

Jiménez, B.; Martín, J.; Abadía, O. y Herrero, J.A. (2007) Entrenamiento de fuerza del miembro superior en usuarios de silla de ruedas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 7 (27) pp. 232-240 [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista27/artfuerza57.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista27/artfuerza57.htm)

ENTRENAMIENTO DE FUERZA DEL MIEMBRO SUPERIOR EN USUARIOS DE SILLA DE RUEDAS

RESISTANCE TRAINING PROGRAM OF THE UPPER EXTREMITY IN MANUAL WHEELCHAIR USERS

Jiménez, B.*; Martín, J.; Abadía, O. y Herrero, J.A.

Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

*E-mail: bea_jimenezg@hotmail.com

Código UNESCO 2411

Recibido 7 mayo 2007

Aceptado junio 2007

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de un entrenamiento de fuerza resistencia la condición física de lesionados medulares usuarios de silla de ruedas. Participaron 5 varones que entrenaron 3 veces por semana durante 4 semanas (3-4 series x 20-30 repeticiones x 40-70% intensidad). Se entrenaron los músculos flexo-extensores del antebrazo y del brazo así como los aductores y abductores del brazo. Antes y después del entrenamiento se midió la velocidad desplazamiento, la fuerza máxima isométrica y la fuerza resistencia en el gesto de propulsión. Se observaron mejoras significativas de la velocidad desplazamiento (-18.6%, $p < 0.05$). La fuerza máxima no se modificó, mientras que se reflejó una tendencia a mejorar el índice de fatiga (+14.9%, $p = 0.08$). El protocolo de entrenamiento de fuerza resistencia aplicado en lesionados medulares puede ser beneficioso para mejorar su calidad de vida.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the influence of a resistance training program on the physical condition of people with spinal cord injury. Five males took part in a 4 wk study with 3 sessions per week (3-4 sets x 20-30 repetitions x 40-70% intensity). Arm and forearm flexors and extensor as well as arm adductors and abductors were trained. Before and after training race speed, isometric muscle strength and endurance force in propulsion gesture were tested. An improvement in race speed was detected (-18.6%, $p < 0.05$). Maximum isometric strength was not modified, while a trend to improve fatigue index was observed (+14.9%, $p = 0.08$). The resistance training protocol applied in people with spinal cord injury could be beneficial to improve their quality of life.

PALABRAS CLAVE: lesionados medulares, fuerza máxima isométrica, velocidad desplazamiento, célula de carga, células fotoeléctricas.

KEYWORDS: spinal cord injury, isometric strength maximum, race speed, strain gauge, photocells.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento físico y la calidad de vida de los usuarios en silla de ruedas se ven limitados debido a las lesiones por sobreuso en el miembro superior, siendo el síndrome del túnel carpial, la tendinitis del manguito de los rotadores y de los músculos del codo las lesiones más comunes que se dan en este tipo de personas (Gellman y cols., 1998). Además, el 72% de los individuos con lesión en la médula espinal (SCI) tienen evidencias degenerativas en el hombro (Lal, 1998), la mayoría de ellas producidas por las repetidas cargas a las que se ve sometida dicha articulación durante la propulsión en silla de ruedas. La mala técnica de propulsión agrava los dolores musculares, los cuales pueden ser corregidos por un adecuado fortalecimiento de la musculatura agonista y antagonista (O'Connell y cols., 1995, Rodgers y cols., 2001 y Jacobs y cols., 2002).

Se ha observado que el entrenamiento con pesas mejora la fuerza del miembro superior en personas con SCI (Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002), recomendándose realizar un entrenamiento de fuerza resistencia con cargas progresivas para obtener esta propósito en este tipo de población (O'Connell y cols., 1995 y Jacobs y cols., 2002). En estos dos estudios la intensidad de la carga de entrenamiento se incrementa desde el 40% hasta el 70% de 1RM. La mejora de la fuerza muscular puede llegar a suponer una mayor eficiencia de propulsión desde un punto de vista biomecánico, ya que supone una disminución del estrés de las articulaciones (Rodgers y cols., 2001). Los estudios analizados en los que se evalúa la influencia de diferentes programas de entrenamiento en la fuerza muscular de sujetos con SCI combinan un trabajo de pesas con otro realizado en ergómetro de silla de ruedas (Rodgers y cols., 2001, Jacobs y cols., 2001 y 2002). No se ha encontrado que evalúe la influencia de un entrenamiento de fuerza resistencia con pesas como único método de trabajo.

Los instrumentos de medida utilizados en sujetos con SCI para analizar las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza han consistido, principalmente, en dinamómetros isocinéticos (Davis y Shephard 1990; Maïsetti y cols. 2002,), ergómetro de brazos (Jacobs y cols., 2002) y silla de ruedas ergométrica (Yim y cols., 1993; Rodgers y cols., 2001). Ninguno de los estudios consultados realizó un test de fuerza resistencia en la propia silla de ruedas utilizando una célula de carga. De la misma forma, sólo un estudio analizó la influencia del trabajo de fuerza en la velocidad de desplazamiento (O'Connell y cols., 1995). Por lo tanto el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de un entrenamiento de fuerza resistencia con pesas sobre la fuerza máxima, la fuerza resistencia y la velocidad desplazamiento en lesionados medulares usuarios de silla de ruedas.

METODOLOGÍA

Sujetos

Participaron de forma voluntaria cinco usuarios de silla de ruedas cuyas características se ilustran en la tabla 1. Todos ellos fueron informados de los riesgos y beneficios del estudio dando su consentimiento por escrito para participar en el mismo. Un criterio de inclusión requerido fue el uso de la silla de ruedas de forma habitual durante al menos un año. El estudio se llevó a cabo respetando la declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

Tabla 1: Características de los sujetos que participaron en el estudio.

SUJETO	EDAD	PESO	ALTURA	LESIÓN	AÑOS DE LESIÓN	NIVEL DE ESPASTICIDAD	CAUSA LESIÓN
	(años)	(kg)	(m)				
1	31	100	1,75	D8	6	ALTO	caída andamio
2	29	75	1,76	D5-D6	2	MEDIO	Acc. Tráfico
3	31	70	1,90	C6-C7	5	ALTO	Acc. Tráfico
4	31	70	1,76	D4	1	ALTO	Acc. Tráfico
5	36	72	1,66	C5	3	MEDIO	Acc. Tráfico
Media ± SD	31,6 ± 2,6	77,4 ± 12,7	1,76 ± 0,08		3,4 ± 2,1		

D = dorsal; C = cervical; Acc = accidente.

Procedimiento

Sesiones de entrenamiento

Estudios basados en registros electromiográficos (EMG) han observado que durante la propulsión se activan preferentemente el bíceps y tríceps braquial, deltoides, pectoral mayor y el trapecio (Mulroy y cols., 1996; Chow y cols., 1999). Por lo tanto, en estos grupos musculares deberá centrarse el trabajo de fuerza. Basándose en estos resultados muchos autores coinciden en utilizar los siguientes ejercicios con pesas: *press* militar, *press* banca, *curl* de bíceps, *curl* de tríceps, remo y *pull-down* de pecho (Jacobs y cols., 2002, Salinas Duran y cols., 2001, O'Connell y cols., 1995, Nash y cols., 2002).

Los entrenamientos se realizaron tres veces por semana durante cuatro semanas (figura 1). Las sesiones tuvieron una duración de 50-60 min, tiempo en el cual se realizaban los ejercicios de fuerza.

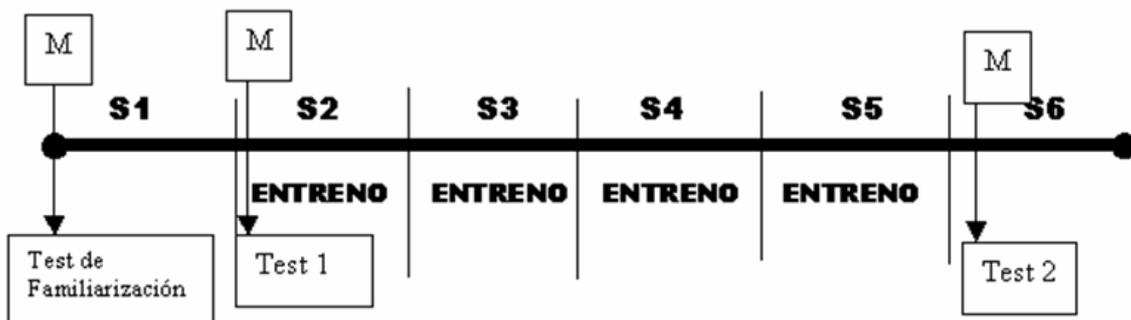


Figura 1. Esquema de la fase experimental. Días en que se efectuaron los test y semanas de entrenamiento. Los entrenamientos se realizaron lunes, miércoles y viernes a las 10 horas. M=martes; S=semana

La estructura de la sesión fue la siguiente: (i) *calentamiento*: consistió en ejercicios de movilidad articular de hombro codo y muñeca, estiramientos del bíceps, tríceps, pectoral y deltoides con una duración total de 6 min.; (ii) *entrenamiento*: En la primera sesión se realizó un test previo a los participantes en el que tenían que realizar con cada ejercicio 1 RM con el máximo peso posible. En función de este peso se hallaron los porcentajes de intensidad de los entrenamientos. Se comenzó trabajando con el 40% llegando al 70% en la última semana de entrenamiento. El número de series varió entre 3-4 y las repeticiones entre 20-30. Los descansos entre series fueron de 1 min. y entre ejercicios de 5 min. Los ejercicios realizados se daban en el siguiente orden: *curl* de bíceps, *curl* de tríceps, *press* militar con mancuernas, *pulldown* de pecho, *press* banca y deltoides con mancuernas; (iii) *estiramientos*: Al final de cada sesión se realizaron estiramientos de los grupos implicados en cada ejercicio.

Sesiones de valoración

Se utilizó un diseño experimental intragrupo con dos tests realizados antes y después de las sesiones de entrenamiento. Una semana antes del pretest los sujetos realizaron una sesión de familiarización con los tests de valoración. La sesión de valoración comenzaba con un calentamiento estandarizado que consistía en 5 minutos de desplazamiento de propulsión continuo, movimientos articulares de hombro codo y muñeca, ejercicios de fuerza resistida por parejas y progresiones por el espacio de la prueba de velocidad realizando aceleraciones. Posteriormente se realizaron los siguientes tests en el orden en que se presentan:

Test de velocidad desplazamiento. Consistió en recorrer 15 m en silla de ruedas a la máxima velocidad posible (Kilkens y cols., 2004). El tiempo se registró con unas células fotoeléctricas de infrarrojos (Globus Italia, Codogno, Italia) con una frecuencia de registro de 100 Hz. Medio metro antes de la primera barrera de fotocélulas se dibujó una línea sobre la que debían caer las ruedas delanteras de la silla (figura 2). El test se realizó tres veces tomando como valor a analizar el mejor intento.

Test de fuerza máxima isométrica. Los sujetos debían ejercer la máxima fuerza tan rápido como les fuese posible durante 6 s. La fuerza era registrada por una

célula de carga (Globus Italia, Codogne, Italia) conectada a un ordenador portátil, donde se almacenan los datos (frecuencia de muestreo = 100 Hz). La célula de carga iba unida mediante cadenas por un extremo a las dos ruedas traseras, bloqueando su giro, y por el otro extremo a la espaldadera (figura 3).

Test de fuerza resistencia: Consistió en mantener durante 60 s la máxima fuerza posible desarrollándose el test de la misma forma que el anterior (figura 3). Este test se realizaba una vez y se analizaba el índice de fatiga ($(F_{\text{máx}} - F_{\text{final}}) * 100 / F_{\text{máx}}$). En los dos test de fuerza los sujetos podían colocar sus manos en la zona del aro en la que más cómodos se encontrasen, pero esta posición era anotada y mantenida en los sucesivos tests.



Figura 2. Posición de salida del test de 15 m sprint.



Figura 3. Posición del sujeto y situación de la célula de carga en los dos test de fuerza isométrica.

Análisis de los datos

El registro de los datos y su tratamiento gráfico se realizó con el programa Microsoft® Excel, mientras que el análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete SPSS-v12.0 para Windows. Para analizar las modificaciones entre cada sesión de tests (pre y post) se aplicó la prueba de Wilcoxon para datos no paramétricos. Los valores se muestran como media \pm SD y se trabajó con un nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS

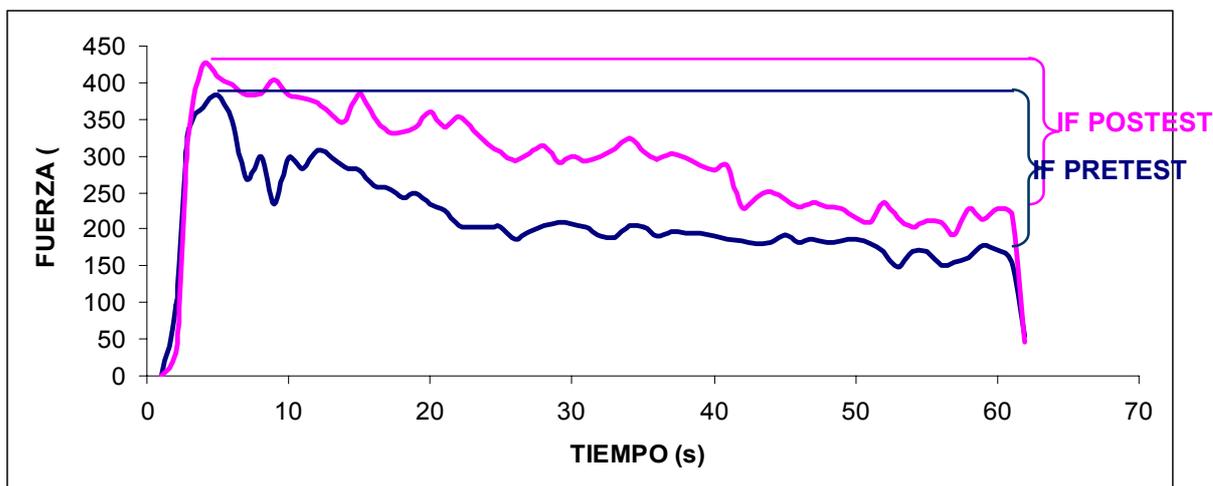
La tabla 2 muestra los resultados de la comparación de los test antes y después del entrenamiento, correspondiente a la velocidad de desplazamiento, la fuerza máxima y el índice de fatiga.

Tabla 2: Resultados obtenidos en los tests antes y después del entrenamiento.

	PRETEST	POSTEST	P
Tiempo en 15m (s)	6,27 \pm 0,82	5,94 \pm 0,80	0,043*
FMI (N)	395,8 \pm 104,9	411,1 \pm 96,7	0,225
IF (N)	215,9 \pm 107,4	183,6 \pm 26,2	0,080

Los valores están expresados como media \pm desviación estándar. FMI=fuerza máxima isométrica; IF=índice de fatiga; *=diferencia significativa ($p < 0,05$).

El entrenamiento produjo incrementos significativos en la velocidad de desplazamiento (18.6%, $p < 0.05$). La fuerza mejoró un 3.8%, pero no de forma significativa. La fuerza resistencia, valorada por medio del índice de fatiga, mejoró un 14,9% ($p = 0,08$). En la gráfica 1 aparecen superpuestas dos gráficas resultantes de los valores medios de los tests de todos los sujetos, antes y después de las cuatro semanas de entrenamiento.



Gráfica 1: Curva de fuerza tiempo de los valores obtenidos en el test de fuerza máxima isométrica 60 s antes y después del periodo de entrenamiento. Trazo azul pertenece al pretest y trazo rosa pertenece al postest.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que un entrenamiento de fuerza resistencia de cuatro semanas mejora la velocidad de desplazamiento en usuarios de silla de ruedas y tiende a disminuir el índice de fatiga. Los tests realizados en el presente estudio se llevaron a cabo en la propia silla de ruedas de la persona, por lo que transferencia de los beneficios obtenidos a la situación real podemos considerarla como elevada.

La mejora producida de la velocidad en este tipo de entrenamiento exclusivo de pesas nos hace pensar que, en estudios previos como los de O'Connell y cols. (1995) y Nash y cols. (2002) en donde combinaban un entrenamiento de pesas con entrenamiento con ergómetro de silla de ruedas, la mejora de la velocidad se debe en gran medida al propio trabajo con pesas. Los porcentajes de aumento de la velocidad se asemejan al resultado obtenido en este estudio siendo un 20,2% y un 17,8% respectivamente, y un 18,6% en el presente estudio. No se ha observado en ninguno de estos trabajos si esta mejora de la velocidad se puede atribuir a una mayor amplitud o frecuencia de brazada, aspecto que puede ser objeto de estudio de futuros trabajos.

No se han encontrado investigaciones que examinen los efectos de un entrenamiento basado exclusivamente en la fuerza resistencia con pesas, puesto que la mayoría de los estudios se basan en un entrenamiento general de resistencia que complementa el trabajo cardiovascular con el de fuerza, con

aparatos como una silla de ruedas ergométrica, ergómetro de brazos (Davis y Shephard 1990; Yim y cols., 1993; O'Connell y cols., 1995; Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002; Bonaparte y cols., 2004). En alguno de estos trabajos se observó que tras un entrenamiento de 8 y 16 semanas se daba una mejora significativa de la fuerza en los músculos que más intervienen en el movimiento de propulsión, que son el bíceps y el tríceps (Davis y Shephard 1990). Podemos encontrar también en otros estudios como el de Jacobs y cols. (2001) que tras un programa de 12 semanas, de entrenamiento con trabajo cardiorrespiratorio complementado con un trabajo de pesas, se dan mejoras significativas de la fuerza en los ejercicios de *press* militar (19,4%), *horizontal row* (20,8%), *peck dec* (21,1%), *preacher curls* (11,9%), *latissimus pulldown* (23,2%) y *dips* (30,2%). Los resultados encontrados en estos estudios nos hace pensar que la duración de un programa de entrenamiento con este tipo de población discapacitada debería ser de mayor duración, en torno a las 8-12 semanas de trabajo si realmente queremos encontrar mejoras significativas de la fuerza.

Según los resultados del presente estudio, el entrenamiento de fuerza con cargas entre 40-70% de 1RM produce mejoras en la fuerza resistencia (Jacobs y cols. 2001), pero no es adecuado para el aumento de la fuerza máxima isométrica. Para conseguir mejoras significativas en los valores de fuerza máxima tendríamos que trabajar con cargas máximas o submáximas con más del 70-80% de intensidad, pero no es aconsejable según la bibliografía consultada, ya que produce un alto riesgo de lesión en las articulaciones de hombro y codo (Salinas Duran y cols., 2001; Jacobs y cols. 2001).

Aunque las mejoras observadas en este trabajo no fueran significativas (14,9, $p=0,08$), podemos atribuir esta falta de significación estadística al reducido número de sujetos que participaron en el estudio. Por lo tanto, para no cometer estadísticamente un error tipo II, creemos que el entrenamiento llevado a cabo sí que mejora el índice de fatiga. No se han encontrado estudios que evalúen el índice de fatiga en lesionados medulares. En test de resistencia de la fuerza isométrica realizados en sujetos sanos, se observa que la fuerza de los brazos disminuye un 55% desde el inicio hasta el final del test (Yamaji y cols., 2002 y 2006). El resultado obtenido con nuestros participantes en este estudio tiene un índice fatiga de 14,9%, mucho menor que los resultados con personas sanas. Esta gran diferencia entre ambos puede ser debida a que los usuarios en silla de ruedas tienen que estar constantemente propulsándose con los brazos, con lo que tienen mucho más trabajada la resistencia que las personas sanas, con lo que la variación de la fuerza es menor al comparar el inicio con el final del test.

Una de las ventajas que aporta este trabajo es que las mejoras observadas en los lesionados medulares se obtuvieron al entrenar con un material que se puede encontrar en cualquier gimnasio. Por el contrario, en otros trabajos en los que se observaron mejoras en la fuerza muscular de este tipo de población se utilizaron medios más sofisticados que difícilmente resultan accesibles (Davis y Shephard 1990; Yim y cols., 1993; Maïsetti y cols. 2000; Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002 y Maïsetti y cols. 2002). Esta circunstancia es más importante si se pretende hacer llegar a todas las personas un

entrenamiento que les prevenga de posibles lesiones por sobreuso, además de ayudarles a ser más eficientes en su vida diaria (O'Connell y cols., 1995; Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002).

Los resultados de este estudio se pueden ver limitados por el uso de un único grupo de estudio, aunque la mayoría de las investigaciones revisadas no usan un grupo control. (Yim et al., 1993; O'Connell y cols., 1995; Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002; Bonaparte y cols., 2004). No obstante, en este trabajo sí que hubo un periodo de control que sirvió para que los sujetos se familiarizaran con los tests de valoración, disminuyendo la influencia del efecto aprendizaje y aumentando la fiabilidad de los test. El reducido número de participantes es un aspecto común a los estudios que evalúan este tipo de poblaciones (Davis y Shephard 1990; Yim et al., 1993; O'Connell y cols., 1995; Rodgers y cols., 2001; Jacobs y cols., 2002; Bonaparte y cols., 2004), posiblemente debido a la difícil accesibilidad a este tipo de población y al problema de juntar sujetos con lesiones similares.

Según Hagberg y cols. (2000) en un estudio acerca de las mejoras que pueden sufrir personas con lesiones en el hombro, los tests isométricos sumados a un entrenamiento de fortalecimiento llegan a disminuir las lesiones de esta articulación. Si esta investigación la extrapolamos al trabajo realizado en este estudio se puede decir que el entrenamiento de fuerza resistencia sumado a tests y ejercicios de fuerza isométrica realizados con este entrenamiento son beneficiosos tanto para la prevención como para la rehabilitación de lesiones por sobreuso en el hombro. En conclusión, el entrenamiento de fuerza resistencia mediante ejercicios tradicionales de musculación en lesionados medulares es recomendable, ya que mejorará el rendimiento en actividades cotidianas como la propulsión en silla de ruedas. Este tipo de trabajo repercutirá favorablemente en la calidad de vida de estas personas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León la ayuda económica recibida para la realización de este estudio, a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación (UMC05B06).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonaparte JP, Kirby RL, Macleod DA (2004) Learning to perform wheelchair wheelies: comparison of 2 training strategies. *Arch Phys Med Rehabil*; 85: 785-793.

Chow JW, Millikan TA, Carlton LG, Chae W, Morse MI (2000) Effect of resistance load on biomechanical characteristics of racing wheelchair propulsion over a roller system. *J Biomech*; 33: 601-608.

Davis GM, Shephard RJ (1990) Strength training for wheelchair users. *Br J Sp Med*; 24: 25-30.

Gellman H, Sie I, Waters RL. (1998) Late complications of the weight-bearing upper extremity in the paraplegic patient. *Clin Orthop Rel Res*; 233: 132-135.

Hagberg M, Harms-Ringdaht K, Nisell R, Hjelm EW (2000) Rehabilitation of neck-shoulder pain in women industrial workers: a randomized trial comparing

isometric shoulder endurance training with isometric shoulder strength training. *Arch Phys Med Rehabil*; 81: 1051-8.

Jacobs PL, Nash MS, Rusinowski JW (2001) Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exer*; 33(5): 711-717.

Jacobs PL, Mahoney ET, Nash MS, Green BA (2002) Circuit resistance training in persons with complete paraplegia. *J Rehabil R&D*; 39(1): 21-28.

Kilkens OJ, Dallmeijer AJ, de Witte LP, van der Woude LH, Post MW (2004) The Wheelchair Circuit: construct validity and responsiveness of a test to assess manual wheelchair mobility in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 85:424-31.

Lal S (1998) Premature degenerative shoulder changes in spinal cord injury patients. *Spinal Cord*; 36(3): 186-89.

Maïsetti O, Guével A, Legros P, Hogrel JY (2002) SEMG power spectrum changes during a sustained 50% Maximum Voluntary Isometric Torque do not depend upon the prior knowledge of exercise duration. *J Electromyogr Kinesiol*; 12: 103-109

Mamaghani NK, Shimomura Y, Iwanaga K (2002) Katsuura T. Mechanomyogram and electromyogram responses of upper limb during sustained isometric fatigue with varying shoulder and elbow postures. *J Physiol Anthropol*; 21(1): 29-43.

Mulroy SJ, Gronley JK, Newsam CJ, y cols. (1996) Electromyographic activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion by paraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil*; 77: 187-193.

Nash MS, Jacobs PL, Woods JM, Clark JE, Pray TA, Pumarejo AE (2002) A comparison of 2 circuit exercise training techniques for eliciting matched metabolic responses in persons with paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*; 83: 201-9.

O'Connell DG, Barnhart R (1995) Improvement in wheelchair propulsion in pediatric wheelchair users through resistance training: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*; 76: 368-72.

Rodgers MM, Keyser RE, Rasch EK, Gorman PH, Russell PJ (2001) Influence of training on biomechanics of wheelchair propulsion. *J Rehabil R&D*; 38(5)

Salinas F, Lugo L, Ramírez L, Eusse E (2001) Effects of an exercise program on the rehabilitation of patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*; 82: 1349-54.

Yamaji S, Demura S, Nagasawa Y, Nakada M, Kitabayashi T (2002) The effect of measurement time when evaluating static muscle endurance during sustained static maximal gripping. *J Physiol Anthropol*; 21(3): 151-158.

Yamaji S, Demura S, Nagasawa Y, Nakada M (2006) The influence of different target values and measurement times on the decreasing force curve during sustained static gripping work. *J Physiol Anthropol*; 25(1): 23-28

Yim SY, Cho KJ, Park C, Yoon TS, Han DY, Lee HL (1993) Effect of wheelchair ergometer training on spinal cord-injured paraplegics. *Yonsei Med J*; 34(3): 278-286.