Research

Efectos de las Series Repetidas: ¿Existe Evidencia acerca del Efecto Cruzado?

Declan A Connolly[1], Brian V Reed[1] y Malachy P McHugh[2]

[1]*Human Performance Laboratory Patrick Gymnasium UVM, Burlington.*
[2]*NISMAT, Lenox Hill Hospital New York, Nueva York.*

RESUMEN

Los individuos que realizan una serie de un ejercicio al cual no están acostumbrados y que tiene un alto grado de contracciones excéntricas experimentan comúnmente un comienzo retrasado de la inflamación muscular. El daño se manifiesta a través de la sensibilización de la zona afectada, pérdida de fuerza, inflamación, incremento en la actividad de las enzimas musculares y pérdida de flexibilidad. Luego de una serie inicial que causa daño, la repetición de la serie resulta en una disminución de los síntomas. Este efecto protector es conocido como el efecto de serie repetida (RBE) y puede durar hasta 24 semanas entre cada serie de ejercicio. El mecanismo de este RBE está poco claro y se han sugerido tanto mecanismos centrales como locales. En un intento por evaluar la hipótesis central, 12 sujetos (edad media=22.5±4 años, talla=167±9cm, masa corporal=71.5±13.5kg) realizaron un protocolo de ejercicios en donde ejercitaron una pierna excéntricamente y luego de la recuperación completa, la pierna contralateral se ejercitó de la misma manera. El protocolo de ejercicio consistió en que los sujetos suban y bajen a un escalón de 46cm durante 20 minutos a una cadencia de 15 subidas por minuto. Para subir se uso una de las piernas (contracción concéntrica) mientras que la opuesta fue utilizada para bajar (contracción excéntrica). Aproximadamente dos semanas después y luego de la recuperación completa, el protocolo fue repetido realizando ahora la acción excéntrica con la pierna que antes realizó la acción concéntrica. El análisis de los datos indicó que el daño muscular inducido durante ambas pruebas en la pierna que se ejercitó de forma excéntrica se evidenció por un cambio en la sensibilidad (serie 1, $p<0.05$; serie 2, $p<0.01$), por los valores en la escala de dolor (serie 1, $p<0.0001$; serie 2, $p<0.01$) y por la pérdida de fuerza (serie 1, $p<0.001$; serie 2, $p=0.001$), a partir del cuarto día de seguimiento. No se evidenció sensibilidad en las extremidades que se ejercitaron concéntricamente en comparación con la sensibilidad normal (serie 1, $p=0.13$; serie 2, $p=0.06$). El nivel de dolor fue significativamente más bajo en la serie 1 en comparación con la serie 2 ($p<0.04$), sin embargo nosotros atribuimos esto a un efecto de tolerancia al dolor. Ni la pérdida de fuerza ni la sensibilidad fueron significativamente diferentes entre las series. En el presente estudio, se observó daño muscular en ambas series en las extremidades que se ejercitaron excéntricamente. Estos datos preliminares no proveen de evidencia acerca del mecanismo central debido a que una serie de ejercicio excéntrico con una extremidad no proveyó de protección contra el daño muscular en una serie posterior realizada con la extremidad contralateral dos semanas después.

Palabras Clave: excéntrico, ejercicio, daño muscular, protección, contralateral

INTRODUCCION

El ejercicio excéntrico al cual no se está acostumbrado resulta frecuentemente en daño muscular, cuyos síntomas incluyen pérdida de la fuerza, dolor, sensibilidad muscular e incremento de los niveles de la actividad de la creatinquinasa (CK) (Belnave y Thomson, 1993; Eston et al., 1996, Mc Hugh et al. 2000, 2001). Luego de la recuperación de esta serie inicial una nueva serie del mismo ejercicio resulta en signos y síntomas de daño muscular mínimos. Esto ha sido denominado "efecto de la serie repetida" (Nosaka y Clarkson, 1995). Este efecto protector ha sido probado tanto in vivo como in vitro con varios tipos de actividades utilizando diferentes grupos musculares (Sacco y Jones, 1992, Nosaka y Clarkson, 1995). Se han propuesto muchas teorías para explicar el efecto de la serie repetida, pero los mecanismos específicos no han sido identificados. Para una revisión exhaustiva ver Mc Hugh et al. (1998a). Se han propuesto tres mecanismos básicos. Estos son el mecanismo neural (Moritani et al., 1988) el mecanismo celular (Lieber y Friden, 1993) y la teoría del "tejido conectivo" (Armstrong et al., 1991). Para una revisión exhaustiva sobre los mecanismos propuestos ver Connolly et al. (2002).

Distintos autores han discutido acerca de la posibilidad de que se produzca un cambio en el reclutamiento de unidades motoras durante la serie repetida, el cual limita el grado del daño muscular (Pierrynowski et al., 1987; Golden y Dudley, 1992; Mayr et al., 1995; Nosaka y Clarkson, 1995; McHugh et al., 1998b). De manera característica las acciones excéntricas producen mayores niveles de tensión, pero menor reclutamiento de unidades motoras. Específicamente Golden y Dudley (1992) sugirieron que el menor nivel de activación de las unidades motoras asociado con las contracciones excéntricas puede proveer la oportunidad para "aprender un reclutamiento más eficiente" para una serie repetida. En acuerdo con esto Nosaka y Clarkson (1995) sugirieron que la adaptación neural podría "distribuir de mejor manera al carga entre las fibras musculares". Similarmente, Pierrynowski y colaboradores (1987) sugirieron que "un incremento en la sincronización de los disparos de las unidades motoras" podría reducir el estrés miofibrilar durante la repetición de una serie. Estas adaptaciones parecen posibles dadas las características neurales de las contracciones musculares excéntricas. De hecho, un trabajo reciente ha demostrado diferencias significativas en la activación de las unidades motoras y en el reclutamiento de los distintos tipos de fibras durante contracciones excéntricas en comparación con ejercicios concéntricos de la misma intensidad (Mc Hugh et al, 1998b). El ejercicio excéntrico esta asociado a un reclutamiento selectivo de un pequeño número de unidades motoras predominantemente rápidas. Hasta el momento, se considera que este control neural del reclutamiento de unidades motoras está mediado por un mecanismo central (nervioso).

Easton et al. (1996) demostraron que una serie previa de ejercicio isocinético excéntrico unilateral proporcionaba protección contra el daño muscular luego de una carrera en pendiente descendente. En el grupo que no realizó la serie previa de ejercicio excéntrico la actividad de la CK se elevó en promedio un 580%. En contraste, en el grupo que realizó la serie previa de ejercicio excéntrico, la actividad de la CK se elevó en promedio un 150%. A pesar del hecho de que solo el cuadriceps de la extremidad dominante fue expuesto al ejercicio excéntrico, las elevaciones de la CK de todo el cuerpo fueron significativamente disminuidas. No quedó claro si este efecto se debió a una reducción en el daño muscular en el cuadriceps de la extremidad dominante o si la protección fue provista a otros grupos musculares involucrados en la carrera cuesta abajo. Estos datos sugieren la posibilidad de un efecto de protección cruzado a los músculos que no fueron pre-acondicionados por medio de ejercicios excéntricos y, por lo tanto, la posibilidad de un efecto protector sobre el lado contralateral. Dicha adaptación podría haber sido mediada por medio de mecanismos centrales.

La posibilidad de que el daño muscular iniciado en una extremidad pudiera proveer protección contra el daño muscular luego de una serie repetida en la extremidad contralateral no ha sido examinada anteriormente. Nuestra intención fue provocar daño muscular en el cuadriceps de una extremidad y luego de la recuperación, repetir el ejercicio en la extremidad contralateral. Si el daño subsiguiente era menor en la extremidad contralateral, entonces esto podría ser evidencia de un efecto neural central. Un mecanismo local no sería plausible, ya que no se había realizado ejercicio en la segunda extremidad. Por lo tanto, el propósito de la presente investigación fue valorar si una serie de ejercicio al cual no se está acostumbrado realizado con una extremidad, lo cual resulta en daño muscular, proveerá de un efecto protector para la realización de un ejercicio similar realizado con la extremidad opuesta. Si es así, los signos y síntomas del daño muscular podrían reducirse significativamente en la otra extremidad luego de repetir la serie de ejercicio.

METODOS

Antes de la evaluación, todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Revisión Institucional para la Utilización de Sujetos Humanos, de acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1975. Doce sujetos (9 mujeres, 3 hombres), de entre 18-30 años de edad sin lesiones en la rodilla, o historia de lesiones en la rodilla, fueron voluntarios para este

estudio (edad media=22.5±4 años, talla=167±9cm, masa corporal=71.5±13.5kg). La historia de lesiones en la rodilla fue determinada simplemente preguntándoles a los sujetos acerca de lesiones previas. Hasta el momento no hay evidencia concluyente que sugiera un efecto del sexo, por lo cual se reclutaron tanto hombres como mujeres.

Protocolo General

A cada sujeto se le realizó un conjunto de mediciones en la condición inicial y los mismos realizaron dos sesiones de ejercicios. Se llevaron a cabo mediciones basales de CK, dolor (sensibilidad) y de fuerza isométrica con un ángulo de la rodilla de 80º. El dolor fue valorado utilizando una escala subjetiva con un rango de 0-10 siendo 0=sin dolor y 10=dificultad para caminar. Dentro de los 5 días de haber realizado las mediciones en la condición inicial los sujetos participaron en la primera de las dos sesiones de ejercicios diseñadas para inducir daño muscular. La segunda sesión fue llevada a cabo dos semanas después de haber realizado la primera sesión de ejercicio, tiempo en el cual todos los sujetos parecían haberse recuperado completamente de la primera serie. La Tabla 1 muestra los datos del protocolo. Los detalles específicos acerca de la recolección de todos los datos se presentan a continuación.

Fuerza Muscular

La fuerza (NM) fue valorada isométricamente en el grupo muscular de los cuadriceps/isquiotibiales a un ángulo fijo (80º) en ambas piernas. Todas las mediciones fueron realizadas en un dinamómetro isocinético (LIDO 481, Chattanooga, TN, Estados Unidos). Luego de una entrada en calor que consistió de 5 contracciones submáximas con cada pierna los sujetos realizaron 5 contracciones máximas. El valor promedio de la fuerza para las cinco repeticiones máximas fue utilizado en los análisis. Las mediciones de la fuerza fueron realizadas antes e inmediatamente después de cada sesión de ejercicio, y cada 24 horas de allí en adelante hasta que los síntomas de daño muscular desaparecieran.

Día	1	6	7	8	9	10	24	25	26	27	28
Variable	Condición Inicial	B1					B2				
CK	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Fuerza	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Flexibilidad	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Dolor	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabla 1. *Resumen del protocolo general. B1=Serie 1; B2=Serie 2.*

Daño Muscular durante el Ejercicio

Los sujetos realizaron un protocolo modificado de subidas a un banco de 46cm, diseñado para inducir un comienzo retrasado de la inflamación en el grupo muscular del cuadriceps. Este protocolo fue descripto completamente por Newham et al. (1983a; b) y ha sigo utilizado exitosamente por otros investigadores (Gleeson et al 1998). El protocolo requiere que los sujetos suban y bajen de un banco de 46 cm. Se utilizó para esto una cadencia de 15 subidas por minuto durante 20 minutos. El daño muscular excéntrico fue inducido haciendo al sujeto que baje siempre con la misma pierna. Nosotros hemos modificado ligeramente el protocolo haciendo que los sujetos lleven un chaleco con una carga equivalente al 6% de la masa corporal. Con el propósito de minimizar cualquier daño que pudiese ocurrir en los músculos flexores plantares de la pierna opuesta, los sujetos descendían del banco a una alfombra acolchada. La serie para provocar el daño muscular fue realizada solo una vez con cada pierna, ya que el efecto protector, i.e. “el efecto de la serie repetida” ha sido documentado previamente utilizando protocolos similares (Sacco y Jones, 1992; Nosaka y Clarkson 1995; Eston et al. 1996).

Análisis Sanguíneos

La creatinquinasa fue medida en 30µL de sangre tomados de la yema de los dedos y analizada en un espectrofotómetro Reflotron (Boehringer Mannheim, Dusseldorf, Alemania). Esta forma estandarizada e higiénica de extracción de sangre es comúnmente utilizada con este sistema de medición. La creatinquinasa fue medida a la misma hora cada día para las mediciones en la condición inicial y para los cuatro días que le siguieron a cada una de las sesiones de ejercicio. Si bien la creatinquinasa se utiliza como un indicador confiable, en los últimos años se ha vuelto un tema de discusión (Warren et al., 1999; Nosaka y Clarkson, 1995). Esto se debe principalmente al alto grado de variabilidad en la respuesta entre los sujetos, y se han utilizado los términos buen respondedor y mal respondedor para describir este fenómeno. Luego de la recolección de los datos se decidió omitir esta variable de los análisis debido al alto grado de variabilidad que experimentamos como indicador de daño, ya que los valores oscilaron entre <120UI/L y >20000UI/L (Thompson et al.,

1997, Lin y Yang, 1999). Esto hace que sea difícil llevar a cabo análisis estadísticos confiables incluso luego de la transformación Log.

Sensibilidad Muscular y Dolor

Los valores de sensibilidad muscular fueron valorados utilizando un miómetro muscular manual estándar. Las mediciones fueron registradas en el vasto lateral oblicuo (VMO), en el recto anterior del cuadriceps (RF) y en el vasto lateral (VL). Todas las mediciones están reportadas en la unidad SI de fuerza Newton (N). La fuerza fue aplicada a través de una sonda con una cabeza de 1cm de diámetro hasta que el sujeto indicara dolor o disconfort. En este punto se registro el valor de la fuerza (N). Se estableció que los valores de sensibilidad en la condición inicial eran ≥ 70N una vez que la fuerza alcanzara los 70N. Por lo tanto, la disminución en los valores de fuerza indicaría un incremento de la sensibilidad muscular, como un reflejo del daño muscular. Hemos utilizado un valor de 70N ya que la aplicación de una fuerza mayor a 70N probablemente podría haber causado daño muscular localizado. El disconfort (dolor) también fue medido cada día utilizando una escala visual. El dolor fue valorado utilizando una escala subjetiva con un rango de 0-10, donde 0=sin dolor y 10=dificultad para caminar. La escala se les presentó a los sujetos con el "0" a la derecha y flechas que iban hasta el "10" sobre la izquierda, pidiéndoles a los sujetos que identificaran su disconfort o dolor en movimientos diarios.

Los datos fueron analizados utilizando el análisis de varianza 2 x 5 (serie x tiempo) ANOVA (fuerza, dolor y sensibilidad) estableciendo el nivel alfa a 0.05. Los datos para cada variable y para cada día también están presentados como medias más o menos la desviación estándar. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS (V10.05).

RESULTADOS

Los resultados globales no indicaron un efecto protector de la serie previa de ejercicio sobre la extremidad contralateral. Los datos indicaron un efecto significativo de la sesión de ejercicios en el tiempo para el dolor, la sensibilidad y para la perdida de fuerza, tanto para la serie uno como para la serie dos ($p<0.05$). Esto evidencia que el daño muscular fue en efecto inducido. Los valores medios para el dolor se incrementaron significativamente desde '0' en la medición en la condición inicial hasta un pico de '6±0.62' y '4.9±0.53' para la serie uno y dos, respectivamente ($p<0.05$). Los valores de dolor tuvieron su pico en el día dos para ambos grupos (ver Figura 1).

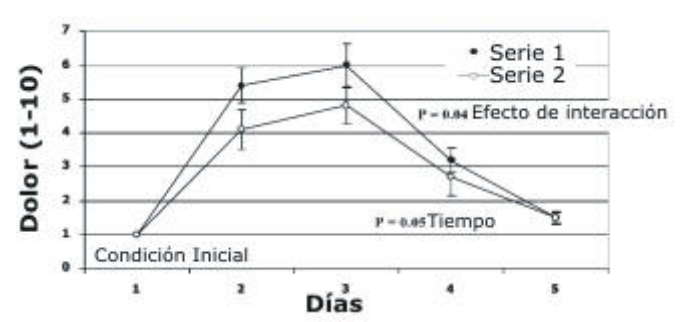


Figura 1. *Valores de dolor desde la evaluación basal hasta el día 4 (media±DE).*

Los datos también indicaron que hubo una diferencia significativa en la respuesta al dolor entre al serie uno y la serie dos ($p<0.04$), siendo menor la respuesta en la serie dos. Los valores de la sensibilidad se redujeron significativamente para ambos grupos a lo largo del tiempo desde un valor en la condición inicial de 70N hasta 50.4±3.9N y 52.9±2.7N, para la serie uno y la serie dos respectivamente ($p<0.01$) (ver Figura 2).

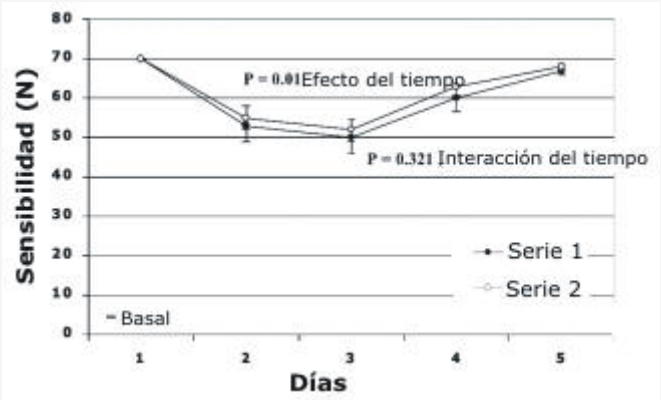


Figura 2. *Cambios en la sensibilidad desde la medición basal hasta el día 4 (media ± DE).*

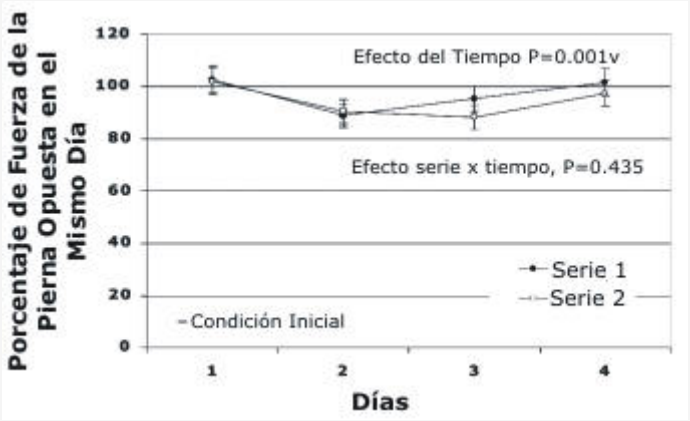


Figura 3. *Cambios en la fuerza desde la condición inicial hasta el día 4 (media±DS).*

Los valores de sensibilidad no difirieron significativamente entre las series uno y dos (p=0.321). Los valores medios de fuerza, expresados como porcentaje de la fuerza en la condición inicial de la pierna contralateral, se redujeron significativamente a través del tiempo (p=0.001 para ambos grupos), pero no fueron significativamente diferentes entre las series uno y dos (p=0.539). Ver Figura 3 para el porcentaje de pérdida de la fuerza a través del tiempo.

DISCUSION

Los datos de la presente investigación, aunque son preliminares, sugieren que “el efecto de una serie repetida” no produce un efecto cruzado. Si bien estos datos indican que los valores de dolor disminuyeron en la serie dos, nosotros creemos que esto fue resultado de que los sujetos se familiarizaron con el disconfort asociado a la evaluación, habiendo experimentado el dolor en la serie uno. Ninguna de las otras variables sugiere algún tipo de efecto cruzado significativo. Además, tanto en la serie uno como en la serie dos, a partir de los datos de sensibilidad y de dolor, es posible afirmar que el daño muscular fue evidente. Un estudio previo realizado por Eston et al. (1996) mostró que una serie previa de ejercicio excéntrico isocinético unilateral protegía contra el daño muscular en subsiguientes carreras cuesta abajo. Como se mencionó anteriormente, la CK se elevó en un 580% en el grupo que no realizó la serie previa de ejercicio excéntrico. En contraste, la CK se elevó solo en un 150% en el grupo que realizó una serie previa de ejercicio excéntrico. Nuestras mediciones de la CK probaron ser poco confiables y por lo tanto fueron descartadas. Este problema de variabilidad en los valores de CK fue reportado previamente y parece depender de que los individuos sean buenos o malos respondedores (Evans et al., 1986, Newham et al., 1988; Eston et al., 1996). A pesar de esto, el trabajo de Eston et al. (1996) mostró que se producía daño muscular luego de las carreras cuesta abajo en ambos grupos. Esto se evidenció a través de los datos de la fuerza,

sensibilidad y CK. Si bien la sensibilidad se incrementó en ambos grupos, se incrementó en mayor grado en el grupo que no realizó la serie previa de ejercicio isocinético, lo que sugiere algún efecto protector. En el protocolo de Eston et al. (1996) solo se expuso al ejercicio excéntrico el cuadriceps de la extremidad dominante. Por lo tanto es difícil saber cual fue el grado de protección que pudo haber ganado la extremidad contralateral. Sus datos de CK indican una respuesta reducida, lo que sugiere una reducción del daño muscular en la extremidad opuesta. Sin embargo, debido a que los datos fueron recolectados solo en la extremidad dominante no podemos estar seguros acerca de la respuesta de la extremidad contralateral. El trabajo de Eston et al. (1996) puede servir simplemente para confirmar el "efecto de la serie repetida" en la extremidad previamente ejercitada.

En el presente estudio se intento responder de manera más directa a la cuestión del efecto cruzado. Por medio de la inducción del daño solo en una pierna, y luego de la recuperación completa, la inducción del daño en la otra, deberíamos obtener un mejor indicador de cualquier efecto cruzado positivo. Esto no parece haber ocurrido. Hemos tenido éxito en inducir daño muscular en ambas piernas, lo cual se evidenció por los valores de dolor y sensibilidad, indicando que no hubo un efecto cruzado. En el presente estudio los datos de la fuerza están expresados como porcentaje de la fuerza inicial de la pierna contralateral en cada día. El patrón de pérdida de fuerza fue significativo para cada serie, en la pierna que sufrió el daño muscular, con una disminución de fuerza aparente a través de 4 días. No hubo diferencias significativas en la pérdida de fuerza entre las piernas con daño muscular, tanto para la serie uno como para la serie dos. Nuevamente esto sugiere que no se produjo un efecto cruzado o protector.

Como se mencionó anteriormente, se han propuesto tres mecanismos básicos para el RBE. Estos mecanismos son el neural (Moritani et al., 1988), el celular (Lieber y Friden, 1993) y la teoría del tejido conectivo (Armstrong et al., 1991). La teoría neural predice que el daño inicial es el resultado de un alto estrés sobre un pequeño número de fibras de contracción rápida. El efecto resultante de la serie repetida supuestamente surge de un incremento en la activación de las unidades motoras en las series subsiguientes. La teoría del tejido conectivo sugiere que el daño muscular ocurre como resultado de la ruptura de elementos no contráctiles. La consecuente remodelación de los filamentos con incremento del tejido conectivo ocurre para inducir el efecto de la serie repetida. La teoría celular sugiere que el daño inicial ocurre debido al estrés excesivo que sufre el sarcómero durante la acción excéntrica. El efecto de la serie repetida es por lo tanto el resultado de la reducción en el estrés impuesto sobre el sarcómero en la subsiguiente serie. Si bien los resultados del presente estudio no permiten inclinarse hacia ninguno de los mecanismos propuestos, si sugieren que el mecanismo está mediado centralmente y esto cuestiona la teoría neural.

CONCLUSION

Nuestros hallazgos sugieren que tanto la teoría del tejido conectivo como la teoría celular son las que pueden tener mayor aceptación, debido que nuestros resultados muestran un respuesta más localizada de lo que propone la teoría neural. Sin embargo, es posible que el efecto de la serie repetida ocurra a través de una interacción de adaptación celular, conectiva y neural. Además, es probable que el grado de la respuesta varíe en función de la intensidad, la especificidad de la contracción, el nivel de entrenamiento del músculo y del grupo muscular involucrado.

Están garantizadas futuras investigaciones en esta área y se debería considerar la inducción de un daño mayor al que fue inducido en el presente estudio, la utilización de un modelo que incluya al tren superior o un modelo que en el cual se vuelva a estresar el músculo inicialmente dañado antes de la extremidad contralateral.

REFERENCIAS

1. Armstong, R.B., Warren, G.L. and Warren, J.A (1991). Mechanisms of exercise induced muscle fiber injury. *Sports Medicine 12, 184-207*
2. Balnave, C.D. and Thompson, M.W (1993). Effect of training on eccentric-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology 75, 1545-1551*
3. Connolly, D.A.J., Sayers, S.P. and Mc Hugh, M.P (2002). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research, In Press*
4. Eston, R.G., Finney, S., Baker, S. and Baltzopoulos, V (1996). Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *Journal of Sports Science 14, 291-299*
5. Evans, W.J., Meredith, C.N., Cannon, J.G., Dinarello, C.A., Frontera, W.R., Hughes, V.A., Jones, B.H. and Knuttgen, H.G (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology 61, 1864-1868*

6. Gleeson, M., Blannin, A.K., Walsh, N.P., Field, C.N. and Pritchard, J.C (1998). Effects of exercise induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology 77, 292-295*
7. Golden, C.L. and Dudley, G.A (1992). Strength after bout of eccentric or concentric actions. *Medicine and Science in Sports & Exercise 24, 926-933*
8. Lieber, R.L. and Friden, J (1993). Muscle damage is not a function of muscle force but active strain. *Journal of Applied Physiology 74, 520-526*
9. Mayr, J., Mayr, M., Muller, E., Koller, A., Haid, C., Artner-Dworzak, E., Calzolari, C., Larue, C. and Puschendorf, B (1994). Rapid adaptation to eccentric exercise- induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine 16, 352-356*
10. Mc Hugh, M.P., Connolly, D.A.J., Eston, R.G. and Gleim, G.W (1998). Exercise induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Medicine 27, 157-170*
11. McHugh, M.P., Connolly, D.A.J., Eston, R.G. and Gleim, G (1998). Neural factors associated with exercise induced muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise 30 (5), S2*
12. Mc Hugh, M.P., Connolly, D.A.J., Eston, R.G., Gartman, E.J. and Gleim, G.W (2001). Electromyographic analysis of repeated bouts of eccentric exercise. *Journal of Sports Sciences 19, 163-170*
13. Mc Hugh, M.P., Connolly, D.A.J., Eston, R.G., Kremenic, I.J., Nicholas, S.J. and Gleim, G (2000). Electromyographic analysis of exercise resulting in symptoms of muscle damage. *Journal of Sports Sciences, 18, 163-172*
14. Lin, J.G. and Yang, S.H (1999). Effects of acupuncture on exercise-induced muscle soreness and serum creatine kinase. *American Journal of Chinese Medicine 27, 299-305*
15. Moritani, T., Muramatsu, S. and Muro, M (1988). Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *American Journal of Physical Medicine 66, 338-350*
16. Newham, D.J., Jones, D.A. and Edwards, R.H (1983). Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle and Nerve 6, 380-385*
17. Newham, D.J, Mills, K.R., Quigley, B.M. and Edwards, R.H (1983). Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clinical Science 64, 55-62*
18. Newham, D.J., Jones, D.A., Ghosh, G. and Aurora, P (1988). Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. *Clinical Science 74, 553-557*
19. Nosaka, K. and Clarkson, P.M (1995). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports& Exercise 27, 1263-1269*
20. Pierynowski, M.R., Tiidus, P.M. and Plyley, M.J (1987). Effects of downhill or uphill training prior to a downhill run. *European Journal of Applied Physiology 56, 668-672*
21. Sacco, P. and Jones, D.A (1992). The protective effect of damaging eccentric exercise against repeated bouts of exercise in the mouse tibialis anterior. *Experimental Physiology 77, 757-760*
22. Thompson, H.S., Hyatt, J.P., De Souza, M.J. and Clarkson, P.M (1997). The effects of oral contraceptives on delayed onset muscle soreness following exercise. Contraception 56, 59-65.Warren, G.L., Lowe, D.A.and Armstrong, R.B. (1999) Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine 27, 163-172*

Cita Original

Connolly Declan A. J., Brian V. Reed and Malachy P. McHugh The Repeated Bout Effect: Does Evidence for a Crossover Effect Exist?. Journal of Sports Science and Medicine; 1, 80-86, 2002.