipertensión extrema debido a mecanismos relacionados con cambios neuroplásticos dentro del SNC, incluso en la propia médula espinal (Krenz *et al.*, 1999; Krassioukov, 2012), a la alteración en la sensibilidad de los receptores del sistema nervioso simpático, a cambios plásticos dentro del circuito simpático periférico (Alan *et al.*, 2010) y posiblemente resulta incluso en una descarga simpática masiva (Krassioukov *et al.*, 2003).

Los síntomas de la DA son variables y van desde la frecuente sudoración y piloerección por encima del nivel de la lesión, hasta crisis que amenazan la vida (Ekland *et al.*, 2008). También son síntomas frecuentes un dolor de cabeza palpitante, un aumento de la espasticidad, congestión nasal, visión borrosa, bradicardia, hipertensión, vasoconstricción por debajo del nivel de la lesión, arritmias, palidez y sofocos (Klenck y Gebke, 2007). Además, en ocasiones destacan otros síntomas como el enrojecimiento, manchas de la piel en la cabeza y el cuello, escalofríos sin fiebre, falta de aliento y ansiedad (Geraghty, 2001). Las complicaciones más graves que pueden ocurrir tras una DA, derivadas de la elevada presión arterial, pueden resultar en hemorragia cerebral, afasia, ceguera, arritmias cardíacas y la muerte (Bloch y Basbaum, 1986).

La causa o estímulo más frecuente que desencadena un episodio de DA es la distensión de la vejiga, pendiente de realizar su vaciado, pero también puede desencadenarse por cosas simples como una uña encarnada o el contacto de la piel con objetos afilados, así como problemas de mayor consideración como infecciones en el tracto urinario, retención fecal, presencia de hemorroides, heridas, quemaduras, úlceras por presión, fracturas, luxaciones, tromboflebitis o espasmos (Geraghty, 2001). De este modo, las primeras medidas de prevención de la DA incluyen la correcta gestión de la vejiga urinaria y del intestino (Krassioukov, 2012), así como el cuidado de la piel (Bycroft *et al.*, 2005).

Evidentemente, la DA es una emergencia clínica y debe tratarse sin retraso, buscando eliminar la fuente nociceptiva, incluso en la propia instalación deportiva (Bhambhani *et al.*, 2010). En primer lugar, debe buscarse asistencia sanitaria, sentar al deportista en posición vertical, elevando la cabeza para estimular el reflejo ortostático y disminuir la TA (Blackmer, 2003). A continuación se debe aflojar cualquier prenda ajustada y buscar los estímulos potenciales para eliminarlos (Blackmer, 2003), especialmente obstrucciones urinarias o intestinales (Consortium for Spinal Cord Medicine, 2001), siendo muy frecuente encontrar un catéter doblado o una bolsa colectora repleta (Geraghty, 2001). Con cierta frecuencia el origen suele encontrarse en un cinturón demasiado apretado, un dedo del pie torcido dentro del calzado, un elemento punzante clavándose en alguna parte del cuerpo por debajo de la LM o incluso en los hombres un testículo presionado bajo las nalgas. Conociendo los principales factores desencadenantes que podrían resultar en un episodio de DA, los propios deportistas así como sus entrenadores y técnicos deportivos deberían estar preparados para enfrentar esta emergencia que puede amenazar la vida de los deportistas con LM (Consortium for Spinal Cord Medicine, 2001). Si una vez comprobadas las causas más frecuentes y fáciles de detectar por el mismo deportista o los técnicos deportivos, el problema persiste, personal sanitario cualificado deberá seguir indagando

de modo urgente en otros tipos de problemas menos superficiales.

A pesar del peligro que entraña un episodio de DA, los deportistas con LM han descubierto que el aumento de la TA generado por la descarga simpática, genera a su vez un incremento en la respuesta cardiovascular y esta produce una mejora en el rendimiento físico. Este procedimiento, que se conoce comúnmente como “*boosting*”, que podría traducirse del inglés como “amplificador de presión” o “efecto turbo”, aumenta la FC, la captación de oxígeno y la concentración de catecolaminas en sangre (Schmid *et al.*, 2001; Wheeler *et al.*, 1994), produciendo mejoras en el rendimiento deportivo valoradas en un 10%, en hombres, competidores de maratón en silla de ruedas (Bhambhani, 2002). Asimismo, la percepción del esfuerzo realizado resulta más baja, mientras acusan un aumento del estado de alerta y de la agresividad (Wheeler *et al.*, 1994).

Los métodos usados por los atletas para provocar la DA incluyen la obstrucción del catéter urinario para producir la distensión de la vejiga, la tensión excesiva de correas que sujetan las piernas o el abdomen, sentarse sobre los testículos u objetos afilados, aumentar la ingesta de líquidos antes del evento para provocar la distensión de la vejiga o incluso permanecer mucho tiempo sentado en la silla de ruedas antes del ejercicio (Bhambhani *et al.*, 2010). El estímulo dañino lo suelen activar entre 1 y 2 horas antes de la carrera para que el reflejo sea plenamente efectivo en el momento de la competición y se sugiere que más del 15% de los atletas con LM por encima de T6 se han inducido voluntariamente una DA en alguna ocasión, para mejorar el rendimiento atlético (Bhambhani *et al.*, 2010).

Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, existen riesgos muy relevantes para la salud asociados a la práctica del *boosting* que pueden causar graves problemas de salud, como una hemorragia intracerebral, convulsiones, infarto de miocardio, isquemia, e incluso la muerte súbita (Bloch y Basbaum, 1986), por lo que el Comité Paralímpico

Internacional (IPC) ha incluido el *boosting* en el listado de prácticas ilegales no éticas, detectándose por primera vez en los Juegos Paralímpicos de Verano de 1996. A pesar de todos los esfuerzos realizados por el IPC en la lucha contra esta práctica inmoral e ilegal, la estrategia de *boosting* sigue siendo practicada por atletas de élite, a sabiendas que puede entrañar un grave riesgo para su salud (Legg y Mason, 1997; Mills y Krassioukov, 2011).

## 8. Aspectos nutricionales

Las personas que se desplazan habitualmente en silla de ruedas tienen un GE muy inferior al del resto de la población (Conger *et al.*, 2014; Collins *et al.*, 2010) y este gasto se reduce aún más en personas con una afectación mayor, por ejemplo una LM cervical (Yamasaki *et al.*, 1992; Buchholz y Pencharz, 2004), debido a la menor cantidad de masa muscular movilizada durante la actividad diaria (Mojtahedi *et al.*, 2008; Price y Campbell, 1997) e incluso durante el reposo (Buchholz y Pencharz, 2004).

El GE debido a la práctica de EF, es el componente más variable del consumo total de energía y resulta un excelente medio para controlar el balance energético (Adams, 2002). Los requerimientos de energía de los deportistas con LM serán, en general, más reducidos que los del resto de la población que practica deporte, a la vez que sus alteraciones fisiológicas y las adaptaciones asociadas a la LM, en combinación con las exigencias físicas del entrenamiento y la competición, crean un conjunto único de desafíos nutricionales para estos deportistas (Bhambhani, 2002).

A continuación se recogen una serie de recomendaciones específicas para deportistas con LM, sobre el consumo de los nutrientes esenciales y su repercusión sobre su salud y su rendimiento deportivo.

### • Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono (o azúcares) son nutrientes indispensables que proporcionan

la energía directamente utilizable para el desarrollo de la actividad física. Son el combustible básico para actividades como la respiración, el movimiento, el pensamiento, y el mantenimiento de la temperatura corporal y deben ser el componente fundamental de la dieta. Sin embargo, la cantidad de hidratos de carbono deberá ajustarse al GE individual, ya que su exceso está relacionado con la obesidad, la diabetes (Viejo, 2011) e incluso con el desarrollo de úlceras por presión (Geraghty, 2001).

### • Proteínas

La ingesta de proteína proporciona al organismo los aminoácidos esenciales, imprescindibles para reparar o crear nuevos tejidos como el músculo, la piel, el pelo o la sangre, por lo que se hace necesario un aporte diario de proteína para hacer frente a las necesidades básicas, pero además para reparar el incremento de daño muscular (y tisular en general) que ocasiona la práctica deportiva. Los deportistas con LM deben consumir cantidades adecuadas de huevos, pescado, carne y productos lácteos para el fortalecimiento de músculos y huesos. Sin embargo, un exceso de proteína en la dieta puede ocasionar trastornos del riñón y, teniendo en cuenta que los deportistas con LM son propensos a recurrentes infecciones de orina, no resulta nada recomendable sobrepasar las cantidades diarias recomendadas (Geraghty, 2001; Viejo, 2011).

Las megadosis proteínicas tomadas habitualmente por los deportistas para enfrentarse a un entrenamiento intenso, con sesiones en las que se busca la hipertrofia muscular o el desarrollo de la fuerza máxima, podría no ser aconsejable para los deportistas con LM, debido a la sobrecarga que el procesado de la proteína supone para los riñones, que ya sufren con bastante frecuencia las complicaciones de una vejiga neurógena. Evidentemente, el deportista, junto a los profesionales que le apoyan, deberá valorar la necesidad real del aporte extra de proteína, frente al riesgo que podría ocasionar para su salud, especialmente a largo plazo.

#### • *Lípidos*

Los lípidos (o grasas) son una fuente concentrada de suministro de energía, así como de almacenamiento en forma de tejido adiposo. Si bien algunos tipos de ácidos grasos fundamentales, como el Omega 3, son necesarios y recomendables para la salud cardiovascular y el control de la producción hormonal, la presión arterial y las funciones del SNC y del sistema inmunológico, es importante destacar que la ingesta general de grasas saturadas, en especial las “trans” debe ser mínima ya que está directamente relacionada con el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Viejo, 2011).

#### • *Vitaminas y minerales*

Las vitaminas y los minerales son esenciales para la salud, pero sólo se necesitan en pequeñas cantidades. Tanto su déficit como su exceso pueden causar enfermedades (Geraghty, 2001). Las personas con LM, pueden presentar una disminución en la absorción de nutrientes, debido a problemas renales, cardiovasculares o hepáticos y además, ingerirán normalmente menor cantidad de alimentos, con el fin de equilibrar el balance energético. Por ello, suelen mostrar carencias de vitaminas y minerales, especialmente calcio, magnesio, zinc, riboflavina, ácido fólico, vitamina B12 y vitamina D (Krempien y Barr, 2011). Si además se tiene en consideración que para la prevención de las úlceras por presión se recomienda incrementar la ingesta de vitamina C y Zinc (Geraghty, 2001), y para evitar la osteoporosis y las fracturas a largo plazo se sugiere incrementar la ingesta de vitamina D, pues resulta indicado tomar complejos de vitaminas e incluso hacer revisar la dieta por un nutricionista (Viejo, 2011).

#### • *Fibra*

La fibra es la parte no digerible de los alimentos de origen vegetal que durante la digestión proporciona alimento para las bacterias que mantienen el intestino sano y ayuda a prevenir el estreñimiento. Además, absorbe agua de los

intestinos y añade volumen a las deposiciones, haciéndolas más blandas y facilitando el tránsito (Geraghty, 2001). Por el contrario, una dieta con déficit de fibra es la primera razón de estreñimiento y dificultad para defecar, muy frecuente en personas con LM (Viejo, 2011), pudiendo ocasionar disreflexia autonómica y, en el ámbito deportivo, puede complicar la organización de la rutina semanal.

#### • *Agua*

El agua es necesaria para todas las funciones corporales y se pierde constantemente con la orina y con el sudor (esto no ocurre en buena parte de las personas con LM), por lo que necesita ser reemplazada regularmente. Además, como se ha señalado anteriormente, una ingesta abundante de agua contribuye a evitar las infecciones de orina. Si además se practica EF, resulta de vital importancia asegurar el adecuado equilibrio de líquidos y electrolitos durante el entrenamiento y la competición, reintegrando en forma de fluido la posible pérdida de peso corporal. Esto es especialmente relevante cuando se practica ejercicio en condiciones de calor extremo y, como referencia general, si la pérdida de líquidos excede del 4 % al 6 % del peso corporal, la intensidad y la duración del entrenamiento deberán reducirse (Armstrong *et al.*, 1995) y en el caso de deportistas con LM se debería ser incluso más precavido.

Una costumbre muy arraigada entre los deportistas es el consumo de bebidas isotónicas durante la práctica deportiva e incluso durante el resto del día, lo cual podría resultar contraindicado para deportistas con LM, dependiendo de sus características personales. Estas bebidas contienen agua, sacarosa, fructosa, glucosa, electrolitos (fósforo, magnesio, sodio y calcio) y en ocasiones vitaminas del grupo C y E, con el fin de aportar al organismo aquello que se pierde con el sudor, durante la práctica de ejercicio intenso y que no ocurre a buena parte de las personas con LM, especialmente con lesiones altas (Krempien y Barr, 2011). El consumo de bebidas isotónicas incrementa en exceso la ingesta de sales minerales que terminan siendo expulsadas por la orina, forzando a los

riñones a un trabajo extra, por encima del que ya realizan de forma aumentada a diario.

Finalmente, debe tenerse en consideración que los deportistas con LM están obligados a buscar un equilibrio complejo en sus hábitos alimenticios, ya que si mantuvieran una ingesta similar a la de deportistas sin LM, serían conducidos al sobrepeso. Sin embargo, si consumen las calorías adecuadas a su GE, es muy probable que estén ingiriendo cantidades insuficientes de algunos nutrientes, especialmente de vitaminas.

---

### Conclusiones

En primer lugar, se confirma que existe numerosa y valiosa información sobre la interacción de la LM con la práctica regular de EF y deporte. Las referencias científicas alientan

a fomentar la práctica regular de EF entre las personas con LM, ya que resulta evidente que reduce el riesgo de sufrir desórdenes y complicaciones frecuentes, mejorando su condición física y su calidad de vida.

Destaca en particular que no existe evidencia científica que contraindique la práctica de EF para las personas con LM. Sin embargo, resulta imprescindible que los profesionales de la AFD conozcan las características particulares de las personas con LM, algunas con relevante impacto sobre la eficiencia en su entrenamiento y preparación deportiva, pero otras relacionadas directamente con su salud incluso con el riesgo de sufrir complicaciones de diversa gravedad.

Finalmente, se ha conseguido reunir y analizar suficiente información para la elaboración de un documento de referencia para deportistas con LM y especialmente para profesionales de la AFD que interactúen con personas con LM.

## Referencias bibliográficas

- Adams, G. M. (2002): *Exercise physiology: laboratory manual*, Boston: McGraw-Hill Interamericana.
- Alan, N. *et al.* (2010): "Recurrent autonomic dysreflexia exacerbates vascular dysfunction after spinal cord injury". *The Spine Journal*, 10 (12): 1108-1117.
- Albert, T., y Ravaud, J. F. (2005): "Rehabilitation of spinal cord injury in France: a nationwide multicentre study of incidence and regional disparities". *Spinal Cord*, 43 (6): 357-365.
- Armstrong L. y Maresh C. M. (1991): "The induction and decay of heat acclimatisation in trained athletes". *Sports Med*, 12: 302-312.
- Armstrong L. *et al.* (1995): "Local cooling in wheelchair athletes during exercise-heat stress". *Med Sci Sports Exerc*, 27: 211-216.
- Bach, J. R. (2006): "Prevention of respiratory complications of spinal cord injury: a challenge to "model" spinal cord injury units". *The journal of spinal cord medicine*, 29 (1): 3-4.
- Bar-On, Z. H. y Nene, A. V. (1990): "Relationship between heart rate and oxygen uptake in thoracic level paraplegics". *Spinal Cord*, 28 (2): 87-95.
- Bhambhani, Y. N. (2002): "Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury". *Sports Medicine*, 32 (1): 23-51.
- Bhambhani, Y. N. *et al.* (2010): "Boosting in athletes with high-level spinal cord injury: knowledge, incidence and attitudes of athletes in paralympic sport". *Disability and rehabilitation*, 32 (26): 2172-2190.
- Blackmer, J. (2003): "Rehabilitation medicine: 1. Autonomic dysreflexia". *Canadian Medical Association Journal*, 169 (9): 931-935.
- Bloch, R. F. y Basbaum, M. (1986): *Management of spinal cord injuries*, Baltimore: Williams & Wilkins.
- Boninger, M. L. *et al.* (1996): "Upper limb nerve entrapments in elite wheelchair racers". *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 75 (3): 170-176.
- Brenes, G. *et al.* (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.
- Brizuela, G. *et al.* (2009): "Case study: effect of handrim diameter on performance in a paralympic wheelchair athlete". *Adapt Physical Activity Quarterly*, 26 (4): 352-363.
- Brizuela, G. *et al.* (2010): "Efecto del pedaleo de brazos sobre el sistema cardiorrespiratorio de las personas con tetraplejía". *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 21 (6): 297-310.
- Bromley, I. (2006): *Tetraplegia and paraplegia: a guide for physiotherapists*, Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Brown, R. *et al.* (2006): "Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury". *Respiratory care*, 51 (8): 853-870.
- Buchholz, A. C. y Pencharz, P. B. (2004): "Energy expenditure in chronic spinal cord injury". *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 7 (6): 635-639.
- Burnham, R. S. *et al.* (1993): "Shoulder pain in wheelchair athletes: the role of muscle imbalance". *The American journal of sports medicine*, 21 (2): 238-242.
- Burnham, R. S. y 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.
- Bycroft, J. *et al.* (2005): "Autonomic dysreflexia: a medical emergency". *Postgraduate medical journal*, 81 (954): 232-235.
- Collins, E. G. *et al.* (2010): "Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury". *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (4): 691-700.

- Conger, S. A. *et al.* (2014): "Predicting energy expenditure through hand rim propulsion power output in individuals who use wheelchairs". *British journal of sports medicine*, 48 (13): 1048-1053.
- Consortium for Spinal Cord Medicine (1998): *Neurogenic bowel management in adults with spinal cord injury*, Washington: Consortium for Spinal Cord Medicine & Paralyzed Veterans of America.
- Consortium for Spinal Cord Medicine (2001): *Acute management of autonomic dysreflexia: individuals with spinal cord injury presenting to health-care facilities*, Washington: Consortium for Spinal Cord Medicine & Paralyzed Veterans of America.
- Costoso, A. T. *et al.* (2002): "Protocolo de fisioterapia respiratoria en el lesionado medular espinal". *Fisioterapia*, 24 (4): 181-189.
- Curt, A. *et al.* (1997): "Assessment of autonomic dysreflexia in patients with spinal cord injury". *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 62 (5): 473-477.
- Curtis, K. A., y Dillon, D. A. (1985): "Survey of wheelchair athletic injuries: common patterns and prevention". *Spinal Cord*, 23 (3): 170-175.
- Dallmeijer, A. J., y van der Woude, L.H.V. (2001): "Health related functional status in men with spinal cord injury: relationship with lesion level and endurance capacity". *Spinal Cord*, 39: 577-583.
- Dallmeijer, A. J. *et al.* (2004): "Submaximal physical strain and peak performance in handcycling versus handrim wheelchair propulsion". *Spinal Cord*, 42: 91-98.
- De Groot, P. C. *et al.* (2006): "Preserved cardiac function after chronic spinal cord injury". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87 (9): 1195-1200.
- Dearwater, S. R. *et al.* (1985): "Assessment of physical activity in inactive populations". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17 (6): 651-654.
- Dec, K. L. *et al.* (2000): "The physically-challenged athlete". *Sports Medicine*, 29 (4): 245-258.
- Devis-Devis, J. (2001): *La educación física, el deporte y la salud en el siglo XXI*, Alcoy: Marfil.
- Devivo, M. J. *et al.* (2001): "Overview of the national spinal cord injury statistical center database". *The journal of spinal cord medicine*, 25 (4): 335-338.
- Dryden, D. M. *et al.* (2003): "The epidemiology of traumatic spinal cord injury in Alberta, Canada". *Canadian journal of neurological sciences*, 30 (2): 113-121.
- Eklund, M. B. *et al.* (2008): "Incidence of autonomic dysreflexia and silent autonomic dysreflexia in men with spinal cord injury undergoing sperm retrieval: implications for clinical practice". *The journal of spinal cord medicine*, 31 (1): 33-39.
- Ferrara, M. S. y Davis, R. W. (1990): "Injuries to elite wheelchair athletes". *Spinal Cord*, 28 (5): 335-341.
- Figoni, S. *et al.* (2010): "Physiological responses of quadriplegic and able-bodied men during exercise at the same VO<sub>2</sub>". *Adapted Physical Activity Quarterly*, 5 (2): 130-139.
- Finley, M. A. y Rodgers, M. M. (2004): "Prevalence and identification of shoulder pathology in athletic and nonathletic wheelchair users with shoulder pain: a pilot study". *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41 (3B): 395-402.
- Fitzgerald, P. I. *et al.* (1990): "Circulatory and thermal adjustments to prolonged exercise in paraplegic women". *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (5): 629-635.
- Fullerton, H. D. *et al.* (2003): "Shoulder pain: a comparison of wheelchair athletes and nonathletic wheelchair users". *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (12): 1958-1961.
- Geraghty, T. (2001): *Handbook of Spinal Cord Injuries*, Brisbane: Princess Alexandra Hospital District Health Service.
- Giner, M. (2006): *Guía de autocuidados para lesionados medulares*, Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Sanitat.

- Goosey-Tolfrey, V. *et al.* (2008): "The effectiveness of hand cooling at reducing exercise-induced hyperthermia and improving distance-race performance in wheelchair and able-bodied athletes". *Journal of Applied Physiology*, 105 (1): 37-43.
- Haisma, J. A. *et al.* (2006): "Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature". *Spinal Cord*, 44 (11): 642-652.
- Halpern, B. *et al.* (2001): *The disabled athlete: principles and practice of primary care sports medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hartkopp, A. *et al.* (1998): "Bone fracture during electrical stimulation of the quadriceps in a spinal cord injured subject". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79 (9): 1133-1136.
- Hicks, A. L. *et al.* (2011): "The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review". *Spinal Cord*, 49 (11): 1103-1127.
- Hjeltnes, N. y Wallberg-Henriksson, H. (1998): "Improved work capacity but unchanged peak oxygen uptake during primary rehabilitation in tetraplegic patients". *Spinal Cord*, 36 (10): 691-698.
- Holme, E. *et al.* (2001): "Temperature responses to electrically induced cycling in spinal cord injured persons". *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (3): 431-435.
- Hopman, M. T. *et al.* (1993): "Volume changes in the legs of paraplegic subjects during arm exercise". *Journal of Applied Physiology*, 75 (5): 2079-2083.
- Hopman, M. T. *et al.* (1994): "Properties of the venous vascular system in the lower extremities of individuals with paraplegia". *Spinal Cord*, 32 (12): 810-816.
- Hopman, M. T. *et al.* (2002): "Increased vascular resistance in paralyzed legs after spinal cord injury is reversible by training". *Journal of applied physiology*, 93 (6): 1966-1972.
- Hutzler, Y. (1998): "Anaerobic fitness testing of wheelchair users". *Sports Medicine*, 25 (2): 101-113.
- Jacobs, P. L. y Nash, M. S. (2004): "Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury". *Sports Medicine*, 34 (11): 727-751.
- Jehl, J. L. *et al.* (1991): "Cardiac output during exercise in paraplegic subjects". *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 62 (4): 256-260.
- Jiang, S. D. *et al.* (2006): "Osteoporosis after spinal cord injury". *Osteoporosis International*, 17 (2): 180-192.
- King, M. L. *et al.* (1994): "Exertional hypotension in spinal cord injury". *CHEST Journal*, 106 (4): 1166-1171.
- Klenck, C. y Gebke, K. (2007): "Practical management: common medical problems in disabled athletes". *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17 (1): 55-60.
- Krassioukov, A. *et al.* (2003): "Autonomic dysreflexia in acute spinal cord injury: an under-recognized clinical entity". *Journal of neurotrauma*, 20 (8): 707-716.
- Krassioukov, A. (2012): "Autonomic dysreflexia: current evidence related to unstable arterial blood pressure control among athletes with spinal cord injury". *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22 (1): 39-45.
- Krempien, J. L. y Barr, S. I. (2011): "Risk of nutrient inadequacies in elite Canadian athletes with spinal cord injury". *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21 (5): 417-425.
- Krenz, N. R. *et al.* (1999): "Neutralizing intraspinal nerve growth factor blocks autonomic dysreflexia caused by spinal cord injury". *The Journal of neuroscience*, 19 (17): 7405-7414.
- Krum, H. *et al.* (1992): "Risk factors for cardiovascular disease in chronic spinal cord injury patients". *Spinal Cord*, 30 (6): 381-388.
- Lawson, J.A. (2006): *Comparative quantification of health risks. Global and regional burden*

- of disease attributable to selected major risk factors. Ottawa: Canadian Public Health Association.
- Le Foll-de Moro, D. *et al.* (2005): "Ventilation efficiency and pulmonary function after a wheelchair interval-training program in subjects with recent spinal cord injury". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86 (8): 1582-1586.
- Legg, D. y Mason, D. S. (1997): "Autonomic dysreflexia in wheelchair sport: a new game in the legal arena". *Marquette Sports Law Journal*, 8: 225-262.
- Lenton, J. P. *et al.* (2013): "Hand-rim forces and gross mechanical efficiency at various frequencies of wheelchair propulsion". *Int J Sports Med*, 34 (2): 158-164.
- Lertwanich, P. (2011): "The disabled athletes and related medical conditions". *Siriraj Medical Journal*, 61 (2): 100-103.
- Liang, H. W. *et al.* (2007): "Asymptomatic median mononeuropathy among men with chronic paraplegia". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88 (9): 1193-1197.
- Lidal, I. B. *et al.* (2007): "Mortality after spinal cord injury in Norway". *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39 (2): 145-151.
- Linn, W. S. *et al.* (2001): "Forced vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury". *Spinal Cord*, 39 (5): 263-268.
- Lizarralde E. *et al.* (2000): "Alteraciones de la termorregulación". *Emergencias*, 12: 192-207.
- Maimoun, L. *et al.* (2006): "Bone loss in spinal cord-injured patients: from physiopathology to therapy". *Spinal Cord*, 44 (4): 203-210.
- Malina, R. M. y Bouchard, C. (1991): *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign: Human Kinetics.
- Martínez S. F. *et al.* (2001): "Incontinencia urinaria: una visión desde atención primaria". *Medifam*, 11 (2): 25-40.
- Martínez, P. Y. O. y López, J. A. H. (2014): "Importancia del ejercicio físico en la capacidad pulmonar de personas con lesión medular, una propuesta pedagógica a través del medio acuático". *Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, 3 (5): 1-9.
- Martins, F. *et al.* (1998): "Spinal cord injuries Epidemiology in Portugal's central region". *Spinal Cord*, 36 (8): 574-578.
- Mills, P. B. y Krassioukov, A. (2011): "Autonomic function as a missing piece of the classification of Paralympic athletes with spinal cord injury". *Spinal Cord*, 49 (7): 768-776.
- Mojtahedi, M. C. *et al.* (2008): "The association between regional body composition and metabolic outcomes in athletes with spinal cord injury". *Spinal Cord*, 46 (3): 192-197.
- Morán de Brito, C. M. *et al.* (2005): "Effect of alendronate on bone mineral density in spinal cord injury patients: a pilot study". *Spinal Cord*, 43 (6): 341-348.
- Nash, M. S. *et al.* (1991): "Reversal of adaptive left ventricular atrophy following electrically-stimulated exercise training in human tetraplegics". *Spinal Cord*, 29 (9): 590-599.
- Nash, M. S. (2005): "Exercise as a health promoting activity following spinal cord injury". *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 29 (2): 87-103.
- Noreau, L. y Shephard, R. J. (1995): "Spinal cord injury, exercise and quality of life". *Sports Medicine*, 20 (4): 226-250.
- O'Connor, P. J. (2005): "Prevalence of spinal cord injury in Australia". *Spinal Cord*, 43 (1): 42-46.
- Ovechkin, A. *et al.* (2010): "Evaluation of respiratory muscle activation in individuals with chronic spinal cord injury". *Respiratory physiology & neurobiology*, 173 (2): 171-178.
- Price, M. J. (2006): "Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries". *Sports Medicine*, 36 (10): 863-879.
- Price, M. J. y Campbell, I. G. (1997): "Determination of peak oxygen uptake during upper body exercise". *Ergonomics*, 40 (4): 491-499.

- Price, M. J. y Campbell, I. G. (1999): "Thermoregulatory responses of spinal cord injured and able-bodied athletes to prolonged upper body exercise and recovery". *Spinal Cord*, 37 (11): 772-779.
- Quintana-Gonzales, A. *et al.* (2011): "Lesiones medulares no traumáticas: etiología, demografía y clínica". *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 28 (4): 633-638.
- Rajan, S. *et al.* (2008): "Clinical assessment and management of obesity in individuals with spinal cord injury: a review". *The journal of spinal cord medicine*, 31 (4): 361-372.
- Rimmer J. H. y Rowland J. L. (2008): "Health promotion for people with disabilities: implications for empowering the person and promoting disability-friendly environments". *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2: 409-420.
- Roth, E. J. *et al.* (2010): "Expiratory muscle training in spinal cord injury: a randomized controlled trial". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91 (6): 857-861.
- Sawka, M. N. *et al.* (1989): *Temperature regulation during upper body exercise: able bodied and spinal cord injured*, Natick, MA: Army Research Institute of Environmental Medicine.
- Sawka M. N. *et al.* (1996): "Thermoregulatory responses to acute exercise heat stress and heat acclimation", en: *Handbook of Physiology. Environmental Physiology*. Bethesda, MD: American Physiological Society.
- Schmid, A. *et al.* (2001): "Catecholamines response of high performance wheelchair athletes at rest and during exercise with autonomic dysreflexia". *International journal of sports medicine*, 22 (1): 2-7.
- Serra, M. P. (2011): *Determinación de los efectos del entrenamiento de fuerza de la cintura escapular en paraplégicos usuarios de silla de ruedas (tesis doctoral)*. Universidad de Valencia.
- Sie, I. H. *et al.* (1992): "Upper extremity pain in the postrehabilitation spinal cord injured patient". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 73 (1): 44-48.
- Slater, D. y Meade, M. A. (2004): "Participation in recreation and sports for persons with spinal cord injury: review and recommendations". *NeuroRehabilitation*, 19 (2): 121-129.
- Spooren, A. I. *et al.* (2009): "Outcome of motor training programmes on arm and hand functioning in patients with cervical spinal cord injury according to different levels of the ICF". *Journal of rehabilitation medicine*, 41 (7): 497-505.
- Stiens, S. A. *et al.* (1997): "Neurogenic bowel dysfunction after spinal cord injury: clinical evaluation and rehabilitative management". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78 (3): S86-S102.
- Stone, J. M. *et al.* (1990): "Chronic gastrointestinal problems in spinal cord injury patients: a prospective analysis". *American journal of gastroenterology*, 85 (9): 1114-1119.
- Theisen, D. (2012): "Cardiovascular determinants of exercise capacity in the paralympic athlete with spinal cord injury". *Experimental Physiology*, 97 (3): 319-324.
- Van Houtte, S. *et al.* (2006): "Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review". *Respiratory medicine*, 100 (11): 1886-1895.
- Viejo, M. P. (2011): *Estado nutricional y hábitos alimentarios en personas paraplégicas (tesis doctoral)*. Universidad de Fasta, Argentina.
- Villanueva, M. J. (2008): *Capacidad aeróbica, calidad de vida e integración social del lesionado medular: relevancia de la práctica deportiva (tesis doctoral)*. Universidad de Oviedo.
- Washburn, R. A. y Figoni, S. F. (1999): "High density lipoprotein cholesterol in individuals with spinal cord injury: the potential role of physical activity". *Spinal Cord*, 37 (10): 685-695.
- Wheeler, G. *et al.* (1994): "Testosterone, cortisol and catecholamine responses to exercise stress and autonomic dysreflexia in elite quadriplegic athletes". *Spinal Cord*, 32 (5): 292-299.

- Wilson, P. E. y Washington, R. L. (1993): "Pediatric wheelchair athletics: sports injuries and prevention". *Spinal Cord*, 31 (5): 330-337.
- Winslow, C. y Rozovsky, J. (2003): "Effect of spinal cord injury on the respiratory system". *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 82 (10): 803-814.
- Wyndaele, M. y Wyndaele, J. J. (2006): "Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey?". *Spinal Cord*, 44 (9): 523-529.
- Yamasaki, M. *et al.* (1992): "Daily energy expenditure in active and inactive persons with spinal cord injury". *Journal of human ergology*, 21 (2): 125-133.