

**Palabras clave**

discapacitado, parapléjico, entrenamiento, condición física, actividad física

# Influencia de la práctica de actividad física en los aspectos físicos del parapléjico sedentario

**Gonzalo Cuadrado Sáenz**

Director del INCAFD de León

**Nuria Mendoza Laiz**

Profesora en la Facultad de Ciencias del Deporte de Castilla-La Mancha

**Rafael Pérez Redondo**

Profesor del INCAFD de León

## Abstract

*Most studies estimate that between 10 and 15% of the Spanish population have some handicap. In Spain, about 480.000 people under 65 years of age, show some type of handicap and the latest statistics show that there are 110.000 people under the age of 65 who use wheel chairs, of whom only 2.400 possess a federated licence of the Spanish federation of sport for the physically handicapped, i.e. 22%. If we look both at the extremely high number of spiral injuries and the daily ever increasing numbers, we believe in the absolute necessity that this group should learn to strengthen to the maximum those parts of the body that have not suffered any damage, and also those parts that may be restored to a greater or lesser extent. In this study, we have tried to reach the following objective: To determine the influence that aerobic physical exercise has on the physical condition of people affected by a spinal injury. We noticed how the programme, fundamentally aimed at improving the endurance of the group of sedentary subjects, achieved significant improvements, both in the factors associated with endurance –sub maxim heart rate, increasing maximum speed, and explosive force. To sum up, after the study, the programme of physical training undertaken, improves physical performance and, as a result, the level of physical condition of the group of spirally injured, and the level of physical condition of the group of paraplegic sportspeople, is much higher than that found in sedentary paraplegics, as was to be expected.*

## Key words

*handicapped, paraplegic, training, physical condition, physical activity.*

## Resumen

La mayor parte de los estudios estiman que entre el 10 y el 15 % de la población española presenta alguna discapacidad. En España aproximadamente 480.000 personas menores de 65 años presentan algún tipo de discapacidad y en los últimos datos estadísticos recogidos reflejan que existen 110.000 personas menores de 65 años usuarias de silla de ruedas, de los que solo 2.400 poseen licencia federativa en la federación española de deportes para minusválidos físicos, es decir un 2,2 %.

Si observamos tanto el número sumamente elevado de lesionados medulares como su creciente aumento día tras día, se crea la imperiosa necesidad de que este colectivo aprenda a potenciar al máximo aquellas partes de su cuerpo que no han sufrido alteración alguna, así como aquellas otras que pueden ser rehabilitadas en mayor o menor grado.

En este estudio nos hemos marcado el siguiente objetivo:

- Determinar la influencia que el ejercicio físico aeróbico tiene sobre la condición física de las personas afectadas a la lesión medular.

Se observó como el programa, fundamentalmente destinado a la mejora de la resistencia del grupo de sujetos sedentarios, logró mejoras significativas tanto en los factores vinculados con la resistencia –frecuencia cardiaca submáxima ( $fc_{sub}$ ), velocidad incremental máxima ( $vi_{max}$ )– como con la fuerza explosiva ( $di_{max}$ )–.

Concluyendo, tras el estudio, que el programa de entrenamiento físico realizado mejora el rendimiento físico y consecuentemente el nivel de condición física del grupo de lesionados medulares estudiados y el nivel de condición física del grupo de parapléjicos deportistas, es muy superior al encontrado entre los parapléjicos sedentarios, como era de esperar.

## Introducción

La mayor parte de los estudios estiman que entre el 10 y el 15 % de la población española presenta alguna discapacidad. En España aproximadamente 480.000 personas menores de 65 años presentan algún tipo de discapacidad y en los últimos datos estadísticos recogidos reflejan que existen 110.000 personas menores de 65 años usuarias de silla de ruedas, de los que solo 2.400 poseen licencia federativa en la federación española de deportes para minusválidos físicos, es decir un 2,2 %.

Por lo que respecta al futuro, cabe hablar de un previsible crecimiento del número de discapacitados físicos, en especial como consecuencia de accidentes de tráfico.

Si observamos tanto el número sumamente elevado de lesionados medulares como su creciente aumento día tras día, se crea la imperiosa necesidad de que este colectivo aprenda a potenciar al máximo aquellas partes de su cuerpo que no han sufrido alteración alguna, así como aquellas otras que pueden ser rehabilitadas en mayor o menor grado. Las personas afectadas con una paraplejía dependen de la parte superior de su cuerpo para poder realizar la mayor parte de las actividades diarias. Su reducida movilidad les proporciona un bajo nivel de condición física lo que incrementa el riesgo de padecer, entre otras cosas, deficiencias cardiovasculares, músculo-esqueléticas y obesidad.

Esta realidad hace que la mejora del nivel de condición física de los parapléjicos sedentarios, a través de la práctica de actividad física, les ayude a conseguir una mayor independencia en todas sus tareas cotidianas y en definitiva una mejora en su calidad de vida. Después de haber realizado la revisión bibliográfica pertinente, hemos de resaltar la escasez de trabajos publicados sobre la población objeto de nuestro estudio, fundamentalmente cuando esta ha abandonado el centro hospitalario donde ha sido tratado. A nivel Nacional encontramos investigacio-

nes que examinaban el impacto de la actividad física o el deporte en el proceso de socialización de la persona con discapacidad reportándole muchos beneficios psicológicos y sociales. En el nivel Internacional estudios comparativos entre deportistas discapacitados y deportistas no discapacitados pero muy pocos que hicieran referencia a la condición física de los parapléjicos sedentarios de avanzada edad antes.

## Objetivo

Por lo tanto, con esta base nos hemos marcado el siguiente objetivo:

- Determinar la influencia que el ejercicio físico aeróbico tiene sobre la condición física de las personas afectadas a la lesión medular

## Método

### Muestra

Para realizar el presente trabajo hemos utilizado dos grupos de personas.

1. El grupo de las personas sedentarias de nuestro estudio estuvo formado por 15 personas ( $35,8 \pm 7$  años) los cuales debían tener una lesión medular a nivel dorsal o lumbar, una paraplejía o paraparexia, sin problemas asociados y sin sufrir un tratamiento farmacológico demasiado severo que modificara los cambios producidos en su condición física debido a los efectos secundarios que pudiesen aparecer. No debían realizar ningún tipo de actividad física.
2. El grupo de parapléjicos deportistas estuvo formado por 12 deportistas ( $30,6 \pm 4$  años) con una lesión medular a nivel D6-D12 los cuales entrenan unos 8 meses al año y llevan realizando actividad física regular una media de 6,3 años. no mostró tantos problemas, ya que al realizar actividad física regularmente.

## Procedimiento

La muestra del colectivo de usuarios de silla de ruedas procede del CAMF de Alcuéscar (Cáceres). El objetivo del centro es ofrecer y obtener una mejor y mayor calidad de vida y bienestar social para el residente.

Un problema que existe en el mundo de la actividad física adaptada es la escasez de

instrumentos de medición y control específicos estandarizados y útiles y sobretodo en la aplicación técnica cotidiana del profesional. Ante esta realidad se estudio la fiabilidad de un test incremental de la velocidad de desplazamiento de usuarios en silla de ruedas y una prueba de desplazamiento horizontal tras un impulso.

Test incremental de la velocidad de desplazamiento: TEST-POSTEST. Es un test físico incremental máximo progresivo y continuo. El sujeto se desplaza con una silla de ruedas mediante impulsos regulares de sus miembros superiores (Faber Light, 930 base) provista de un velocímetro adaptado y calibrado a la circunferencia de las ruedas, realizado sobre una pista de atletismo sintética de 400 metros. La velocidad de desplazamiento inicial fue de 1km/h, incrementándose 1km/h cada 200 metros hasta que el sujeto no pudiera mantener la velocidad predeterminada para el tramo que estuviera recorriendo. Se registró continuamente la Frecuencia cardiaca (Fc) cada 5 segundos mediante un cardiotacómetro y se relacionó la velocidad media de cada tramo de 200 metros con la última Fc correspondiente a cada tramo.

La prueba de velocidad incremental se aplicó en tres ocasiones antes de la aplicación del programa de ejercicio con los propósitos de estudiar la reproductibilidad de la prueba y controlar el posible fenómeno de aprendizaje de los sujetos. Entre la aplicación de dos administraciones mediaron al menos 72 horas para evitar que la fatiga influyera. Se aplico una significación media de 0,05. Prueba de desplazamiento horizontal tras un impulso: consiste en obtener la mayor distancia en un impulso que realizan desde la silla de ruedas en parado y en una superficie lisa. Se coloca el sujeto en la silla en una posición estática y se le fija la espalda al respaldo de la silla para que los músculos abdominales no intervengan en el esfuerzo. Se tomó el mejor de tres impulsos. Se realiza al principio del periodo de entrenamiento y al finalizar los dos meses de entrenamiento.

## Programa de entrenamiento

Planteamos un periodo de entrenamiento de dos meses para comparar con otros estudios que aparecen en la literatura científica (Platonov, 1990; García Manso, 1996).

Dos de los parámetros más usados y más aceptados para el control del entrenamiento

Figura 1.  
Sujeto 4.

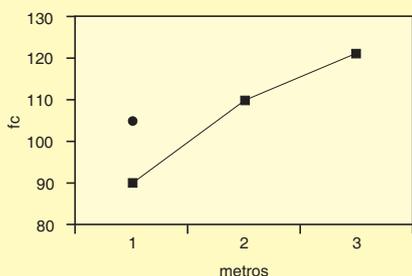
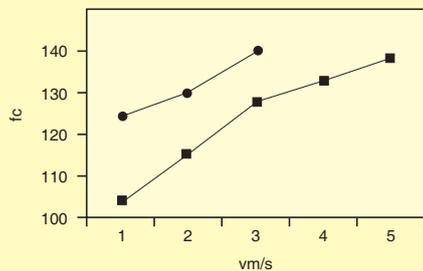


Figura 2.  
Sujeto 9.



son el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca. El primer parámetro es más válido pero requiere una serie de condiciones que dificultan su uso generalizado. La Fc es un buen parámetro por su fácil aplicación y su alta correlación lineal con el consumo de oxígeno en pruebas de esfuerzo incrementales tanto en personas normales como en parapléjicos (Ogata, 1994).

El control de la intensidad del ejercicio físico mediante la Fc se puede expresar porcentualmente respecto a la frecuencia cardíaca máxima ( $F_{c_{max}}$ ) o a la frecuencia cardíaca de reserva máxima ( $F_{CR_{max}}$ ) (índice de Karvonen). El American College Sport Medicine recomienda el uso de  $F_{CR_{max}}$  para la prescripción individualizada del ejercicio.

$$\% F_{CR_{max}} = 100 \times (FC - F_{c_{reposito}}) / (F_{c_{max}} - F_{c_{reposito}})$$

Otra forma habitual de controlar la intensidad del ejercicio es la medición de la velocidad de desplazamiento, como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo. En usuarios de silla de ruedas es fácil medir la V de desplazamiento mediante un velocímetro instalado y calibrado en una de las ruedas.

El programa de entrenamiento consistía en cinco días semanales de entrenamiento mixto en una silla de ruedas: dos días de entrenamiento interválico consistente en 8 repeticiones de 50 sg al 85 %-90 % de la  $F_{CR_{max}}$ , descansando hasta descender al 70 % de la  $F_{CR_{max}}$  y tres días de entrenamiento extensivo de 2 repeticiones de 20 mn al 75-80 % con una pausa intermedia hasta descender al 70 % de la  $F_{CR_{max}}$ .

### Tratamiento de los datos

Programa estadístico SPSS PARA windows (6.1).

Fiabilidad del test-retest intraobservador: error metódico (1-2, 2-3), coeficiente de variación asociado al error metódico, coeficiente de correlación intraclase (ICC).

Análisis descriptivo de los datos, aplicación de las pruebas t de student, prueba de Kendall, pruebas t para muestras independientes.

### Resultados

Se observó como el programa, fundamentalmente destinado a la mejora de la resistencia del grupo de sujetos sedentarios, logró mejoras significativas tanto en los factores vinculados con la resistencia ( $f_{c_{sub}}$ ,  $v_{i_{max}}$ ) como con la fuerza explosiva ( $d_{i_{max}}$ ). Los datos revelaron un aumento en un 54 % de la  $V_{i_{max}}$ , un descenso de un 23 % de la  $F_{c_{max}}$  para efectuar un mismo esfuerzo absoluto, un descenso de la  $F_{c_{reposito}}$  y un incremento de un 12,8 % en la fuerza explosiva.

En el estudio individualizado, destacar la mejora del sujeto sedentario 4 ya que la mejora en la distancia recorrida es de un 300 % de la prueba inicial a la prueba final del test de velocidad incremental. Este sujeto logra un gran incremento de la distancia con una frecuencia cardíaca máxima cercana a la conseguida en el test inicial, logrando un gran aumento de su autonomía y mayores posibilidades en sus actividades diarias. (Fig. 1)

Siguiendo con el estudio individualizado, la mejora del sujeto sedentario 9 en la distancia recorrida es de un 66 % de la prueba inicial a la prueba final del test de velocidad incremental. Este sujeto logra una mayor distancia a una mayor intensidad de trabajo manteniendo la misma frecuencia cardíaca máxima. (Fig. 2)

Comparados los resultados obtenidos entre los sujetos sedentarios no entrenados, los

sedentarios entrenados y los jugadores de baloncesto se puede observar en la figura 3 cómo han variado las medias de la velocidad incremental máxima en el test de velocidad incremental.

En la figura 4 también se observan diferencias en las distancias medias obtenidas en el test de velocidad incremental.

En la figura 5 encontramos los resultados en las distancias medias obtenidas en la prueba de desplazamiento horizontal tras un impulso.

### Discusión

#### Características de la muestra

La distribución porcentual en función del sexo de la muestra estudiada (82 % hombres y 18 % mujeres) es similar a la detectada en la población de lesionados medulares estadounidense por Triechmann (1988) y la española por el Centro de Paraplégicos de Toledo. Asimismo, las dificultades, y en ocasiones la imposibilidad, de efectuar al menos dos tramos de 200 metros en el test de velocidad incremental, indicó el bajo nivel de condición física inicial en los sujetos estudiados característico de las personas inactivas y dependientes de una silla de ruedas (Shephard y Davis, 1987, 1988; Davis, 1993). Este nivel bajo de condición física se manifiesta particularmente en personas con lesiones medulares severas o superiores a T3 (Kofsky, 1983; Davis, 1993)

#### Aplicabilidad de la prueba de velocidad incremental

La frecuencia cardíaca máxima obtenida en las pruebas incrementales depende del tipo de acción motora desarrollada (caminar, correr, pedalear, etc.) dado que cada una se caracteriza por implicar diferentes cantidades de masa muscular, posturas corporales, etc. (Magel y cols., 1975; McArdle y cols., 1978 y Vander y cols., 1984, citados por McArdle, 1990). Así, dado que los resultados han mostrado una excelente reproducibilidad de la prueba para estimar la frecuencia cardíaca máxima y la velocidad incremental máxima, esta prueba puede ser útil para determinar dicha  $F_{c_{max}}$  y orientar los programas de entrenamiento. En este sentido, el programa de entrenamiento aplicado ha sido efectivo empleando dicha  $F_{c_{max}}$  como variable en la prescripción del ejercicio físico.

Por otro lado, la aplicación de la prueba requirió material fácilmente accesible, y la metodología pudo aplicarse sin problemas en la población de usuarios de silla de ruedas altamente sedentarios.

Sin embargo, el protocolo aplicado en los sujetos estudiados no permitió obtener un número suficiente de datos, es decir de tramos de 200 metros, para poder estudiar el posible punto de inflexión de la relación entre la velocidad incremental y la frecuencia cardíaca. Paralelamente, tras observar el bajo grado inicial de condición física que implicó la ejecución de los diferentes tramos en períodos de tiempo que oscilaron entre los 12 y los 2,4 minutos, trabajo claramente de resistencia, se plantea la posibilidad de adaptar el protocolo con tramos más cortos, por ejemplo de 100 metros dado que el doceavo tramo se efectuaría a una velocidad de 12 km/h requiriendo, por tanto, de 30 segundos. Este último período de tiempo de 30 segundos permitiría la adaptación de la frecuencia cardíaca al esfuerzo implicado en dicho tramo. De todas maneras, en sujetos con una mayor condición física se precisaría de los tramos utilizados dado que son capaces de adquirir velocidades incrementales superiores.

### Efectos del entrenamiento físico

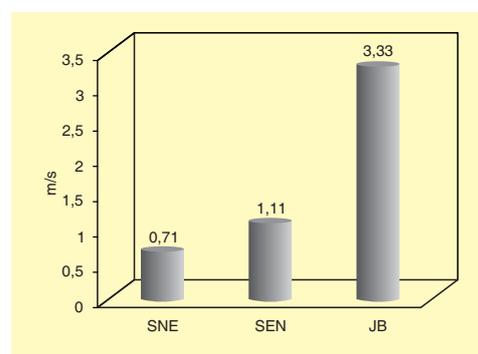
Es conveniente resaltar que no se registraron modificaciones en el tratamiento farmacológico de ninguno de los voluntarios durante el desarrollo del estudio. Por otro lado, se constató la aplicación del principio de unidad funcional y el de multilateralidad del entrenamiento. Así, se observó como el entrenamiento físico no sólo indujo respuestas en la condición física sino también en aspectos psico-sociales, tema que se estudió en otra investigación.

En relación con los principios del entrenamiento de multilateralidad y unidad funcional, se observó como el programa fundamentalmente destinado a la mejora de la resistencia logró mejoras significativas tanto en los factores vinculados con la resistencia ( $F_{C_{sub}}$  y  $V_{i_{max}}$ ) como con la fuerza explosiva ( $DI_{max}$ ). En este sentido, Gerasimov (1973) también observó aumentos de la fuerza entre el 20 al 50 % tras 15 a 32 días de entrenamiento de resistencia. Asimismo el mismo autor detectó como entrenamientos de resistencia habían incrementado la

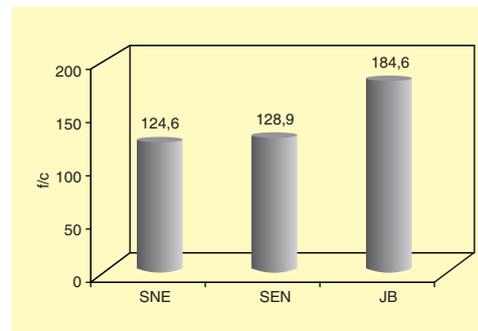
velocidad de los sujetos entrenados entre un 15 y un 40 %. Nilson y cols. (1975) obtuvo mejoras del 18 % de la fuerza medida como repeticiones de press de banca y un 80 % de la resistencia dinámica tras 7 semanas de entrenamiento de resistencia en parapléjicos. Adicionalmente, la mejora tras un período de entrenamiento fundamentalmente de resistencia de diferentes cualidades físicas (resistencia, fuerza resistencia abdominal, fuerza explosiva y velocidad) en personas con un nivel de condición física inicial bajo ha sido descrita por diferentes autores (Bell, 1988; Nelson, 1990; Sale, 1990; Platonov, 1994; Rodríguez y cols., 1995). Coherentemente, las personas estudiadas en esta investigación que partían con un nivel de condición física inferior fueron las que obtuvieron mayores incrementos porcentuales tanto en resistencia como en fuerza. Por ejemplo, en el test de velocidad incremental, los sujetos que partían con un nivel menor (4 y 9) llegaron a mejorar hasta un 207 % su velocidad incremental (VI) respecto a los valores iniciales, en cambio los sujetos con un nivel inicial mayor (3 y 5) mejoraron un 46 %. Esta manera de mejorar simultáneamente la fuerza y la resistencia del tronco y los miembros superiores es de vital importancia para las personas dependientes de una silla de ruedas y así poder superar las dificultades y limitaciones de la vida diaria incidiendo, por tanto, en su calidad de vida. La mayoría de las actividades cotidianas representan un esfuerzo submáximo para las personas que las ejecutan, y la capacidad de efectuarlas con la mayor facilidad posible y que supongan un esfuerzo porcentual menor realizarlas se asocia con un incremento de la salud o calidad de vida de las personas. En este sentido, Dallmeijer y cols., 1996, relacionaron el nivel de esfuerzo requerido para realizar determinadas tareas cotidianas estandarizadas de un grupo de tetrapléjicos mediante la medición de la frecuencia cardíaca, con su nivel de condición física evaluado mediante el pico del consumo de oxígeno y la fuerza isométrica máxima. Observaron como un nivel de capacidad física más elevado en tetrapléjicos se relaciona con una mayor facilidad física de éstos para realizar las tareas cotidianas dado que éstas comportan un estrés menor –“physical strain”– (Dallmeijer y cols., 1996).

En nuestro estudio, tras el período de entrenamiento, los sujetos estudiados mostraron un descenso del 8,6 % de la frecuencia cardíaca para desarrollar un esfuerzo absoluto similar de carácter submáximo, una determinada velocidad de desplazamiento, lo cual implica un esfuerzo cardíaco menor para una misma actividad. De hecho, este decremento significativo estadísticamente expresado en %  $F_{C_{max}}$  fue del 23 % coherente con las ob-

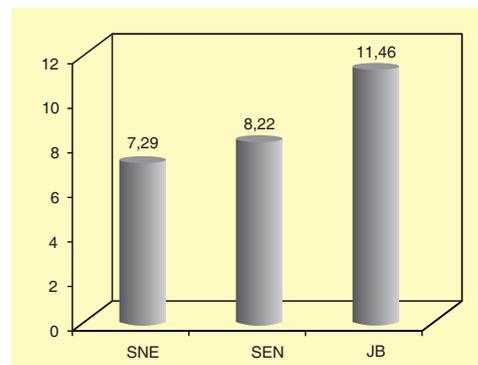
**Figura 3.** Medias de la velocidad incremental máxima en el test de velocidad incremental.



**Figura 4.**  $F_{C_{max}}$



**Figura 5.**



servaciones de McArdle (1990). Si bien es conveniente ser cauto y considerar que la frecuencia cardíaca correspondiente a un determinado esfuerzo submáximo puede variar unos 35 latidos por minuto en personas normales no usuarias de silla de ruedas (McArdle y cols., 1990), en nuestro estudio la frecuencia cardíaca submáxima mostró un índice de reproducibilidad excelente entre las tres mediciones ( $ICC = 0,96$ ).

Asimismo, parte de este descenso puede atribuirse a la menor pendiente de la recta que relaciona la frecuencia cardíaca con el incremento de la carga en cargas próximas al máximo tanto expresadas como velocidades cercanas al máximo (Conconi y cols., 1982; Gusi, 1994; López y cols., 1995) o potencias de trabajo –watts– (H. Wahlund, 1948; Hoffmann y cols., 1994). De todas maneras, el descenso pudo observarse en todos los análisis gráficos individuales y el análisis conjunto de la muestra indicó que fue significativo estadísticamente y relevante desde las perspectivas del control del entrenamiento y, sobretudo, de la calidad de vida del individuo.

Adicionalmente, se observó un descenso significativo de la Frecuencia Cardíaca de reposo tras el entrenamiento. Este descenso y la mejora de la economía del sistema cardiovascular es característico a partir de las 4-6 semanas de entrenamiento fundamentalmente aeróbico en sedentarios (Hollman y Hettinger, 1980; Brown, 1972) que es asociado con una modificación del equilibrio entre la actividad tónica del acelerador simpático y las neuronas depresoras parasimpáticas a favor de un mayor dominio vagal (McArdle y cols., 1990; p. 285). Asimismo, Davis y cols. (1991), tras entrenar a 24 parapléjicos inactivos durante 24 semanas, asociaron incrementos de la resistencia con aumentos del volumen cardíaco.

Paralelamente, la capacidad de esfuerzo máximo, evaluada como velocidad incremental máxima de desplazamiento, aumentó un 54,4 % con el entrenamiento programado. Siendo ilustrativo que uno de los sujetos fuera incapaz de desplazarse 200 metros a la mínima velocidad antes del programa de entrenamiento y, que posteriormente pudiera desplazarse 600 metros con intensidades mayores y, por tanto, retrasar la aparición de la fatiga. Es decir, logró una mayor autonomía con las implicaciones bio-psico-sociales que implica. Por lo tanto, el entrenamiento fue útil para aumentar la

capacidad de esfuerzo de los lesionados medulares estudiados y permitió una mejora de la calidad de vida.

Fitzgerald (1990) describió que los hombres parapléjicos entrenados son capaces de hacer esfuerzos continuos durante más de 20 minutos dado que obtienen su estado de equilibrio o estacionario (“steady-state”), las mujeres mostraban un descenso brusco. Los hombres estudiados en nuestro estudio tardaron 6 semanas en ser capaces de realizar esfuerzos continuos durante 20 minutos, y las mujeres incrementaron su capacidad de esfuerzo pero no pudieron conseguirlo durante el proceso de entrenamiento de dos meses. McArdle y cols. (1990) indican que el cansancio producido por un esfuerzo con potencias submáximas similares realizado por los miembros superiores es mayor al efectuado por las piernas. Dichos autores asocian dicha observación con la dificultad de realizar grandes volúmenes de trabajo tanto en el trabajo extensivo como en el intensivo.

El control indirecto de los efectos del entrenamiento sobre el impulso mecánico y la fuerza explosiva de los sujetos sobre la silla de ruedas mediante la medición de la distancia de desplazamiento indicó un aumento significativo del 12,8 %. Por un lado, este aumento pudo haber contribuido parcialmente al incremento de la velocidad incremental máxima dado que el sujeto era capaz de recorrer más espacio con una misma frecuencia de movimientos. De hecho, la prueba de Kendall indicó la concordancia entre aquellos sujetos que habían incrementado más la  $DI_{max}$  con los que aumentaron más su  $Vi_{max}$  y disminuyeron su  $FC_{sub}$ . En este sentido, Davis y cols. (1984) observaron mejoras tanto en la fuerza como en la resistencia de 11 parapléjicos tras un entrenamiento fundamentalmente de fuerza isométrica durante 8 semanas.

Por el otro, pudo contribuir al menor esfuerzo porcentual ( $FC_{sub}$ ) requerido en una determinada velocidad dado que el porcentaje de fuerza máxima aplicada en un esfuerzo puede condicionar el porcentaje de implicación de cada una de las diferentes vías energéticas, así un esfuerzo que requiera de un porcentaje menor de la fuerza máxima es más susceptible de emplear un porcentaje mayor de energía por la vía aeróbica pudiendo retrasar su fatiga (Ehlenz y cols., 1990, p. 66). Si bien la prueba de concordancia de Kendall no descarta esta hipótesis, el análisis

estadístico mediante regresión lineal no la confirmó.

Según Ehlenz y cols., “para cargas inferiores al 20 % de la capacidad máxima de fuerza, no tiene efecto una mejora de la fuerza resistencia basada en el entrenamiento de fuerza máxima, debido a que la fuente energética es aeróbica”. En cambio, la fuerza explosiva depende fundamentalmente de la fuerza máxima (Schmidtbleicher, 1980) y la velocidad máxima de contracción. En este sentido, la fuerza explosiva precisa de fibras de contracción rápida y vías energéticas predominantes distintas a las requeridas para la fuerza resistencia que emplea prioritariamente otras fibras musculares (Ehlenz y cols., 1990). Así, es coherente que la relación entre el aumento de la expresión indirecta de la fuerza explosiva con la velocidad incremental máxima, dependiente en parte de la fuerza resistencia –200 metros cada tramo–, no sea lineal.

En conjunto, parte del descenso de la  $FC_{sub}$  y los aumentos de la  $Vi_{max}$  y  $DI_{max}$  podrían relacionarse con una mejora de la técnica y la fuerza de propulsión para así recorrer más distancia en cada impulso. De hecho, programas de entrenamiento de 2 meses de duración han supuesto mejoras en la eficacia de movimiento y economía de carrera, en la eficacia de la técnica de manejo de la silla y, en consecuencia incrementos en la distancia y la velocidad de traslación con un mismo esfuerzo (Coley, 1981; Legros, 1992). Si bien los sujetos estudiados están habituados a desplazarse normalmente en silla de ruedas en velocidades bajas, éstos no están acostumbrados a desplazarse a las velocidades requeridas en el programa de entrenamiento y de valoración. Desde la perspectiva biomecánica, los sujetos con más años de entrenamiento físico y técnico muestran mayores desplazamientos por impulso de la silla de ruedas (Gossey y cols., 1997). Desde la perspectiva fisiológica, algunas personas son capaces de obtener altos consumos de oxígeno pero sólo son capaces de empujar en velocidades bajas (Campbell, 1992). Asimismo, al incrementar la velocidad de traslación disminuye la relevancia del peso desplazado y aumenta la de la velocidad de la muñeca y la técnica (O'Connor y Roberston, 1998), probablemente debido a la inercia adquirida sobre un artefacto con ruedas que no implica grandes desplazamientos verticales del centro de gravedad.

## Conclusiones

El programa de entrenamiento físico realizado mejora el rendimiento físico y consecuentemente el nivel de condición física del grupo de lesionados medulares estudiados.

El nivel de condición física del grupo de parapléjicos deportistas, es muy superior al encontrado entre los parapléjicos sedentarios, como era de esperar.

## Bibliografía

- Bell, G.; Petersen, S.; Quinney, H. y Wenger, H.: "Sequencing of endurance and high velocity strength training. Can.", *Journal Sport Science*, 13 (4)(1988), pp. 214-219.
- Brown, C.: "The effects of cross-country running on preadolescents girls. Med.", *Science in Sports*, 4 (1972), pp. 1-5.
- Campbell, E. y Graham, J.: "Precompetition anxiety and self confidence in wheelchair sport participants", *Adapted Physical Activity Quarterly*, 14 (1992), pp. 95-107.
- Coley, D.; Krahehubl, G. y Burkett, L.: "Changes in running economy relative to VO2 max. During a cross-country season", *Journal Sport Medicine Fitness*, 24 (1981), pp. 321-326.
- Conconi, F.; Ferrari; Ziglio; Drogehetti y Codeca: "Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners", *J. Appl. Physio*, 52 (1982), pp. 869-873.
- Dallmeijer, A.; Hopman, M. y Van Der Woude, L.: "Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia: the role of sport activity", *Spinal cord*, 34 (12) (1996), pp. 729-735.
- Davis, G.: "Exercise capacity of individuals with paraplegia", *Medicine and science in sports and exercise* (Indianapolis), 25 (4) (1993), Apr, pp. 423-432.
- Davis, G.; Shephard, R. y Ward, G.: "Alterations of dynamic strength following forearm crank training of disabled subjects", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16 (1984), p. 147.
- Davis, G.; Plyley, J. y Shephard, R.: "Gains of cardiorespiratory fitness with arm-crank training in spinally disabled men", *Canadian journal of sport sciences*, 116 (1991), 1, pp. 64-72.
- Ehlenz, H.; Grosser, M. y Zimmermann, E.: *Entrenamiento de la fuerza*, Barcelona: Ed. Martínez Roca, 1990.
- Fitzgerald, M.: "Considerations when adapting fitness equipment for persons in wheelchair", *Pa-laestra* 12 (4) (1990), pp. 20-22.
- García Manso, J.; Navarro Valdivieso, M.; Ruiz Caballero, J.: *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*, Madrid: Ed. Gymnos, 1996.
- Gerasimov, G.: "Problemas biomecánicos de la técnica deportiva", *Kultura Fizyeczna*, 1973, (Citado por Nome ssusi, Mihaly).
- Gossey, V. y Campbell, I.: "A Kinematic analysis of wheelchair propulsion techniques in senior male, senior female, and junior male athletes", *Adapted Physical activity quarterly*, 14 (1997), pp. 156-165.
- Gusi, N.: *Análisis secuencial de las adaptaciones fisiológicas al esfuerzo con el entrenamiento y su aplicación práctica*, Barcelona: Publicaciones Universitat de Barcelona, 1994.
- Guttmann, L.: *Spinal Cord Injuries: Comprehensive Management and Research*, Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd Osney Mead, 1973.
- Hoffmann, P.; Pokan, R. y Preidler, K.: "Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function", *Int J. Sports Med* 15 (1994), pp. 232-237.
- Hollmann, W. y Hettinger, T.: *Sportmedizin-Arbeits-und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart-New York: Schattauer-Verlag, 1980.
- Hollmann, W.; Hettinger: *Sportmedizin- Arbeits-und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart: 2ª ed., 1980.
- Kofsky, P.; Davis, G. y Shephard, R.: "Muscle strength and aerobic power of the lower limb disabled", *Annali del ISEF*, 2 (1983), pp. 201-208.
- Legros, P.; Briswalter, J. y Joussetin, E.: "Variation du cout energetique de la course en fonction de leutrainement: evolution sur 7 anes pour un coureur de longues distances", *Sciences de Sport*, 7 (1992), pp. 35-36.
- López, J. A.; García, B.; Fernández, A. y Chavarren, J.: "Validez y fiabilidad del umbral de frecuencia cardíaca como índice de condición física aeróbica", *Archivos Medicina Deporte*, 12 (1995) (50), pp. 435-444.
- McArdel, W.; Katch, F. y Katch, V.: *Fisiología del ejercicio*, Madrid: Ed. Alianza Deporte, 1990.
- Nelson, C.: *An investigation of the relationships between the real self concept: Ideal self concept and motor ability of eighth grade girls in physical education*, Tesis Doctoral, University of North Carolina, 1990.
- Nilson, S.; Staff, P. y Pruett, E.: "Physical work capacity and the effect of training on subjects with longstanding paraplegia", *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7 (1975), pp. 51-56.
- O'Connor, T. y Roberston, R.: "Three dimensional Kinematic analysis and physiologic assessment of racing wheelchair propulsion", *Adapted physical activity quarterly* 15, pp. 1-14, 1998.
- Ogata, H.: "A review of wheelchair marathon and tennis", *J. Voeh*, 16 (3)(1994), pp. 201-217.
- Platonov, V.: *La adaptación en el deporte*, Barcelona: Ed. Paidotribo, 1990.
- Platonov, V. y Bulatova, M.: *La preparación física*, Barcelona: Ed. Paidotribo, 1994.
- Rodríguez, C.: *Actividad física, condición física y salud en las poblaciones adultas*, Proyecto AFISAC, Fundación Barcelona Olímpica: estudios becados por la Fundación Olímpica, FBO, Barcelona, 1995.
- Sale, D.; Jacobs, Y. y MacDougall, J.: "Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training", *Medicine and Science in sports and exercise*, 22 (3) (1990), pp. 348-356.
- Schmidtleicher, D.: "Maximalkraft und bewegungsschnelligkeit", *Bad Homburg* (Citado por Ehlenz y cols., 1990), 1980.
- Shephard, R. y Davis, G.: "Cardiac effects of short term arm crank training in paraplegics: echocardiographic evidence", *European Journal of Applied Physiology*, 56 (1987), pp. 90-96.
- Shephard, R. y Davis, G.: "Cardiorespiratory fitness in highly active versus inactive paraplegics", *Med. Sci. Sports Exerc*, 20 (1988), pp. 463-468.
- Trieschmann, R. B.: "The Psychological aspects of Spinal cord injury", en C. J. Golden (ed.), *Current Topics in Rehabilitation Psychology*, USA: Ed. Grune & Stratton, 1984.
- Trieschmann, R. B.: *Spinal cord injuries: Psychological. social and vocational rehabilitation*, New York: Ed. Demos, 1988.
- Wahlund, H.: "Determination of the physical working capacity", *Acta Med Scand*, 215 (1948), pp. 1-78.
- Zintl, F.: *Entrenamiento de la resistencia: fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*, Barcelona: Martínez Roca, 1991.