UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGIA

EFICACIA DE UN ENTRENAMIENTO EXCENTRICO PARA EXTREMIDAD INFERIOR EN RELACION AL DOLOR Y FUNCIONALIDAD POSTERIOR A DOS PARTIDOS DE RUGBY

NICOLAS ANTONIO DIAZ CATALAN
FRANCISCO JOSE REDONDO GONZÁLEZ

Tesis para ser presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae para optar al título de Kinesiólogo.

Profesor Guía: Dr. Luis Peñailillo Escárate

Santiago, Chile
2016

Nicolás Díaz Catalán

Francisco Redondo González

Dr. Luis Peñailillo E

Agradecimientos

Queremos agradecer principalmente a nuestro profesor guía Luis Peñailillo por tener siempre, durante este largo proceso, la mejor disposición para ayudarnos, por estar siempre presente y permitir así, que esta tesis sea posible.

Agradecer también a los Clubes participantes en nuestra tesis, Old Reds y Old Locks, tanto como a sus jugadores, staff técnico y dirigentes, destacando su compromiso, con la disposición de ayudar y trabajar de manera correcta en toda instancia.

Índice de contenidos

Índice de ilustraciones y tablas…….. v

Resumen……... vi

Abstract……..... vii

Abreviaturas…… viii

Introducción…….. 1

Capítulo 1: Marco teórico……... 4

i. Pregunta de investigación……. 26

ii. Hipótesis…… 26

iii. Objetivo general……..... 27

iv. Objetivos específicos……..... 27

Capítulo 2: Materiales y métodos……. 28

a. Diseño de investigación……..…….. 28

b. Universo, población y muestra……. 28

c. Criterios de inclusión y exclusión…… 29

d. Metodología……. 31

e. Variables del estudio…….. 39

f. Análisis estadístico…… 41

Capítulo 3: Resultados…… 42

Capítulo 4: Discusión…….. 46

Conclusión…… 50

Limitaciones y proyecciones…….. 51

Bibliografía…… 52

Anexos……... 62

Índice de ilustraciones y tablas

Figura 1 Cambios concentración mioglobina y CK post partido de rugby

Figura 2 Electromiografía daño muscular tras ejercicio excéntrico

Figura 3 Nordic Hamstring

Figura 4 Sentadilla cinturón ruso

Figura 5 Peso muerto rumano

Figura 6 Excéntrico tobillo

Figura 7 Pauta entrenamiento excéntrico

Figura 8 Algómetro Force One FDIX, Wagner, USA

Figura 9 Escala visual numérica

Figura 10 Cuestionario LEFS

Figura 11 Resultados PPT

Tabla 1 Características de la muestra

Resumen

Se hizo un programa complementario de entrenamiento excéntrico de 8 semanas para extremidad inferior implementándolo en una pretemporada para un club de rugby, el cual se comparó con un grupo control que no fue sometido a dicho programa, con el objetivo de investigar cómo el dolor y la funcionalidad como parámetros de daño muscular se presenta en los jugadores posterior a dos partidos de rugby. **Participantes y métodos**. 20 Jugadores de rugby aficionados que participan en la primera división del campeonato nacional de rugby ADO 2015, en donde 10 jugadores del Club Old Locks recibieron el entrenamiento con carga excéntrica (ECC) por 8 semanas, los días Lunes y Miércoles durante la preparación física y 10 jugadores del Club Old Reds conformando el grupo control (CON), no recibirán entrenamiento con carga excéntrica. **Resultados.** La funcionalidad medida mediante cuestionario LEFS, reporto diferencias significativas en la funcionalidad percibida entre ambos grupos. Presentando un descenso a las 24 y 48 horas posteriores a los partidos siendo menor en el grupo ECC. El dolor medido mediante escala visual numérica, no presenta una diferencia significativa entre grupo ECC y CON, ambos grupos presentan un aumento de dolor a las 24 y 48 posteriores a ambos partidos. Los puntos dolorosos a la presión, fueron medidos mediante PPT, dando como resultado, un efecto de interacción entre grupo ECC y CON, solo en los músculos vasto lateral (VL) y gastrocnemio lateral (GL), siendo mayor la presión tolerada para el grupo ECC. Ambos grupos presentan una disminución del dolor en el tiempo de todos los músculos, presentando una mayor disminución a las 24 horas post partido. **Conclusión.** El entrenamiento excéntrico implementado en una pre temporada para jugadores de rugby podría disminuir el daño muscular inducido por un partido, quedando reflejado posterior a las 24 y 48 horas, por una menor disminución de la funcionalidad. Además, se encontraron respuestas favorables ante dolor muscular (PPT) para vasto lateral y gastrocnemio lateral.

Palabras claves. PPT, EVN, LEFS, gastrocnemio lateral, vasto lateral.

Abstract

A complementary program of eccentric training 8 weeks for lower extremity implementing it in a preseason to a rugby club, which was compared to a control group that was not subjected to the program, with the aim of investigating how the pain became and functionality and parameters of muscle damage occurs in the subsequent two players rugby. **Participants and methods.** 20 amateur rugby players involved in the first division national championship rugby ADO 2015, where 10 players of Club Old Locks received training with eccentric loading (ECC) for 8 weeks, on Mondays and Wednesdays during physical preparation and 10 players of Club Old Reds forming the control group (CON), will not receive training with eccentric load. **Results.** The measure functionality by questionnaire LEFS, reported significant differences in functionality between the two groups perceived. Presenting a descent to 24 and 48 hours post-match, being lower in the ECC group. The pain measured visual numeric scale, no significant difference between ECC and CON group, both groups showed an increase in pain at 24 and 48 after both matches. Painful pressure points were measured by PPT, resulting in an interaction effect between ECC group and only in the vastus lateralis (VL) and lateral gastrocnemius (GL), with a higher pressure tolerated for the group ECC. Both groups presented a decrease in pain over time of all muscles, presenting a greater reduction at 24 hours post-match. **Conclusion.** Eccentric training implemented in a preseason rugby players could decrease muscle damage induced by a match, being reflected back at 24 and 48 hours, a smaller decline in functionality. In addition, favorable responses to muscle pain (PPT) to lateral gastrocnemius and vastus lateralis found.

Keywords. PPT, EVN, LEFS, lateral gastrocnemius, vastus lateralis.

I.- Abreviaturas

ADO	Asociación deportistas olímpicos
ANOVA	Análisis de la varianza
ARUSA	Asociación de rugby de Santiago
CK	Creatina quinasa
CON	Control
DCRE	Entrenamiento de resistencia externa dinámica constante
DOMS	Dolor muscular tardío
ECC	Excéntrico
EEII	Extremidad inferior
EIAS	Espina iliaca antero superior
EMG	Electromiografía
EVA	Escala visual análoga
EVN	Escala visual numérica
FM	Fuerza máxima
GL	Gastrocnemio lateral
LDH	Lactato deshidrogenasa
LEFS	Escala funcional de extremidad inferior
Mb	Mioglobina
PGE2	Prostaglandina E2
PPT	Umbral del dolor a la presión
RM	Repetición máxima
SD	Desviación estándar
SENIAM	Electromiografía de superficie para evaluación no invasiva de músculos
SNC	Sistema nervioso central
UM	Unidad motora
VL	*Vasto lateral*

Introducción

El rugby es un deporte que ha tenido un gran desarrollo global en los últimos años, además de ser uno de los tres deportes de contacto más populares del mundo (Brooks, J., Fuller, C., Kemp, S., Reddin, D. 2005; Bathgate, A.,Best, J., Craig G, Jamieson M 2002). El crecimiento significativo en la participación y desarrollo de esta actividad es debido, en parte, a la mayor cobertura mediática y al avance en la profesionalización del mismo (McManus, A, Cross, D. 2004; Best, J. 2005; Bathgate, Ay cols. 2002).

Varios estudios han demostrado que el número de lesiones ha ido en aumento, especialmente tras la llegada del profesionalismo desde el año 1995 (Kaplan, K.,Goodwillie, A., Strauss, E., Rosen, J. 2008;Holtzhausen, L. Schwellnus, M., Jakoet, I., Pretorius, A.2006; Quarrie, K., Alsop, J., Waller, A., Bird Y N, Marshall S W, Chalmers D J 2001). En el año 2005, Brooks y cols, concluyeron, que un club profesional promedio en Inglaterra pierde el 5% de sus jugadores debido a lesiones ocurridas durante los entrenamientos y un 18% por lesiones en partidos. Dado la alta competitividad en la cancha de Rugby, y debido a su creciente popularidad internacional y nacional, este deporte se ha asociado con elevados niveles de lesiones (Kaplan, K.y cols. 2008), teniendo así una alta incidencia en las extremidades inferiores, la cual es de un 55%.

El rugby, es un juego exigente físicamente que se caracteriza por repetidos encuentros de alta intensidad, de ejercicio de duración relativamente corta, con diferentes períodos de recuperación (Cahill*,* N.Lamb K, Worsfold P, Headey R, Murray S 2013). Las características de estos encuentros de alta intensidad son en gran medida dependiendo al puesto al que pertenezca y se desempeñe cada jugador (Cahill*,* N. y cols. 2013); sin embargo, todos los jugadores están expuestos a una alta magnitud de contactos físicos e impactos (Cunniffe, B.Hore AJ, Whitcombe DM, Jones KP, Baker JS, Davies B 2010;Quarrie, K. y cols. 2013), además de altas intensidades de ciclos de movimientos tanto de acortamiento y estiramiento. Las investigaciones han

demostradograndes elevaciones en los marcadores sanguíneos de daño muscular, durante varios días después de la competencia (por ejemplo, la creatina quinasa) (Cunniffe, B.y cols 2010; Smart, D.Gill ND, Beaven CM, Cook CJ, Blazevich AJ 2008;Takarada, Y. 2003), así como perturbaciones a nivel neuromuscular (West, D.Finn CV, Cunningham DJ, Shearer DA, Jones MR, Harrington BJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP 2014), hormonal (Cunniffe, By cols. 2010;West, D.y cols. 2014;Elloumi, M.Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G 2003), función inmune (Cunniffe, B.y cols. 2010), estado de ánimo (West, D.y cols. 2014). Algunas investigaciones han indicado que el daño muscular causado por la alta intensidad del ejercicio excéntrico durante el ejercicio, se asocia con disminuciones de la función muscular y el rendimiento (Quarrie, K. y cols. 2013). Rodenburg JB,Bar PR, De Boer RW. (1993) informaron de una correlación significativa entre el torque generado por la máxima contracción muscular voluntaria y los niveles en sangre de CK.

Como consecuencia de ello, los jugadores pueden necesitar varios días para recuperarse completamente tras un partido (West, D.y cols. 2014). La recuperación insuficiente, a raíz de la competencia, además del estrés acumulado después del entrenamiento puede comprometer la capacidad de los jugadores para tener un buen rendimiento, consecuencia de lo anterior puede comprometer la preparación para posteriores fechas de juegos (McLean, B.Coutts AJ, Kelly V, McGuigan MR, Cormack SJ 2010). Por otra parte una recuperación insuficiente tanto aguda como crónica puede predisponer a los jugadores a mayores riesgos de sufrir lesiones (Lazarim, F., Antunes-Neto JMF, da Silva FOC, Nunes LAS, Bassini-Cameron A, Cameron LC, Alves AA, Brenzikofer R, de Macedo DV 2010), por lo que la capacidad que posea el músculo para soportar las demandas que conllevan a un daño muscular tiene importantes implicancias para la preparación y el rendimiento del jugador.

En los últimos años, el ejercicio excéntrico se ha estudiado comparando sus efectos en relación al ejercicio concéntrico, mediante el cual los estudios han evidenciado mayor aumento en la fuerza muscular (Roberts, S.Trewartha G,

Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA 2008) y en la masa muscular de extremidades inferiores durante entrenamientos enfocados en el entrenamiento excéntrico(Roberts, S.y cols.2008;McLean, B.y cols. 2010; Gerber, J. Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC 2009), los cuales podrían ser muy requeridos en distintas poblaciones clínicas, deportivas y en rehabilitación traumatológica. Estudios han encontrado adaptaciones neuronales, mecánicas y celulares específicas en respuesta al ejercicio excéntrico (McHugh, M. 2003), teniendo una respuesta protectora hasta seis meses posteriores a la primera sesión del entrenamiento excéntrico (Nosaka, K.Sakamoto K, Newton M, Sacco P. 2001).

Tomando en cuenta las exigencias musculares, mecanismo de impacto y lesiones que presentan los jugadores de rugby durante un partido, y cómo este se ve afectado a tal punto de influir en su rendimiento en el juego y su posterior recuperación, y en conocimiento de los beneficios que conlleva el estímulo de cargas excéntricas para el músculo, es que este estudio busca implementar un programa de entrenamiento preventivo con el fin de estudiar y correlacionar su efecto protector ante el daño muscular. Este estudio, podría ser un aporte como un método de entrenamiento para disminuir la incidencia y reincidencia de lesiones musculares, ya sea como método preventivo o de tratamiento.

Capítulo 1: Marco teórico

Incidencia y gravedad de lesiones en el Rugby

Brooks y colaboradores (2005), informaron de una incidencia de lesiones en jugadores internacionales de la liga inglesa de rugby de 91 lesiones cada 1.000 horas por partido, teniendo como mayor número de lesiones en extremidades inferiores la cual es de un 55%, y un 20% para extremidades superiores; teniendo así una incidencia de un 45% para lesiones musculares o tendíneas y de un 43% para articulaciones y ligamentos. Gabbett y cols. (2003), informaron que la mayoría de las lesiones durante un partido de rugby, fueron en la extremidad inferior y, que el diagnóstico más frecuente fue el desgarro muscular (Gabbett,y cols. 2003), no encontrando diferencias significativas entre Forwards y Backs en relación a la incidencia o gravedad de las lesiones nuevas o recurrentes. La extremidad inferior es el lugar más común de lesiones, teniendo en primer lugar las causadas por contusiones en el muslo, aunque su baja severidad no les significa a los jugadores por lo general perder un partido. Las lesiones de isquiotibiales, se identifican como las segundas más comunes, pero su incidencia es más significativa para los Backs en relación a los Forwards en el rugby; esto se debe a los grandes cambios de aceleración y desaceleración y altas velocidades en la carrera que tienen por desempeño en el juego mismo, sugiriendo una condición sub óptima de la musculatura de los isquiotibiales (Brooks, J y cols. 2005). Por último, se consideran las lesiones por impacto como las más comunes, teniendo como estructuras más dañadas, el cuello y columna para los Forwards, en comparación a los Backs como consecuencia de las formaciones fijas, scrum, ruck y maul. Las lesiones de ligamento cruzado anterior, colateral medial, cartílago articular y meniscos son por igual para ambos tipos de jugadores, siendo las lesiones de rodilla como la principal causa de número de ausencias por día.

Las lesiones de hombro (dislocación e inestabilidad) se consideran en segundo lugar, con un predominio para los Forwards de lesiones acromion clavicular y manguito rotador (Brooks, J. y cols. 2005). Hay una baja incidencia de lesiones en el primer cuarto de los partidos, siendo más alta la tasa de lesiones en el último cuarto, siendo un resultado similar a lo observado en el fútbol. Estos resultados, implican como un factor de riesgo, la fatiga, aunque es difícil identificar las causas específicas centrales o periféricas (Brooks, J. y cols. 2005).

Daño muscular en el rugby

Takarada y cols (2003), reportaron la presencia de marcadores celulares de daño muscular en jugadores de rugby posterior a un partido, midiendo concentraciones de mioglobina plasmática y de niveles de CK plasmáticas, las cuales se incrementaron de manera significativa después de cada partido, teniendo un peak de actividad de CK a las 24 horas de 1.081 U/l (Figura 1), siendo tan alto como valores obtenidos después de una carrera de maratón. (Ostrowski, K., Schjerling P, Pedersen B. 2000). El lactato plasmático y las concentraciones de K+ aumentaron significativamente después del partido, mientras que la concentración plasmática de Na+ disminuyó gradualmente. Tales cambios iónicos se observan típicamente durante el ejercicio intenso, (Lindinger, M., Heigenhauser GJF, McKelvie RS, 1992) lo que indica que la intensidad del ejercicio durante estos partidos era generalmente altas. Además, el análisis marcaba que el promedio de duración del trabajo y períodos de descanso fueron 21.5 (LaStayo, P, Ewy GA, Pierotti DD, Johns RK, Lindstedt S. 2003) y 24.3 (Smart, D. y cols.2005) segundos respectivamente. Sobre la base de estos resultados, la actividad de alta intensidad se realizó de forma intermitente más de 100 veces por partido, tal actividad intermitente, suele ir acompañado de correr, independientemente de la modalidad (Nicholas, CW. 1997).

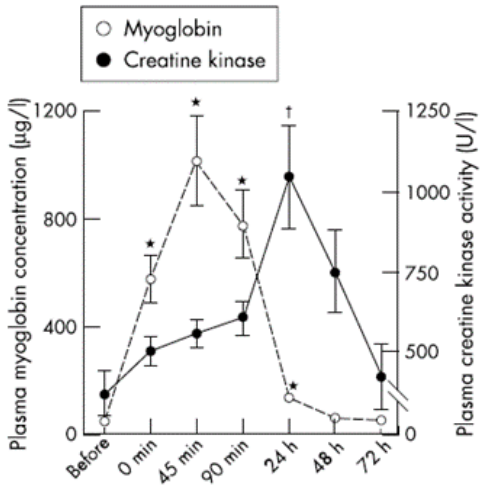

Figura 1: Los cambios en la concentración de mioglobina plasmática y la actividad de CK después de un partido de rugby. Los valores son el promedio (SE) (n = 14). *, † Significativamente diferente del estado de reposo dentro de los mismos sujetos (p <0,05, *Wilcoxon signed ranks test*) (Takarada y Cols 2003).

Thompson D,Nicholas CW, Williams C (1999), informaron que en ejercicios que implica correr por intervalos de alta intensidad con pocos periodos de descanso (*shuttle running*) por 90 minutos, se produce dolor y daño muscular, el cual es causado principalmente por las contracciones musculares excéntricas que se generan durante la fase de apoyo en la carrera; siendo un patrón representativo en actividades que incluyen múltiples carreras en deportes como futbol, hockey sobre césped y rugby (Thompson, D. y cols. 1999).

Daño muscular inducido por el ejercicio

El daño muscular inducido por el ejercicio, se ha estudiado ampliamente después de varios tipos de ejercicio en los seres humanos (Cahill, N.y cols. 2013; Takarada, Y. 2003), lo que se traduce en un aumento sustancial en los niveles de proteína miocelulares en la sangre (West, D.y cols. 2014). La extensión del daño muscular se ha relacionado con la intensidad y duración del ejercicio, el cual tiene como rol principal la intensidad (McHugh, My cols. 2003), por ejemplo, el peak de

actividad de la CK después de una carrera de maratón varía de 500 a 3300 U/l (Smart, Dy cols. 2008;Lazarim, F.y cols. 2009), mientras que el peak máximo después de un ejercicio con una alta carga de contracción muscular excéntrica puede alcanzar los 25.000 U/l (Nosaka, K. Clarkson, P. 1996). Tal daño muscular grave resulta inmediatamente en una reducción en la fuerza muscular de más del 50%, que está completamente restaurada después de aproximadamente 10 días (Newhan, D.Jones DA, Clarkson PM1997; Nosaka, K. Clarkson, P. 1992).

El daño muscular inducido por el ejercicio, es causado principalmente por la fuerte contracción muscular durante el ejercicio intenso (McNeil, P.Khakee R 1992). Además, de este factor endógeno, los factores exógenos son considerados como importante, el daño muscular excesivamente directo, en ocasiones conlleva a un trauma considerado como una lesión. En múltiples deportes de velocidad como el fútbol, el rugby y el hockey sobre césped, el músculo se ve a menudo dañado por el impacto directo durante el ejercicio, en el cual los jugadores contactan o chocan entre sí, incluso sin el acompañamiento de traumatismos externos. Zuliani U, Bonetti A, Franchini D (1985), informaron que un combate de boxeo normal los resultados de concentración sérica de CK y Mioglobina se encontraban aumentados en comparación a un ejercicio de similares condiciones de intensidad, pero sin contacto directo (*Shadow boxing*), lo que sugiere que el daño muscular observado después de boxeo está causado principalmente por golpes directos al cuerpo. Takarada y cols (2003), reportaron información similar en relación al daño muscular provocado tras un partido de rugby y su relación con la cantidad de *tackles*, concluyendo que el impacto directo de los *tackles* en el cuerpo es probablemente la principal causa del daño muscular observado después de un partido, sumado a las contracciones musculares excéntricas reiteradas en las extremidades inferiores, esto debido a que los partidos de rugby implican una considerable aceleración y desaceleración del centro de masa. En particular, los músculos isquiotibiales, son quienes trabajan excéntricamente para frenar la flexión de la cadera y la extensión de la rodilla durante la fase de apoyo para desacelerar el centro de masa (Friden, J.Serger J, Ekblom B 1998; Williams, K. 1995).

Las contracciones excéntricas musculares, en la que el músculo aumenta su longitud mientras se ejerce una fuerza, genera una mayor tensión por área en la sección transversal del músculo en comparación a las contracciones musculares concéntricas (Armstrong, R.R. Ogilvie, R. Schwane, J 1993), lo que resulta en un considerable daño estructural en el tejido muscular (Armstrong, R.y cols. 1993; Williams, K. 1995). Por lo tanto, el daño muscular observado después de un partido de rugby es parcialmente causado por las repeticiones intermitentes de las contracciones musculares excéntricas intensas durante la carrera, especialmente en las carreras de velocidad. Mediante microscopía electrónica (Friden, J.Sjostrom M, Ekblom B 1993; Newhan, D.McPhail G, Mills KR 1993), se ha observado disrupciones en las bandas A y disolución de las líneas Z de las fibras musculares posterior a la realización de ejercicio extenuante (Oglivie, R. Armstrong RB, Baird KE 1998), lo que se asocia al daño estructural sufrido por el estrés mecánico de la función contráctil del músculo. Este repetido micro trauma que sufren las fibras musculares sugieren ser la causa de lesiones musculares como desgarros, por lo que la capacidad del músculo dañado para generar la fuerza se reduce considerablemente (Nosaka, K. 1992), esta reducción en la función muscular no sólo afecta en una correcta participación durante un partido de rugby, sino que también aumenta el riesgo de lesiones de carácter articular (Nicholas, J. y cols.1990).

Mecanismo del daño muscular

Daño estructural

El daño muscular ocurre como respuesta al sobre estiramiento de los sarcómeros débiles durante la contracción excéntrica (Proske, M, 2001; Lieber, F. y cols.1999). Uno de los mecanismos propuestos para explicar el proceso es, que no todos los sarcómeros tienen la misma longitud y que sólo algunos son estirados durante estas contracciones. Este modelo defiende que la ruptura se da cuando los sarcómeros son estirados más allá de la superposición de los miofilamentos de

actina y miosina (Grassino, T. 2000; Proske, M, 2001; Lieber, Fy cols. 1999; Armstrong, W. 1991;

Mc Kune, T. y cols. (2012). Cuando la región de ruptura de los sarcómeros es suficientemente grande, la membrana de la fibra, los túbulos T, el retículo sarcoplásmico y otros elementos del citoesqueleto (tanto del propio sarcómero como externos a éste) son también dañados (Proske, My cols. 2001; Belcastro, S. 1998; Lieber, F y cols. 2002).

Los elementos del citoesqueleto dañados, cuya función principal es transmitir la fuerza desde los sarcómeros hasta la membrana, incluyen además aquellos importantes para mantener la estructura del disco Z (Figura 2), la organización de los sarcómeros y la integridad de la membrana celular (Mc Kune, P y cols. 2012; Lieber, F y cols. 2002). Entre estos elementos encontramos algunos dentro de la región sarcomérica, como la titina, y otros fuera del sarcómero, como la desmina y la distrofina (Lieber, F y cols. 2002). La titina es en gran parte responsable de las propiedades de resistencia a las cargas pasivas de la fibra y de la diferente rigidez entre músculos. La desmina es una proteína que forma una malla alrededor del sarcómero a la altura de las líneas Z, con lo que une estos discos entre sí y a la membrana plasmática, formando enlaces cruzados estabilizadores entre miofibrillas vecinas. La distrofina es una gran proteína que une la laminina, componente de la membrana de la fibra, con los filamentos de actina. Su falta, se asocia con la debilidad muscular ya que mantiene la integridad de la misma durante las cargas mecánicas a las que es sometida con las contracciones (Mc Kune, F y cols. 2012; Ross, P y cols. 2008).

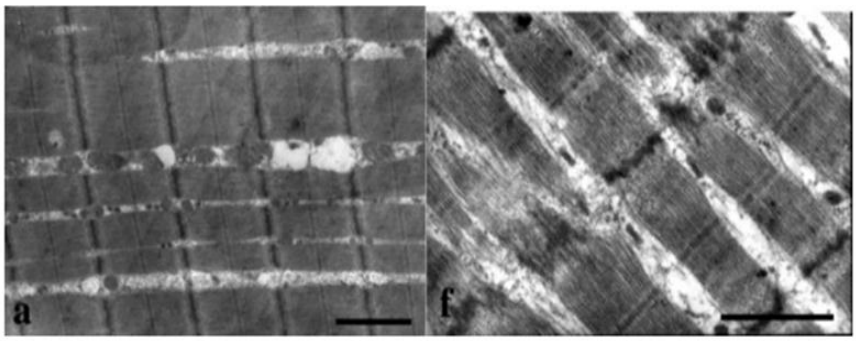

Figura 2: Electromiografía de secciones longitudinales mostrando daño muscular tras el ejercicio excéntrico en musculo esquelético humano. Modificado de Féasson et al (2002). La figura muestra las condiciones basales (a) y 1 día tras el ejercicio excéntrico (f).

Contracción muscular excéntrica y daño muscular

Vincent y Vincent (1997), informaron que el promedio del peak de actividad de la CK en sujetos entrenados, posterior a un entrenamiento intenso de pesas para los músculos de las piernas era de un 60% menor que en sujetos no entrenados, lo que sugiere que el entrenamiento permite que los músculos se vuelvan más resistentes a los daños inducido por el ejercicio. Además, el daño a un músculo entrenado se repara a un ritmo más rápido (Nicholas, Jy cols. 1990;Bird, Y,Waller AE, Marshall SW 1998).

Estudios confirman que, tras una primera sesión de entrenamiento con carga excéntrica, y si esta se repite las siguientes dos semanas, se encuentra un efecto protector ante el daño muscular, evitando la pérdida sustancial de fuerza, incluso en sujetos no entrenados (Newhan, D y cols. 1997; Ebbeling, C, Clarkson PM 2000; Jones, D. 1995). Estos efectos del entrenamiento se encontraron que tenían una duración alrededor de seis semanas, lo que sugiere una adaptación duradera a largo plazo.

La contracción muscular excéntrica

Podemos definir la contracción muscular excéntrica como aquella en que la tensión que genera el músculo es menor que la resistencia externa que se le aplica, por lo que el músculo se elónga o se distiende (Nardone y cols.2006). Frente a ella, dentro de las contracciones dinámicas esta la contracción muscular concéntrica (la resistencia externa es menor que la tensión generada por el músculo, lo que conlleva a que este se acorte). Cuando la fuerza aplicada a un músculo excede la fuerza producida por el mismo, éste se estira, absorbiendo energía mecánica. Así, el papel primario de las contracciones excéntricas en actividades habituales de la vida diaria es la desaceleración y absorción de energía. Esta energía mecánica que se absorbe durante las contracciones excéntricas es liberada en forma de calor, lo que explica que este tipo de acción muscular provoque un incremento mayor de la temperatura muscular que la del trabajo concéntrico.

Beneficios del entrenamiento del ejercicio excéntrico

Durante la contracción excéntrica se invierte el orden de reclutamiento de unidades motoras. Nardone y cols. (2006), comprobaron como UM que no habían sido reclutadas durante contracciones isométricas y concéntricas de los flexores plantares si lo habían hecho durante contracciones excéntricas. La amplitud del potencial de acción de dichas unidades se correspondía con el de UM de alto umbral (fibras rápidas). Además, la actividad del soleo (músculo compuesto predominante por fibras lentas) parecía inhibida en contraste con la actividad del gastrocnemio (predominancia de fibras rápidas), mucho más elevada (Howell, T, Chleboun G, Conatser R 2005), evaluaron la actividad electromiografica (EMG) del primer dorsal interóseo, llegaron a la misma conclusión, indicaron que durante la contracción excéntrica las UM de fibras rápidas son reclutadas selectivamente.

La contracción excéntrica conlleva una menor activación muscular que la contracción concéntrica e isométrica. La activación de determinados grupos musculares es entre un 35 y un 60% menor durante una contracción excéntrica que durante una contracción concéntrica equivalente (mismo grado de fuerza generada). McHugh y cols. (2010), compararon la actividad EMG de los músculos isquiotibiales durante un ejercicio concéntrico y un ejercicio excéntrico en máquina isocinética (seis series de 10 repeticiones con una carga equivalente al 60% de la FM). El análisis de la señal obtenida mediante EMG, demostró que las contracciones excéntricas se caracterizan por una frecuencia media menor y una actividad EMG por unidad de momento de fuerza (torque) menor que las contracciones concéntricas. Estos resultados refuerzan la hipótesis que durante las contracciones excéntricas se produce una menor activación de las unidades motoras en comparación con otras acciones musculares (concéntrica o isométrica). Como indica Enoka (2006), esta menor actividad puede ser debido a dos factores:

- Un menor nivel de activación de todas las motoneuronas.
- Un menor número de motoneuronas implicadas.

Esta menor activación muscular que se da durante las contracciones excéntricas, parece ser la responsable de que incluso en individuos altamente entrenados, sea extremadamente difícil alcanzar la fuerza máxima excéntrica. La dificultad para alcanzar la fuerza máxima durante una contracción excéntrica puede estar relacionada con una hipotética imposibilidad del sistema nervioso central (SNC). Para activar completamente las UM implicadas en una contracción excéntrica máxima; se puede apuntar la existencia de un mecanismo inhibidor, específico para este tipo de acciones musculares. Westing y cols. (2010), utilizando la técnica de estímulos eléctricos supra impuestos durante contracciones máximas voluntarias, encontraron un incremento del momento de fuerza durante la contracción excéntrica máxima; por el contrario, las contracciones máximas isométricas y concéntricas, no se vieron influenciadas por esta estimulación extra.

La contracción excéntrica requiere un menor costo energético que la contracción concéntrica e isométrica. La primera evidencia que llevo a barajar esta posibilidad surgió en un experimento llevado a cabo por Abbot y cols. (1952), los cuales conectaron dos cicloergometros en sentidos opuestos (espalda contra espalda) con una única cadena; de esta manera, un sujeto pedaleaba en sentido normal y el otro trataba de frenar el movimiento hacia atrás de los pedales. Así observaron como la tarea era mucho más fácil para el sujeto encargado de frenar el movimiento (el que trabajaba excéntricamente). Al año siguiente, Asmussen (1953) concluyo que el consumo de oxígeno y la respuesta cardiorrespiratoria es ostensiblemente inferior en el ejercicio excéntrico en comparación con un ejercicio concéntrico equivalente. Bigland-Ritchie y Woods (1976), por su parte, indicaron que los requerimientos de oxigeno del pedaleo excéntrico sub máximo equivalen a un sexto o séptimo de los correspondientes al pedaleo concéntrico, ejecutado éste con la misma carga de trabajo.

Daño mecánico en entrenamiento excéntrico

La primera evidencia clara de que la actividad excéntrica produce alteraciones morfológicas en el músculo, fue proporcionada por Fridén y cols. (1981), los cuales examinaron biopsias musculares de sujetos que habían descendido una gran cantidad de escalones y habían desarrollado dolor muscular tardío (DOMS). Observando dichas muestras con microscopio electrónico detectaron importantes cambios en la línea Z, tales como ensanchamiento, liberación de material propio de la línea Z a través del sarcómero y desorganización de los elementos. Newham y cols. (1983) observaron anormalidades morfológicas similares detectadas por Fridén y cols. (1981) tras 20 minutos del ejercicio del escalón; esto es, desorganización de miofilamentos, liberación de material de las líneas Z fuera del sarcómero y perdida de líneas Z. Esta desorganización de estructuras dentro del sarcómero parece provocada por los repetidos estiramientos en los discos Z, dado que afectaría también a las

moléculas de titina, íntimamente ligadas a los discos Z. Beaton y cols. (2010), encontraron una gran variabilidad en el daño observado en los discos Z a partir del análisis de biopsias tomadas en tres puntos diferentes del cuádriceps (ambas piernas). Esto viene a reforzar la idea de un daño selectivo y no homogéneo. Existen evidencias que las fibras rápidas son más susceptibles al daño inducido por contracciones excéntricas. Friden y cols. (1987), observaron una disrupción miofibrilar tres veces mayor en fibras rápidas que en fibras lentas tres días después de un ejercicio excéntrico en cicloergometro. Este hecho puede estar en relación con el especial patrón de reclutamiento de unidades motoras que presumiblemente se produce durante la contracción excéntrica.

El daño inducido mecánicamente en determinados componentes de la célula muscular, principalmente el sarcolema y el retículo sarcoplasmatico, puede inducir un incremento en la concentración intracelular de ion calcio. En este sentido, se han encontrado concentraciones de calcio anormalmente elevadas en el citosol de células musculares tras ejercicios con alto componente excéntrico, Garcia-Lopez y cols. (2010).

Respuesta inflamatoria

La lesión provocada mecánicamente en distintas estructuras de la célula muscular, desencadena una respuesta inflamatoria mediada por la síntesis de leucotrienos y prostaglandinas (prostaglandinas E2 y PGE2); son estas últimas, las que causan la sensación de dolor, ya que hipersensibilizan determinadas aferencias primarias (Tomiya A, Aizawa 2008). Los leucotrienos incrementan la permeabilidad vascular y actúan como factores quimiotácticos atrayendo neutrófilos al foco de daño. Además de las células del sistema inmune, se produce una acumulación de líquido en el tejido lesionado, lo cual provoca la característica hinchazón (utilizada como marcador de daño).

Las primeras células que se infiltran en el tejido dañado son los neutrófilos, cuyos incrementos tras ejercicios de alta intensidad se han detectado

tanto en el torrente sanguíneo como en el tejido muscular. Su activación está relacionada con las micro lesiones provocadas por el ejercicio, dado que varios autores han encontrado correlaciones positivas entre los neutrófilos circulantes y ciertos marcadores de daño, tanto directos (disrupciones a la altura de la línea Z) como indirectos (concentración plasmática de CK y mioglobina), tras protocolos de ejercicio con alto componente excéntrico (Tomiya A, Aizawa 2008).

Efectos agudos del entrenamiento excéntrico

Disminución de la fuerza y función muscular. Uno de los efectos adversos agudos más importantes del ejercicio excéntrico es la disminución de la fuerza muscular que se evidencia a las horas después de haber realizado este ejercicio. Una explicación por la cual se producen estos síntomas es que el ejercicio excéntrico produce una disrupción del sarcolema y por ende se desencadenan respuestas inflamatorias a nivel muscular (Fernández-Gonzalo, R.y cols. 2014), donde se produce una desorganización de los miofilamentos en la línea-Z, el cual se distribuye a lo largo del sarcomero, llegando al punto en que puede desaparecer esta línea. Se cree que estos cambios estructurales pueden ser focales o generalizados (Allen, D. 2001). Esta es una de las teorías, llamada “falta de homogeneidad del sarcomero”, que se ha propuesto respecto a la pérdida de fuerza, ya que aún no está claro el mecanismo exacto que la produce (Hyldahl, R.y cols. 2014). Las otras teorías son, una falla en el acoplamiento excitación-contracción y alteración en los elementos del citoesqueleto, como la titina, nebulina, desmina y destrofina (Allen, D. 2001). Cabe destacar que el daño muscular inducido por el ejercicio se produce mayormente durante la primera etapa del trabajo excéntrico como respuesta a un fenómeno de daño muscular agudo, el cual es prácticamente inexistente al repetir el ejercicio subsecuentemente. Esta adaptación se conoce como el “efecto de dosis repetidas” (Penailillo, L.Blazevich A, Numazawa H, Nosaka K2013; McHugh, My cols. 2003; Chen, T. 2009).

Rigidez muscular. La rigidez muscular ha sido evaluada a través de la pérdida cuantificable del ROM, antes y después de realizar un ejercicio excéntrico (Clarkson, P.y cols. 1992), comportándose de manera similar al dolor muscular inducido por ejercicio excéntrico, en donde las mayores pérdidas de ROM se reportaron dentro de las primeras 48 horas (Jamurtas, A, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V 2005) y no vuelven a la normalidad en algunos casos hasta los cuatros días post ejercicios (Howell, J.y cols. 1997). La rigidez en sí, no tiene una causa específica, más bien es el conjunto de varios procesos que ocurren tras un ejercicio demandante, entre ellos: la ruptura de miofibrillas musculares, el edema post ejercicio y el propio dolor al estiramiento muscular que limitan de algún modo la excursión articular, limitando el ROM. El edema como causa de rigidez pasiva se ha descartado debido a que el peack de inflamación post ejercicio se encuentra cerca del quinto día, lejos del peack de mayoría de perdida de ROM que se encuentra 24-48 horas post ejercicio (Clarkson, P.y cols. 1992). La rigidez muscular altera la función muscular los días posteriores al haber realizado un ejercicio demandante, por lo que el conocer este fenómeno es de suma importancia, ya que en los últimos años se ha postulado que sujetos más flexibles o menos rígidos son menos susceptibles al daño muscular inducido por ejercicio (Chen, C. y cols. 2011; McHugh, M.y cols. 1999). Es importante señalar que al igual que el dolor muscular y otras características del daño muscular inducido por ejercicio generado por el entrenamiento excéntrico, la rigidez muscular, se ve menos afectada desde la segunda sesión de entrenamiento excéntrico (Janecki, D.y cols. 2011).

Proteínas musculares específicas. El entrenamiento excéntrico realizado por primera vez produce un daño muscular y también una respuesta inflamatoria, lo que lleva a una alteración en los niveles de actividad de algunas proteínas específicas. Las que ven aumentado sus niveles en sangre son, la CK, Mb, LDH, interleukina-1 (IL-1) y factores de crecimiento (Klossner, S.Dapp C, Schmutz S, Vogt M, Hoppeler H, Fluck M 2007).

La CK ve aumentado sus niveles en sangre un 33% a las tres horas posterior al ejercicio, con un peak entre las 24 y 48 horas (Klossner, S.Dapp C, Schmutz S, Vogt M, Hoppeler H, Fluck M 2007), volviendo a niveles normales al noveno día en sujetos no entrenados (Evans, W.y cols. 1986). La Mb se comporta de forma similar a la CK, aumentando su nivel inmediatamente posterior al ejercicio excéntrico, registrándose un aumento en su concentración los cinco días posteriores al ejercicio excéntrico. Los niveles de actividad de LDH se ven aumentados luego del ejercicio excéntrico y al igual que la Mb, se vio que este aumento se mantiene hasta el quinto día (Chen, T. 2009). Otra proteína que se ve afectada es la IL-1, la cual aumenta en niveles significativos, y que se pueden observar a las tres horas posteriores al ejercicio en sujetos no entrenados. Este aumento se debe a la liberación de proteínas a causa del daño que se produce en las fibras del músculo ya que se encuentran dentro de ellas y al ser dañadas son liberadas (Evans, W, Meredith CN, Cannon JG, Dinarello CA, Frontera WR, Hughes VA 1986). Por último, los factores de crecimiento también aumentan su actividad ya que juegan un rol importante en la reparación del tejido muscular, el cual fue dañado al realizar el ejercicio excéntrico (Hameed M, y cols. 2008).

Dolor muscular. El dolor muscular es normalmente determinado subjetivamente utilizando una escala numérica llamada escala visual análoga (EVA). Se pide a los individuos que marquen en una escala escrita de longitud fija, el nivel de dolor sentido en sus músculos (Warren, A. 1999).

El dolor muscular tardío (DOMS) es un efecto del daño muscular inducido mediante ejercicio (Blasco, 2012; Nosaka, K. 2008). Se desarrolla a las 24-48 horas tras el ejercicio, teniendo el pick en las primeras 24-72 horas y terminando a los 5-7 días (Clarkson, Nosaka, Braun, 1992; Nosaka, K. 2008). Este dolor no tiene por qué darse en reposo, suele aparecer ante estímulos mecánicos, de estiramiento o contracción del músculo afectado (Nosaka, K. 2008). En cuanto a la localización del dolor, algunos estudios indican que se siente en el músculo entero que otros que se siente en la porción distal en la unión miotendinosa (Córdova & Álvarez, 2001).

Este dolor se ha atribuido a las neuronas aferentes tipo III y IV. Los nocireceptores mecánicos son normalmente fibras tipo III, mientras que las fibras tipo IV son polimodales (Nosaka, K. 2008).

El mecanismo primario en la sensación de dolor incluye la hinchazón y la consiguiente presión intramuscular aumentada por la inflamación, que activa los mecanoreceptores residentes. Los cambios químicos, como son el aumento de histamina, bradikinasas y prostaglandinas que siguen a la infiltración de células inflamatorias y a la ruptura de los componentes miocelulares, también pueden ser responsables del dolor al activar los nocireceptores polimodales (Nosaka, K. 2008).

Entrenamiento excéntrico y ganancia de masa muscular

Las líneas teóricas que se han utilizado para explicar la supremacía del entrenamiento excéntrico respecto al aumento de la masa muscular son dos, la primera está relacionada con la mayor capacidad para generar la fuerza máxima que presentan las contracciones excéntricas y la capacidad de inducir daño muscular, también inherente a la contracción excéntrica, es el otro mecanismo que ayudaría a explicar la mayor hipertrofia que se logra a través del trabajo excéntrico; este daño, con la consiguiente degradación proteica en la fibra muscular, inicia un proceso de reparación que potenciara la respuesta hipertrófica (Mayhew,y cols. 2005).En relación con esta idea, (Hortobágyi,y cols. 2006) observaron como un programa de entrenamiento excéntrico con cargas máximas incrementaba significativamente la talla de las fibras tipo II. Esta hipertrofia selectiva está en consonancia con el reclutamiento de unidades motoras de fibras rápidas que se produce durante la contracción excéntrica.

Entrenamiento excéntrico y ganancia de fuerza muscular

Sea de forma aislada (ejercicio excéntrico puro) o de forma combinada (ejercicios tradicionales, con fase concéntrica y excéntrica), parece que el estímulo

excéntrico tiene un papel fundamental en la ganancia de fuerza. Así, algunos estudios han comparado entrenamientos puros concéntricos con entrenamientos combinados (fase concéntrica y excéntrica) y han encontrado que estos últimos inducen mayores ganancias de fuerza (Colliander & Tesch 2000; Hather,y cols. 1991).

Pensini y cols. (2008), superponiendo la electro estimulación durante contracciones máximas y analizando la actividad EMG, concluyen que la ganancia en el momento de la fuerza tras un entrenamiento excéntrico es debida a adaptaciones de tipo central, relacionada con una mayor activación agonista y una reducción en la coactivación antagonista. En resumen, la ganancia de fuerza inducida a corto plazo por el entrenamiento excéntrico estaría provocada por adaptaciones neurales, mientras que la hipertrofia muscular iría ganando más protagonismo con el paso del tiempo y de las sesiones de entrenamiento.

Características del efecto de dosis repetidas de ejercicio excéntrico

Ken Nosaka (1996) describe un mecanismo, denominado repeated bout effect, mediante el cual el trabajo excéntrico tendría un efecto protector a nivel del tejido conectivo. Nosaka (1996) indica que tras una primera sesión de ejercicio excéntrico y después de una recuperación completa, la repetición de otra sesión del mismo ejercicio causa un daño muscular mínimo, repeated bout effect. De este modo el umbral de rotura del músculo aumenta, así como la capacidad de absorber cargas, produciendo un efecto protector que lo hace menos vulnerable a las rupturas.

Planificación y diseño de programas de entrenamiento excéntrico: Pautas básicas

La mejora de la fuerza muscular como resultado de los programas de ejercicios de resistencia progresiva, se atribuye al aumento de la masa muscular esquelética (Tesch, P. 1988) y adaptación neuronal. Reconociendo que un

entrenamiento de pesas intenso, enfatizando altas cargas y bajas repeticiones (4 a 6 RM) va a producir adaptaciones neurales, mientras que un entrenamiento de carga y repeticiones moderadas (8 a 10RM) están más asociadas a la hipertrofia muscular (Kraemer, W. 1996). Los ejercicios con pesas y maquinas utilizan la misma carga para las acciones musculares tanto en concéntrico, como excéntrico, pero un entrenamiento enfocado en el trabajo en excéntrico genera mayores niveles de desarrollo de fuerza (Enoka, R. 1996), cuando normalmente, las cargas de entrenamiento se enfocan en la fuerza máxima concéntrica.

Los ejercicios de pesas y máquinas utilizan la misma carga para las acciones musculares concéntricas y excéntricas y se reconoce como entrenamiento de resistencia externa dinámica constante (DCRE) (Weiss, L. 1999) de levantamiento de pesas. Aunque es posible desarrollar mayores niveles de generación de la fuerza durante las acciones excéntricas (Enoka, R. 1996), la carga de entrenamiento, está configurada normalmente por la fuerza máxima concéntrica. Consecuentemente, la intensidad relativa de la carga se ve reducida durante la fase excéntrica en cada repetición de DCRE. Si las adaptaciones musculares son dependientes de la magnitud de la carga de entrenamiento, así como del número de repeticiones (Kraemer, W. 1996), es posible que el músculo no reciba los estímulos óptimos durante los entrenamientos de DCRE. Un protocolo que incremente las cargas durante la fase excéntrica permitiendo al mismo tiempo 8 a 10 repeticiones, puede producir una mayor adaptación neuromuscular que los entrenamientos de DCRE. (Ben-Sire, D. 1995).

Incorporación entrenamiento excéntrico

Mike y cols. (2005) reconoce 4 tipos de programas para integrar el entrenamiento muscular en excéntrico:

Técnica 2/1. La técnica de 2/1 consiste en levantar el peso a través de su rango de movimiento concéntrico con 2 extremidades, y luego mover el peso a través de la fase excéntrica con 1 extremidad. La carga debe ser lo

suficientemente fuerte para tirar a través de la fase concéntrica lo más rápido posible, pero lo suficientemente pesado como para desafiar a la persona a lo largo de la fase excéntrica. Específicamente, la carga durante la fase excéntrica debe ser dos veces más alta que la fase concéntrica, y una carga aproximada del 70%RM concéntrica bilateral se considera que es un punto de partida general. Se realizan series de 3-5 repeticiones por extremidad (6-10 repeticiones en total por serie), con un intervalo de descanso de 60 segundos (Mike y Cols, 2005).

Técnica de 2 movimientos. La técnica de 2 movimientos es ligeramente más compleja en comparación con la técnica excéntrica 2/1. Con la técnica de 2-movimiento, se recomienda que la fase concéntrica debe ser un ejercicio compuesto (poliarticular), junto con un ejercicio de aislamiento para la porción excéntrica que resiste. Esta técnica debe ser practicada en personas altamente capacitadas, y los parámetros de volumen y carga deben consistir en un 90- 110% de su carga máxima, con 4-5 series de 5 repeticiones, con una duración excéntrica de 5 segundos. Los periodos de descanso deben ser de 1-2 minutos entre series (Mike y Cols, 2005).

Lento / súper lento. Esta técnica, solicita que el levantador ejecute una fase excéntrica exagerada a baja velocidad, mientras concéntricamente levanta la barra en forma explosiva. Esta es quizás, una de las técnicas excéntricamente más comunes en comparación con otras técnicas, y como resultado, se ha utilizado en mayor medida.

Se debe enfatizar que la duración excéntrica varíe en función de la carga utilizada. Por ejemplo, 1 RM inferior produce una mayor duración excéntrica (es decir, 60% 10- 12 segundos, mientras que una carga más pesada (es decir, 85%) tiene una duración de acción excéntrica de 4 segundos. Una carga que va desde el 60 a 85%RM se utiliza comúnmente con tiempos de fase excéntrica que van de 2 a 15 segundos, dependiendo de la asignación de carga, tipo de

movimiento, tamaño del grupo muscular, etc. Con descanso de 60 segundos (Nosaka,K. y cols., 2004).

Ejercicios efectuados en programa de entrenamiento excéntrico, los cuales fueron desarrollados en este estudio

Nordic Curl. El “Nordic Hamstring”ha demostrado ser capaz de incrementar el torque de fuerza excéntrica en la musculatura isquiotibial (Mjolsnes, R, Arnason, A, Osthagen, T, Raastad, T 2004) y cambiar el ángulo en la curva de torque-articulación de los isquiotibiales a longitudes musculares mayores (Brockett, C. 2001), por lo que es considerado como un ejercicio óptimo para reducir las lesiones en esta musculatura. Se han realizado diversos estudios con jugadores de fútbol élite que incluyeron el entrenamiento con este ejercicio como parte de su programa de acondicionamiento, tanto en pretemporada como en temporada, manifestando una reducción del 65% en lesiones de los isquiotibiales en comparación con los equipos que no lo hicieron (Arnason, A. 2008). Además, estos equipos también redujeron los indices y severidad de estas lesiones en comparación con temporadas previas (Arnason, A. 2008). Un reciente dispositivo emplea este ejercicio como test de campo para valorar la fuerza máxima isquiotibial excéntrica y desequilibrios entre piernas, con un tiempo de valoración de menos de 2 minutos por deportista (Opar, D, Williams, MD, Timmins, RG, Hickey, J, Duhig, SJ, and Shield, AJ 2013). En esta investigación se reflejó que bajos niveles de fuerza excéntrica acrecentaron el riesgo de una posterior lesión en jugadores de fútbol elite australianos (Opar, Dy cols. 2014).

Sentadilla Cinturón Ruso Cuádriceps. El Cinturón Ruso fue desarrollado en la antigua URSS y utilizado en el entrenamiento de los atletas de dicho país (Da Silva, M,PadullésJM, Núñez V, Viana B, Gómez JR, Lancho JL2005). Con unas ligeras modificaciones, fue introducido en España por Hans

Ruf, entrenador de la selección española de atletismo. La patente del Tirante Musculador describe la utilidad para potenciar músculos como cuádriceps, isquiotibiales y lumbares de forma óptima, ya que hace trabajar los mismos de forma excéntrica (Ruf, H. 2001), creando una mayor tensión muscular y una mayor incidencia sobre el tejido tendinoso y muscular, produciendo una hipertrofia en sentido longitudinal, en lugar de transversal lo que disminuye el riesgo de lesiones musculares (Ruf, H. 2001). En el caso de lesiones tendinosas se obtienen beneficios en la mejora la resistencia del tejido, alineación de las fibras del tendón, fortaleciendo en el tiempo y en consecuencia el logro de una mayor capacidad para suplir las demandas mecánicas. Puede destacarse el aumento de la elasticidad de los tejidos; aumento de la fuerza y resistencia del complejo músculo - tendón y reeducación de la sensibilidad propioceptiva. (Salinas, S. 2010).

Peso muerto Rumano. Considerado como una variación del peso muerto convencional, el peso muerto rumano tiene como enfoque principal el trabajo de la musculatura glútea e isquiotibiales, generado por la rotación aislada de la articulación de la cadera, teniendo un predominio de activación muscular durante toda la fase excéntrica.

Excéntrico Tríceps sural. Se reconoce el efecto rehabilitador ante tendinopatías aquileanas en el que muchos autores han incluido en los programas de ejercicios (Nichols, Ay cols. 1999; Galoway, My cols. 1992). El primer trabajo que sugiere la superioridad de este tipo de ejercicios se publica en 1992. Niesen-Vertommen y cols. (1992) observan que en pacientes con tendinopatia aquileana, de más de 4 semanas de evolución, ante un programa de ejercicios excéntricos mejoraban más rápidamente los síntomas que un programa de ejercicios concéntricos. Los estudios más importantes y de mayor calidad metodológica (prospectivos, aleatorizados y con grupo control) no se publican hasta el año 2001, reportando que el 82% de los que realizaron un entrenamiento excéntrico volvieron al nivel deportivo previo frente al 36 % de los que siguieron un programa

de ejercicios concéntricos (Mafi, N. 2001). Los autores recomiendan que el ejercicio se realice siempre lentamente y que la carga de trabajo debe tener la suficiente magnitud como para provocar dolor en el tendón (si no provoca dolor recomiendan incrementar el nivel de ejercicio). Curwin y Stanish (1984) proponen progresar aumentando la velocidad a la que se realiza el ejercicio e insisten en que no debe producir ningún tipo de dolor. Aunque estos autores no han realizado ensayos aleatorizados con grupo control sí han publicado amplias series de pacientes tratados con excelentes resultados.

Por lo tanto, la presente tesis de pre-grado tiene como objetivo investigar el efecto protector del entrenamiento de cargas excéntricas para extremidad inferior con el objetivo de disminuir el dolor y aumentar la funcionalidad inducido por el daño muscular posterior a un partido de rugby. Es de nuestro interés evaluar dolor, mediante puntos dolorosos a la presión (PPT), escala visual numérica (EVN) y la funcionalidad muscular de la extremidad inferior (LEFS), en la tercera y cuarta fecha del torneo Nacional ADO 2015, evaluando 24 horas previas y 24 y 48 posteriores al partido a de rugby. Con esto buscamos determinar si el ejercicio excéntrico para extremidades inferiores podría ser utilizado como una herramienta preventiva para disminuir la probabilidad de lesiones adquiridas durante una temporada regular de rugby.

i.- Pregunta de investigación

¿Es el entrenamiento con sobrecarga excéntrica una herramienta eficaz para disminuir el dolor y aumentar la funcionalidad en rubgistas amateur posterior a un partido de rugby?

Ii.- Hipótesis

- H0: El entrenamiento excéntrico no demostró ser eficiente en la disminución del dolor y funcionalidad en extremidades inferiores posterior a dos partidos de rugby en rugbistas amateur.

- H1: El entrenamiento excéntrico disminuye el dolor y aumenta la funcionalidad en extremidades inferiores posterior a dos partidos de rugby en rugbistas amateur.

iii.- Objetivo general

- Determinar la eficacia de un entrenamiento excéntrico sobre el dolor y la funcionalidad de extremidad inferior posterior a dos partidos de rugby en rugbistas aficionados de la primera división del torneo nacional ADO 2015

iv.- Objetivos específicos

- Determinar dolor muscular y funcionalidad de extremidad inferior antes, y por dos días posterior a dos partidos de rugby en un grupo que recibió un entrenamiento excéntrico y otro grupo control.
- Comparar dolor muscular y funcionalidad inducido, antes y por dos días a un partido de rugby entre grupo excéntrico y grupo control.

Capítulo 2: Materiales y Métodos.

a.- Diseño de investigación.

La presente investigación tiene un diseño de estudio con enfoque cuantitativo, de finalidad experimental, un tiempo longitudinal y prospectivo.

b.- Universo, población y muestra.

Universo: Jugadores de rugby aficionados pertenecientes a la Asociación de Rugby de Santiago (ARUSA) que participaron en el torneo nacional ADO 2015.

Población: Todos los jugadores que se encuentren inscritos en los Clubes Old Locks y Old Reds, de la asociación de Rugby de Santiago (ARUSA).

Muestra: 20 integrantes de dos equipos, pertenecientes a la primera división de Rugby de Santiago (ARUSA), que participaron en el torneo nacional ADO 2015, estos se dividen en 10 jugadores de Old Locks (grupo ECC) y 10 jugadores de Old Reds (grupo CON), definidos ambos según los criterios de inclusión y exclusión, además de tener la disposición para colaborar con la investigación.

c.- Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión para ambos grupos.

- Sujetos entre 18 y 35 años, pertenecientes a los Clubes Old Locks y Old Reds

- Jugadores de rugby aficionados inscritos en la Asociación de Rugby ARUSA

- Carga de entrenamiento: 4 veces a la semana, 2 físico, días Lunes y Miércoles y 2 de cancha, días Martes y Jueves, durante 8 semanas, previo al torneo nacional ADO 2015

- Asistencia de 100% a la preparación física

- Sujetos que participen en el primer equipo y en calidad de titulares en las dos fechas a medir

- Asistencia por sobre del 90% a entrenamiento en cancha, dicha asistencia fue cuantificada por el Staff Técnico, mediante una bitácora de asistencia, en la cual consignan, asistencia a entrenamiento en cancha, preparación física y partidos disputados, tanto de entrenamiento como por el campeonato nacional ADO 2015

Criterios de exclusión para ambos grupos.

- Sujetos que tengan antecedentes de fracturas en EEII

- Sujetos que presenten antecedentes de cirugías o diagnóstico médico de patología musculo esquelético de carácter crónico

- Uso de sustancias anabólicas

- Uso de ayudas ergogénicas

- Consumo de alcohol en horas previas a cada evaluación

- Que juegue menos de 80 minutos por partido, el tiempo en cancha fue cuantificado mediante, el periodo entre el inicio del juego, a la interrupción de este

juego por el árbitro y el periodo de interrupción de un juego, por el árbitro para el inicio de la siguiente jugada (Kraemer, W. & Ratameses, N. 2008)

d.- Metodología

Participantes

20 Jugadores de rugby aficionados entre 18 y 35 años, sin patologías musculo esqueléticas o neuromusculares previas a 3 meses, que hayan participado en la primera división del campeonato nacional ADO 2015, en donde 10 jugadores del Club Old Locks recibieron el entrenamiento con carga excéntrica y 10 jugadores del Club Old Reds como grupo control. Previo a someter a los sujetos al programa de entrenamiento excéntrico, todos los participantes fueron informados del estudio que llevaríamos a cabo, posteriormente los interesados firmaron un consentimiento informado (Anexo N°1).

Diseño del estudio

Se integró un plan de entrenamiento de carga excéntrica, el cual se acordó en conjunto con el preparador físico del club Old Locks, quien fue el encargado de ejecutar y llevar a cabo el entrenamiento, en el cual participaran todos los jugadores que integran dicho Club, dicho plan se llevó a cabo durante un periodo de 8 semanas, al inicio de la pretemporada del torneo nacional ADO 2015 con fecha, 8 de Junio y finalizando el 29 de Julio de 2015. Dichos entrenamientos se realizaron en el gimnasio de musculación y cancha del Colegio Wenlock, ubicado en Carlos Peña Otaegui N°10880, comuna de Las Condes, Santiago de Chile, los días lunes y miércoles de 20:00 a 21:30 Horas. Para el grupo control se solicitó la planificación de la pretemporada del club Old Reds al staff técnico, corroborando que no presentara estímulos de carga excéntrica alguna en su plan de preparación física.

La pauta de entrenamiento entregada, constó de 2 mesociclos, en los cuales se trabajó con los siguientes ejercicios:

1.- Nordic Hamstring

Se debe realizar en parejas, el ejecutante mantendrá las rodillas apoyadas en el piso con una flexión inicial de 90° procurando mantener la columna los más erguida posible durante toda la ejecución del ejercicio, el deportista que asiste al ejecutante debe posicionarse por la parte posterior a este, sujetando las pantorrillas (Fig. 3). El ejecutante, debe realizar una extensión de rodillas procurando no perder la posición inicial de cadera y columna, debe bajar lo más cercano al piso posible y al final del gesto apoyar las manos en el piso e impulsarse nuevamente a la posición inicial (Sebelien, C. y cols. 2005; Sayers, A. Sayers, S. 2008).

Figura 3: Nordic Hamstring

2.- Sentadillas cinturón ruso

La sentadilla con el cinturón ruso se realiza pasando el cinturón por un sitio fijo y fijando las pantorrillas a nivel del hueco poplíteo, dejando caer en una fase excéntrica el cuerpo con el centro de gravedad por fuera del fulcro de la palanca (Rodilla), se parte de una posición inicial bípedo erguido y se finaliza llegando a una sentadilla con una triple flexión de 90º para cadera, rodilla y tobillo (Da Silva et. Al. 2004).

Figura 4: Sentadilla cinturón ruso

3.- Peso muerto rumano

La base de este ejercicio radica en que todo el movimiento se logra a través de la rotación en la articulación de cadera. El ejecutante debe sostener una barra con el peso seleccionado para el ejercicio, en este caso 60-85% de 1 RM, el antebrazo debe estar en pronación un poco más de la altura de los hombros. La posición inicial del ejecutante debe estar bípedo lo más erguido posible (Fig.1), debe comenzar bajando la barra lentamente flectando las rodillas hasta llegar aproximadamente a 15-20° y la espalda debe mantenerse lo más alineada posible durante toda la ejecución (Fig.2). Una vez en la posición baja, debe volver a erguirse, contrayendo musculatura de la cadena posterior extensora (Fig.3) (Frounfelter, G. 2000).

Figura 5: Peso muerto rumano

4.- Excéntrico de tobillo

El ejercicio se realiza en posición unipodal con el antepié sobre un step, posicionando la articulación de tobillo en una máxima flexión plantar. Rodilla y cadera deben estar en una posición neutra y las manos como punto de apoyo para la mantención de equilibrio de todo el segmento corporal, a continuación, se debe realizar un descenso controlado hasta llegar a una flexión dorsal máxima, para volver a la posición inicial el deportista debe ayudarse con ambas piernas para realizar la fase concéntrica de la flexión plantar. (Sayana, M. &Maffulli, N. 2006; Horstmann, T. y cols.2013).

Figura 6: Excéntrico tobillo

Planificación de pauta entrenamiento excéntrico

En conjunto al preparador físico del club Old Locks, el señor Marcelo Reyes, se incorporó un entrenamiento excéntrico al programa de pesas para la pretemporada previa al torneo Nacional ADO 2015 (Mike, J. y cols.. 2015). Dicho plan se confeccionó en base a los 4 ejercicios ya mencionados, integrando las cargas físicas para una planificación de dos mesociclos, de cuatro microciclos cada uno (Zhelyazkov, T. 2001), ambos programas fueron aprobados por el Staff técnico del Club. (Figura 7)

MESOCICLO 1	MICROCICLO 1	MICROCICLO 2	MICROCICLO 3	MICROCICLO 4
EJERCICIOS	BÁSICO	CRECIENTE	CHOQUE	SUPERCOMPENSACIÓN
NORDIC CURL (ISQUIOTIBIALES)	3-10	4-10	2-10 2-8	3-10
CINTURON RUSO (CUÁDRICEPS)	3-10	4-10	4-15	4-10
PESO MUERTO (ISQUIOTIBIALES)	2/8 (80%) – 2/6 (85%)	1/8 (80%) - 1/6 (85%) - 2/4 (90%)	1/10 (75%) - 1/5 (87%) - 3/3 (93%)	2/8 (80%) – 2/6 (85%)
ECC TOBILLO (TRICEPSURAL)	4/10	4/15	4/20	5/10

MESOCICLO 2	MICROCICLO 1	MICROCICLO 2	MICROCICLO 3	MICROCICLO 4
EJERCICIOS	BÁSICO	CRECIENTE	CHOQUE	SUPERCOMPENSACIÓN
NORDIC CURL (ISQUIOTIBIALES)	4/10	4/15	4/20	5/10
CINTURON RUSO (CUÁDRICEPS)	3-10 (+45 libras o 20 Kg)	4-10 (+45 libras o 20 Kg)	4-15 (+45 libras o 20 Kg)	4-10 (+45 libras o 20 Kg)
PESO MUERTO (ISQUIOTIBIALES)	2/8 (80%) - 3/6 (85%)	1/8 (80%) - 2/6 (85%) - 2/4 (90%)	1/10 (75%) - 1/5 (87%) - 1/3 (93%) - 1/1 (100%) - 1/3 (93%)	2/8 (80%) – 2/6 (85%)
ECC TOBILLO (TRICEPSURAL)	4/10 (+45 libras o 20 Kg)	4/15 (+45 libras o 20 Kg)	4/20 (+45 libras o 20 Kg)	5/10 (+45 libras o 20 Kg)

Figura 7: Pauta entrenamiento excéntrico

Los ejercicios presentados con % debieron ser ajustados a cada jugador según su peso corporal.

Cada serie, consideró un periodo de descanso de 90 segundos entre cada serie, para cada fase excéntrica en los ejercicios se pidió 3 segundos de contracción aproximadamente.

Medición Daño muscular

Se evaluaron dos partidos, correspondientes a la tercera y cuarta fecha del torneo Nacional ADO 2015, en 3 instancias distintas, en un rango de 24 horas pre competencia, 24 post competencia y 48 horas post competencia; dichas mediciones consistieron en:

1.- Escala visual numérica

2.- Escala funcional extremidad inferior

3.- Algómetro de presión

Escala visual Numérica (EVN)

Con el fin de cuantificar el dolor muscular, se utilizó una escala visual numérica (EVN), el cual utiliza una línea horizontal con números enteros en un rango de 0 a 10 (Anexo Nº 2), donde 0 indica que no existe dolor y 10 indica el peor dolor experimentado en sus vidas. A los participantes se les solicitó seleccionar un número entre 0 y 10 para identificar el dolor que presentan en el momento de la evaluación en sus extremidades inferiores.

Escala Funcional de la extremidad inferior (LEFS)

Posterior al formulario de EVN, se dio entrega del cuestionario LEFS (Anexo N° 3) que tiene como finalidad evaluar el deterioro funcional de una o ambas extremidades inferiores. El cuestionario consta de 20 actividades, siendo calificadas cada una con un puntaje desde 0 (Dificultad extrema o incapaz de realizar la actividad), hasta 4 (Ninguna dificultad); dando un total máximo final de 80 puntos.

Algómetro de presión

Además, se midió el umbral de dolor a la presión de los jugadores mediante un Algómetro digital (Force One FDIX, Wagner, USA). (Figura 8), los puntos de presión fueron determinados mediante electromiografía superficial descritos en la guía para posicionamientos de electrodos para electromiografía de la SENIAM. Las mediciones fueron realizadas por el mismo evaluador. Para efectuar las mediciones se realizaron con el deportista en posición supino o posición prono según el grupo muscular a evaluar, sobre una camilla portátil facilitada por el equipo investigador. El algómetro se ubicó perpendicular al punto (1 cm² de área de estimulación) donde el investigador aplicó gradualmente una presión de 50 kPa*s-1 hasta que el participante manifestó la primera sensación de dolor en cada musculo. El promedio de 3 medidas fue el dato a analizar.

Figura 8: Algómetro Force One FDIX, Wagner, USA

Para la evaluación de la musculatura de las extremidades inferiores se contemplaron los siguientes músculos (Anexo N° 4)

1. **Glúteo Mayor**: deportista en posición prono sobre camilla, midiendo al 50% de la línea formada entre el Sacro y trocánter mayor.
2. **Recto Femoral**: Sentado sobre la camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia atrás; se midió al 50% de la distancia entre la EIAS y Patela.

3. **Vasto Medial**: Sentado sobre la camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia atrás; se midió al 80% de la línea entre la EIAS y la interlínea articular medial de la rodilla.
4. **Vasto Lateral**: Sentado sobre la camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia atrás; se midió al 2/3 de la línea desde la EIAS con el borde lateral de la patela.
5. **Bíceps Femoral**: en posición prono sobre la camilla y con las rodillas flectadas (menor a 90º), con el muslo en rotación lateral leve y la pierna en rotación lateral leve con respecto al muslo. Midiendo al 50% de la línea formada entre la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia.
6. **Tibial Anterior**: en posición supino, midiendo entre 1/3 de la línea conformada por la cabeza de la Fíbula y el maléolo medial.
7. **Gastrocnemio Medial**: en posición prono, la rodilla extendida y el pie que sobresale sobre el extremo de la mesa. Se midió en la protuberancia más prominente del músculo.
8. **Gastrocnemio Lateral**: en posición prono, la rodilla extendida y el pie que sobresale sobre el extremo de la mesa. Se midió a 1/3 de la línea entre la cabeza de la fíbula y el tobillo.

e.- Variables del estudio

Variable independiente

Ejercicio excéntrico

Este, se define como el programa de entrenamiento con carga excéntrica, que llevaran a cabo los jugadores de Old Locks durante la sesión de preparación física, dicha sesión tendrá una duración de 90 minutos, dos veces a la semana, durante 8 semanas.

Variables dependientes

	Definición conceptual	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Instrumento**
Escala de funcionalidad	Evaluar deterioro funcionalidad de extremidad inferir	Capacidad funcional extremidad inferior	80 puntos	Cuestionario LEFS
Escala visual análoga	Cuantificar dolor muscular	Sensación de dolor	0 – 10 cm	Escala
Dolor muscular	Manifestación sensorial y emocional en respuesta a un daño muscular	Dolor muscular percibido en extremidad inferior	Newton (N)	PPT

Variables desconcertantes

- Que el sujeto no entienda indicaciones del cuestionario o escala visual análoga
- Condiciones meteorológicas

f.- Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva con cálculos de media (X) y desviación estándar (SD) para todas las variables dependientes, promediadas en dos fechas de partidos del torneo regular ADO 2015.

Se utilizó, un ANOVA de dos vías con medidas repetidas para la comparación de las variables de EVN funcionalidad y PPT en los tres tiempos de medición (PRE, 24 H Y 48 H) para los dos partidos de rugby, entre ambos grupos.

Todo el análisis estadístico fue realizado con el software IBM SPSS Statistics 21 para Mac (SPSS Inc., IBM Company, Armonk, NY, USA). El nivel de significancia fue de $P<0.05$. Los datos son presentados en el texto como promedio ± desviación estándar.

Resultados

De un total de 20 jugadores, 10 jugadores del grupo excéntrico y 10 del grupo control, ambos fueron analizados estadísticamente.

La edad promedio del grupo excéntrico es de 27,2 ± 3,91 años y la edad promedio del grupo control es de 23,8 ± 2,48 años, los cuales promediaron un peso de 90.15± 10,61 Kg para el grupo excéntrico y de 89,3 ± 12,30 Kg para el grupo control en el periodo de evaluación. La talla promediada es de 1,79 ± 0,07 cms para el grupo excéntrico y de 1,77 ± 0,06 cms para el grupo control, arrojando así un IMC de 28,0 ± 1,49 para el grupo excéntrico y un IMC de 28,4 ± 3,22 para el grupo control (tabla 1).

	Edad	**Peso**	**Talla**	**IMC**
ECC	27,2 ± 3,91	90,15 ± 10,61	1,79 ± 0.074	28,03 ± 1,49
CON	23,8 ± 2,48	89,3 ± 12,3	1,77 ± 0,06	28,37 ± 3,22

Tabla 1: Caracteristicas de la muestra

Marcadores indirectos de daño muscular.

Dolor.

Escala visual numérica (EVN).

Basado en el efecto de interacción obtenido del ANOVA de dos vías no se observa una diferencia significativa entre grupo excéntrico y grupo control (P=0,094).

Basado en el efecto de interacción obtenido del ANOVA de una vía, el grupo excéntrico y grupo control presentan un aumento de dolor a las 24 y 48 posteriores al partido.

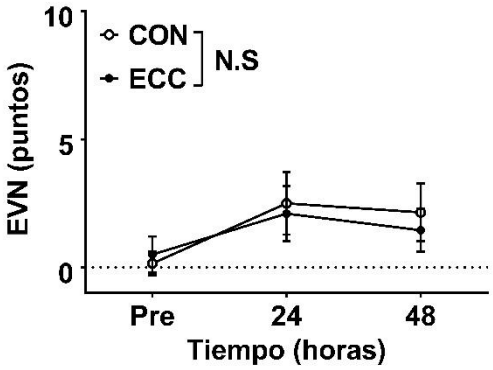

Figura 9: Escala visual numérica

Funcionalidad

El ANOVA de dos vías, con medidas repetidas encontró diferencias significativas en la funcionalidad percibido entre ambos grupos (P= 0,026).Las diferencias significativas entre ambos grupos se evidencian a las 24 y 48 Horas posteriores al partido, siendo menor la disminución de puntaje promedio para el grupo ECC.

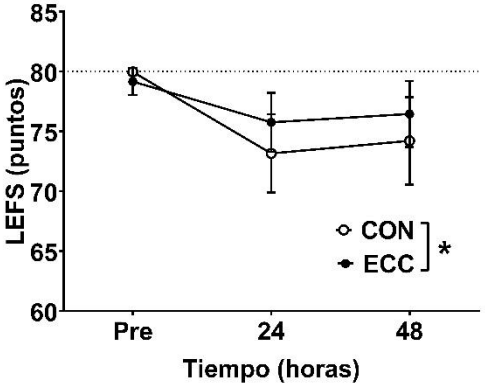

Figura 10: Cuestionario LEFS

PPT

Basado en el ANOVA de dos vías, el PPT mostró un efecto principal de interacción significativa entre grupo excéntrico y grupo control, solo en los músculos vasto lateral (Figura 11D) VL (P= 0.025) y gastrocnemio lateral (Figura 11H) GL (P= 0,017), siendo mayor la presión tolerada para el grupo ECC.

Basado en el ANOVA de una vía, ambos grupos presentan una disminución del dolor en el tiempo, de todos los músculos, presentando una mayor disminución a las 24 horas post partido.

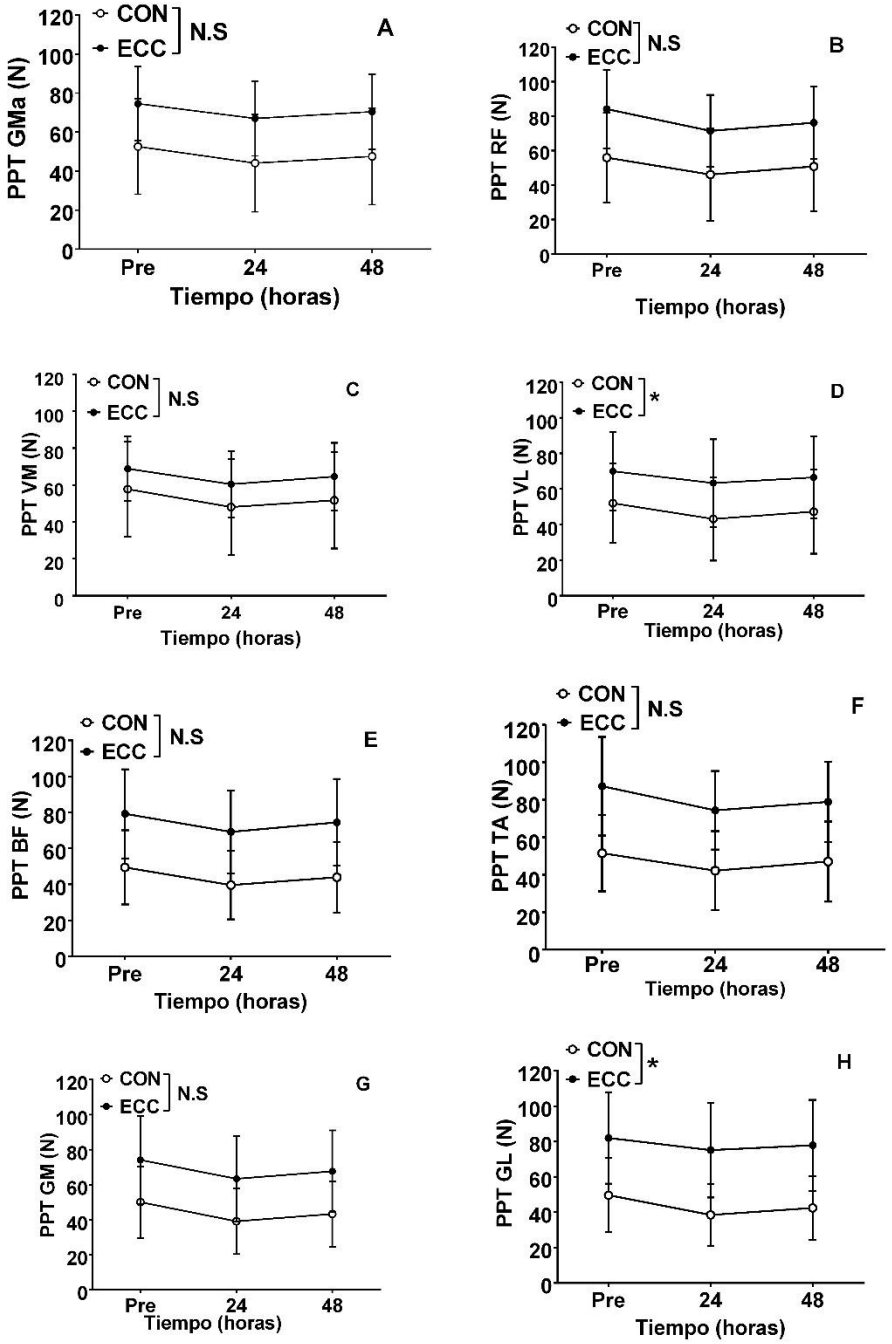

Figura 11: Cambios en el umbral del dolor a la presión (ingles: pain pressure threshold: PPT) para los músculos en relación al Pre- y a los 1-2 días posterior a dos partidos de rugby para ECC y CON. d: Diferencia significativa (P<0.05) entre ECC y CON. h: Diferencia significativa (P<0.05) entre ECC y CON.

Discusión

Como resumen de nuestro estudio, se hizo un programa complementario de entrenamiento excéntrico de 8 semanas para extremidad inferior implementándolo en una pretemporada para un club de rugby, el cual se comparó con un grupo control que no fue sometido a dicho programa. Se investigó cómo el dolor y la funcionalidad muscular posterior a dos partidos se afectó debido a este entrenamiento. Se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos 24 y 48 horas posterior a los partidos de rugby, para marcadores indirectos de daño muscular como la funcionalidad de EEII y una reducción del umbral doloroso a la presión para los músculos vasto lateral y gastrocnemio lateral de un total de 8 músculos evaluados. Esto pone en entredicho nuestra hipótesis de investigación, aceptándola parcialmente, dando como resultado que el ejercicio excéntrico disminuye el daño muscular, inducido por un partido de rugby.

A continuación se discutirán los hallazgos encontrados en el presente estudio, para las variables de escala visual numérica, funcionalidad y puntos dolorosos a la presión, inducidos por un programa de entrenamiento excéntrico.

Funcionalidad

Los resultados de nuestro estudio mediante el cuestionario LEFS, revelaron que hubo diferencias significativas en la funcionalidad percibida entre el grupo excéntrico y el grupo control. Las diferencias significativas entre ambos grupos se evidencian a las 24 y 48 horas posteriores al partido, con una diferencia entre ambos grupos de un 4,21% para las 24 horas y un 3,78% para las 48 horas post, teniendo como mejor respuesta ante los efectos de daño muscular el grupo ECC. Además, como hemos mencionado en los resultados, se aprecia una tendencia general a la disminución de la funcionalidad evidenciada en las horas posteriores, teniendo un peak a las 24 horas. Nosotros especulamos que el daño muscular observado después de un partido de rugby es parcialmente causado por

las repeticiones intermitentes de las contracciones musculares excéntricas intensas durante la carrera, especialmente en las carreras de velocidad. Mediante microscopía electrónica (Friden, J. & Sjostrom, M. 1993; Newhan, D. McPhail, G. 1993), se han observado disrupciones en las bandas A y disolución de las líneas Z de las fibras musculares posterior a la realización de ejercicio extenuante (Oglivie, R. 1998), debido a las reiteradas contracciones musculares excéntricas provocadas por un partido de rugby (Nosaka, K. 2002), lo que se asocia al daño estructural sufrido por el estrés mecánico de la función contráctil del músculo. Este repetido micro trauma que sufren las fibras musculares sugieren ser la causa de lesiones musculares como desgarros, por lo que la capacidad del músculo dañado para generar la fuerza se reduce considerablemente (Clarkson, P. Nosaka, K. 1992).Esta reducción en la función muscular no sólo afecta en una correcta participación durante un partido de rugby, sino que también aumenta el riesgo de lesiones de carácter articular (Nicholas, J. 1990). Nosotros especulamos que las diferencias significativas entre grupo ECC y CON se deben al efecto protector a largo plazo inducido por el estímulo del entrenamiento excéntrico, este efecto protector es conocido como el efecto en dosis repetidas (Chen, T. 2009; McHugh, M. 2003; Smith, L. 1994; Nosaka, K. 2001). Por lo tanto consideramos, que el entrenamiento excéntrico actuó como mecanismo protector, disminuyendo el riesgo de lesiones y daño muscular por parte de los rugbistas, además de mejorar la funcionalidad post partido.

Dolor

Los resultados obtenidos por la EVN no arrojaron diferencias significativas entre los grupos ECC y CON. Teniendo un peak de dolor a las 24 horas posterior en ambos grupos, siendo semejante a estudios anteriores referentes a daño muscular posterior a un partido de rugby (Nosaka, K. 2002, Jones M 2014). Al analizar el PPT podemos observar aumentos significativos para todos los grupos musculares en el tiempo, los resultados concuerdan con la bibliografía (Takarada, Y. 2002), en condiciones posteriores a partidos, el daño

muscular presenta un peak a las 24 horas para tener una leve recuperación a las 48 horas.

Interesantemente, encontramos diferencias significativas entre grupo CON y ECC para los músculos vasto lateral (PPT VL) y gastrocnemio lateral (PPT GLA), teniendo una mejor tolerancia ante el dolor por el grupo ECC (mayor umbral de dolor a la presión), esto se podría deber al efecto protector ya anteriormente mencionado y a las altas demandas que estos grupos musculares se ven implicados en situaciones de juego, teniendo como una alta incidencia de lesión la zona comprendida por el muslo (Brooks J, 2005). Por otra parte, Takarada (2003) correlaciona el daño muscular con la cantidad de tackles tras un partido de rugby, reportando que tienen una directa relación, por lo que pensamos que al ser una zona muscular propensa al impacto, sufrirá de frecuentes contusiones en situaciones de contacto. El grupo ECC respondió de mejor manera al dolor muscular por presión ante el efecto protector inducido por el entrenamiento excéntrico (Chen, T. 2009; McHugh, M. 2003; Smith, L. 1994; Nosaka, K. 2001).

Por lo tanto consideramos, que el entrenamiento excéntrico, presenta un aumento del umbral doloroso a la presión. Sin embargo, hay que tener en cuenta que someter a cualquier deportista a esta modalidad de ejercicio, existe la probabilidad de inducir daño muscular durante los entrenamientos, aun así, no debe ser un impedimento para establecer y usarla en un protocolo de entrenamiento, ya que a partir de la segunda sesión de entrenamiento con carga excéntrica, el daño muscular se disminuye significativamente. Esta adaptación ha sido ampliamente descrita, donde el musculo sufre una adaptación al ejercicio excéntrico disminuyendo el daño muscular y DOMS a partir de la segunda sesión (Howatson, G. 2011). Para un programa de entrenamiento en deportistas ocurre lo mismo, por lo que hay que tener en consideración estos efectos agudos y se recomienda no realizar las primeras sesiones de ejercicios cercanos a una competencia deportiva, ya que estos efectos agudos pueden ser perjudiciales para el rendimiento del deportista y exponerle a una posible lesión, debido a la disminución de la función muscular (Schache, A. 2012).

Por lo tanto consideramos que si existe un menor dolor y perdida de la funcionalidad por parte del grupo que realizo el programa de entrenamiento excéntrico posterior a partidos de rugby, debido al efecto protector inducido por dichas cargas, presentando un peak a las 24 horas y disminuyendo este a las 48 horas de manera progresiva.

Conclusión.

En conclusión, el entrenamiento excéntrico implementado en una pre temporada para jugadores de rugby podría disminuir el daño muscular inducido por un partido de rugby, quedando reflejado por una menor disminución en la escala de funcionalidad para extremidad inferior (LEFS) para el grupo ECC a las 24 y 48 horas posteriores. Además, se encontraron respuestas favorables ante dolor (EVN) muscular para vasto lateral y gastrocnemio lateral. Por lo tanto, podría ser una buena herramienta preventiva para ser implementada en el transcurso de las pre temporadas de los equipos de rugby con el fin de disminuir los efectos de daño muscular que se produce tras un partido, mejorando los tiempos de recuperación y previniendo la incidencia de lesiones en extremidades inferiores, lo que se transfiere en un mejor rendimiento tanto como para los jugadores como para el equipo.

Limitaciones y proyecciones.

Es necesario realizar futuras investigaciones con un número mayor de participantes, para que así, los datos recolectados tengan un mayor poder estadístico y aplicable a una población mayor. Se sugiere, además, realizar futuras investigaciones que permitan desarrollar un análisis muscular más analítico, así como estudios con marcadores indirectos de daño muscular sanguíneo de creatina quinasa, marcadores de velocidad derivados del análisis de rendimiento por posicionamiento global (GPS), y diferenciar jugadores por sus puestos. El cual permitiría seguir un modelo más cercano a estudios recientes sobre daño muscular en el rugby.

Bibliografía

Aagaard, P. & Andersen, JL. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc,* 8, 1217-22.

Abbott, N., Bigland, B., & Ritchie, J. M. (1952). The physiological cost of negative work. *J Physiol,* 117(3), 380–390.

Allen, D.G. (2001). Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force*. Acta Physiol Scand,* 171(3), 311-9.

Armstrong, R., Ogilvie, R. & Schwane, J. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology,* 54(1), 80-93.

Arnason, A., Andersen, T.E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 18, 40-48.

Bathgate, A., Best, J.P., Craig, G. & Jamieson, M. (2002). A prospective study of injuries to elite Australian rugby union players. *Br J Sports Med,* 36, 265-269.

Benitez, S. (2014). Isquiotibiales: Mecanismos de Lesión, Factores de Riesgo e Implementación de Programas Preventivos. *Entrenamiento en Deportes de Equipo,* 23, 13.

Ben-Sire, D. (1995). The effect of different types of strength training on concentric strength in women. *J. Strength Cond. Res*. 9, 143–148.

Best, J., McIntosh, A., & Savage, T. (2005). Rugby World Cup 2003 injury surveillance project. *Br J Sports Med,* 39, 812-817.

Bird, Y.N., Waller, A.E. & Marshall, S.W. (1998) The New Zealand rugby injury and performance project. V. Epidemiology of a season of rugby injury. *Br J Sports Med,* 32, 319–25.

Brandenburg, J.P. & Docherty, D. (2002). The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals*. J Strength Cond Res,* 16, 25–32.

Brockett, C.L., Morgan, D.L., & Proske, U. (2001) Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 783-790.

Brooks, J., Fuller, C., Kemp, S. & Reddin, D. (2005). A prospective study of injuries and training amongst the England 2003 Rugby World Cup squad. *Br J Sports Med,* 39, 288-293.

Brooks, J., Fuller, C., Kemp, S. & Reddin, D. (2005). Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *Br J Sports Med,* 39, 757-766.

Brooks, J., Fuller, C., Kemp, S. & Reddin, D. (2005) Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries. *Br J Sports Med,* 39, 767-775.

Bruunsgaard, H., Galbo, H. & Halkjaer-Kristensen, J. (1997). Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *J Physiol (Lond),* 499, 833–41.

Cahill, N., Lamb, K., Worsfold, P., Headey, R. & Murray, S. (2013). The movement characteristics of English Premiership rugby union players. *J Sport Sci,* 31, 229–237.

Chen, T.C., Chen, H.L., Lin, M.J., Wu, C.J. & Nosaka, K. (2009). Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. *Eur J Appl Physiol,* 106(2), 267-75.

Clarkson, P.M., Nosaka, K. & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc,* 24(5), 512-20.

Clarkson, P.M. & Tremblay I. (1988). Exercise-induced muscle damage, repair and adaptation in humans. *J Appl Physiol* , 65,1–6.

Copland, S., Tipton, J. & Fields, K. (2009). Evidence-Based Treatment of Hamstring Tears. *American College of Sports Medicine,* 8, 308-314.

Cunniffe, B., Hore, A.J., Whitcombe, D.M., Jones, K.P., Baker, J.S. & Davies, B. (2010). Time course of changes in immuneoendocrine markers following an international rugby game. *Eur J Appl Physiol,* 108,113–122.

Curwin, S. & Stanish, W.D. (1984). *Tendinitis it's etiology and treatment.* (1th.ed.) Lexington: Collamore.

Da Silva, M.E., Padullés, J.M., Núñez, V., Viana, B., Gómez, J.R. & Lancho, J.L. (2004). Análisis de EMG del Tirante Musculador en comparación con el de media sentadilla. *Archivos de Medicina del Deporte;* XXI(99), 1.

de Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J., & Domínguez-Cobo, S. (2012). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte,* 6, 28-35.

Denoth, J., Stüssi, E., Csucs, G. & Danuser, G. (2002). Single muscle fiber contraction is dictated by inter-sarcomere dynamics. *J Theor Biol.* 7, 216(1), 101-22.

Doan, B.K., Newton, R.U., Marsit, J.L., Triplett- McBride, N.T., Koziris, L.P., Fry, A.C., & Kraemer, W.J. (2002). Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *J Strength Cond Res,* 16, 9–13.

Doss, W. & Karpovich, P. (1965). A comparison of concentric, eccentric and isometric strength of the elbow flexors. *J Appl Physiol,* 20, 351-353.

Ebbeling, C.B. & Clarkson, P.M. (1990). Muscle adaptation prior to recovery following eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol,* 60, 26–31.

Elloumi, M., Maso, F., Michaux, O., Robert, A. & Lac, G. (2003). Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur J Appl Physiol,* 90, 23–28.

Enoka, R.M. (1996). Eccentric contraccions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol*, 81(6), 2339-46.

Enoka, R.M. (2006). *Neuromechanics of human movement.* (5a.ed.). Denver, Colorado, United States: Human kinetics.

Evans, W.J., Meredith, C.N., Cannon, J.G., Dinarello, C.A., Frontera, W.R. & Hughes, V.A. (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *J Appl Physiol,* 61(5),1864-8.

Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T.R., Alvarez-Alvarez, L. & de Paz, J.A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *Eur J Appl Physiol.* 114(5), 1075-84.

Friden, J., Serger, J. & Ekblom, B. (1988). Sublethal muscle fibre injuries after high-tension anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol*, 57,360–8.

Friden, J., Sjostrom, M. & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. I*nt J Sports Med*, 4,170–6.

Fridén, J., Seger, J., Sjöström, M. & Ekblom B. (1983). Adaptive response in human skeletal muscle subjected to prolonged eccentric training. *Int J Sports Med,* 4(3),177-83.

Fuller, C.W., Laborde, F., Leather, R.J. & Molloy, M.G. (2008). International Rugby Board Rugby World Cup 2007 injury surveillance study. *Br J Sports Med,* 42, 452-459.

Gabbett, T.J. (2003). Incidence of injury in semi-professional rugby league players. *Br J SportsMed,* 37, 36–44.

Galoway, M.T., Jokl, P. & Dayton, O.W. (1992). Achilles tendon overuse injuries. *Clin Sport Med,* 11, 771-82.

Garraway, W.M., Lee, A.J. & Hutton, S.J. (2000). Impact of professionalism on injuries in rugby union. *Br J Sports Med,* 34, 348–51.

Garraway, W.M., Lee, A.J. & Macleod, D.A. (1999). Factors influencing tackle injuries in rugby union football. *Br J Sports Med,* 33(1), 37-41.

Gerber, J.P., Marcus, R.L., Dibble, L.E., Greis, P.E., Burks, R.T. & La Stayo, P.C. (2009). Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Phys Ther:* 89(1), 51-9.

Gross, M., Luthy, F., Kroell, J., Muller, E., Hoppeler, H. & Vogt, M. (2010). Effects of eccentric cycle ergometry in alpine skiers. *Int J Sports Med,* 31(8), 572-6.

Hameed, M., Toft, A.D., Pedersen, B.K., Harridge, S.D. & Goldspink, G. (2008). Effects of eccentric cycling exercise on IGF-I splice variant expression in the muscles of young and elderly people. *Scand J Med Sci Sports,* 18(4), 447-52.

Heredia, J. (2013). *Blog Entrevista Ciencia y Práctica: sus protagonistas. Dr. David García López.* Recuperado: 18 Noviembre 2015, de G-SE Sitio web: http://g-se.com/es/salud-y-fitness/blog/blog-entrevista-ciencia-y-practica-sus-protagonistas-dr-david-garcia-lopez

Hermens, H. & Freriks, B. (2014). *Recommendations for sensor locations on individual muscles.* Recuperado: 10 Octubre 2015, de SENIAM Sitio web: http://seniam.org/sensor_location.htm

Holtzhausen, L.J., Schwellnus, M.P., Jakoet, I. & Pretorius, A.L. (2006). The incidence and nature of injuries in South African rugby players in the rugby Super 12 competition. *S Afr Med J,* 96, 1260-1265.

Hortobagyi, T. & Hill, J.P. (1996). Adaptative responses to muscle lengthening than maximal shortening. *J Appl Physiol*, 80(3),765-72.

Howell, J.N., Chleboun, G. & Conatser, R. (1993). Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *J Physiol,* 464, 183-96.

Hyldahl, R.D. & Hubal, M.J. (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle Nerve,* 49(2), 155-70.

Jamurtas, A.Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C. & Paschalis, V. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *Eur J Appl Physiol,* 95(2-3), 179-85.

Janecki, D., Jarocka, E., Jaskolska, A., Marusiak, J. & Jaskolski, A. (2011). Muscle passive stiffness increases less after the second bout of eccentric exercise compared to the first bout. *J Sci Med Sport,* 14(4), 338-43.

Jones, D.A. & Newman, D.J. (1985). The effect of training on human muscle pain and damage [abstract]. *J Physiol (Lond),* 365,76.

Kaplan, K.M., Goodwillie, A., Strauss, E.J. & Rosen, J.E. (2008). Rugby injuries: a review of concepts and current literature. *Bull NYU HospJt Dis,* 66, 86-93.

Klossner, S., Dapp, C., Schmutz, S., Vogt, M., Hoppeler, H. & Fluck, M. (2007). Muscle transcriptome adaptations with mild eccentric ergometer exercise. Pflugers Arch. *Eur J Appl Physiol,* 455(3), 555-62.

Kraemer, W. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exerc. Sport Sci. Rev,* 24,363–398..

La Stayo, P.C., Ewy, G.A., Pierotti, D.D., Johns, R.K. & Lindstedt, S. (2003). The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(5), M419-24.

Lazarim, F.L., Antunes-Neto, J.M.F., da Silva, F.O.C., Nunes, L.A.S., Bassini-Cameron, A., Cameron, L.C., Alves, A.A., Brenzikofer, R. & de Macedo, D.V. (2009). The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship*. J Sci Med Sport,* 12,85–90.

Lindinger, M.I., Heigenhauser, G. & McKelvie, R.S. (1992). Blood ion regulation during repeated maximal exercise and recovery in humans. *Am J Physiol*, 262, R126–36.

Mafi, N., Lorentzon, R. & Alfredson, H. (2001). Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomised prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 9, 42-7.

McHugh, M.P., Connolly, D.A., Eston, R.G., Kremenic, I.J., Nicholas, S.J. & Gleim, G.W. (1999). The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *Am J Sports Med,* 27(5), 594-9.

McHugh, M.P., Connolly, D. (2001). Electromyographic analysis of repeated bouts of eccentric exercise. *J Sports Sci. Mar,* 19(3),163-70.

McHugh, M.P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports,* 13(2),88-97.

McLean, B.D., Coutts, A.J., Kelly, V., McGuigan, M.R. & Cormack, S.J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different

length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int J Sport Physiol,* 5, 367–383.

McManus, A. & Cross, D.S. (2004). Incidence of injury in elite junior Rugby Union: a prospective descriptive study. *Journal of Science and Medicine in Sport,* 7 - 4, 438 - 445.

McNeil, P.L. & Khakee, R. (1992). Disruptions of muscle fiber plasma membranes: role in exercise-induced damage. *Am J Pathol,* 140, 1097–109.

Mike, J. (2015). How To Incorporate Eccentric Training into a Resistance Training Program. *Strength and Conditioning Journal,* 37(1), 5-17.

Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T. & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports,* 14, 311-317.

Newhan, D.J., Jones, D.A. & Clarkson, P.M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol*, 63,1381–6.

Newhan, D.J., McPhail, G. & Mills, K.R. (1983). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *J Neurol Sci,* 61, 109–22.

Nicholas, C.W. (1997). Anthropometric and physiological characteristics of rugby union football players. *Sports Med*, 23, 375–96.

Nicholas, J.A. (1970). Injuries to knee ligaments. Relationship to looseness and tightness in football players. *JAMA*, 212, 2236–9.

Nichols, A.W. (1989). Achilles tendinitis in running athletes. *J Am Board Fam Pract;*, 2, 196-203.

Niesen-Vertommen, S.L., Taunton, J.E., Clement, D.B. & Mosher, R.E. (1992). The effect of eccentric versus concentric exercise in the management of Achilles tendonitis. *Clin J Sport Med,* 2, 109-13.

Nosaka. K. & Clarkson, P.M. (1996). Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *Int J Sports Med,* 17, 120–7.

Nosaka, K., Sakamoto, K., Newton, M. & Sacco P. (2001). How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Med Sci Sports Exerc*, 33(9), 1490-5.

Oglivie, R.W., Armstrong, R.B. & Baird, K.E. (1988). Lesions in the rat soleus muscle following eccentrically based exercise. *Am J Anat,* 182, 335–46.

Opar, D.A., Piatkowski, T., Williams, M.D., & Shield, A.J. (2013). A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. *J Orthop Sports Phys Ther,* 43, 636- 640,.

Opar, D.A., Williams, M.D., Timmins, R.G., Hickey, J., Duhig, S.J., & Shield, A.J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc,* 47(4), 857-865.

Ostrowski, K., Schjerling, P. & Pedersen, B.K. (2000). Physical activity and plasma interleukin-6 in humans: effect of intensity of exercise. *Eur J Appl Physiol*, 83, 512–15.

Paul, G.L., De Lany, J.P. & Snook, J.T. (1989). Serum and urinary markers of skeletal muscle tissue damage after weight lifting exercise. *Eur J Appl Physiol,* 58, 786–90.

Penailillo, L., Blazevich, A., Numazawa, H. & Nosaka, K. (2013). Metabolic and muscle damage profiles of concentric versus repeated eccentric cycling. *Med Sci Sports Exerc,* 45(9), 1773-81.

Pensini, M. (2008). Central versus peripheral adaptations following eccentrics resistance training. *Int J Sports Med,* 23 (8), 567-74

Petersen, J. & Holmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med,* 39, 319–323.

Quarrie, K., Alsop, J., Waller, A., Bird, Y., Marshall, S. & Chalmers, D. (2001). The New Zealand rugby injury and performance project. VI. A prospective cohort study of risk factors for injury in rugby union football. *Br J Sports Med,* 35, 157-166.

Quarrie, K.L., Hopkins, W.G., Anthony, M.J. & Gill, N.D. (2013). Positional demands of international rugby union: evaluation of player actions and movements. *J Sci Med Sport,* 16, 353–359.

Roberts, S.P., Trewartha, G., Higgitt, R.J., El-Abd, J. & Stokes, K.A. (2008). The physical demands of elite English rugby union. *J Sport Sci,* 26, 825–833.

Rodenburg, J.B., Bar, P.R. & De Boer, R.W. (1993). Relations between muscle soreness and biochemical and functional outcomes of eccentric exercise. *J Appl Physiol,* 74, 2976–83.

Rogers, M.A., Stull, G.A. & Apple, F.S. (1985). Creatine kinase isoenzyme activities in men and women following a marathon race. *Med Sci Sports Exerc,* 17, 679–82.

Rokitzki. L, Logemann, E. & Sagredos, A.N. (1994). Lipid peroxidation and antioxidative vitamins under extreme endurance stress. *Acta Physiol Scand,* 151, 149–58.

Ropiak, C. & Bosco, J. (2012).. Hamstring Injuries. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases,* 70, 8-41.

Saxton, J.M., Donnelly, A.E. & Roper, H. (1994). Indices of free-radical-mediated damage following maximum voluntary eccentric and concentric muscular work. *Eur J Appl Physiol,* 68, 189–93.

Schmitt, B., Tyler, T. & McHugh, M. (2012). Hamstrin injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 7, 333.

Smart, D.J., Gill, N.D., Beaven, C.M., Cook, C.J. & Blazevich, A.J. (2008). The relationship between changes in interstitial creatine kinase and game-related impacts in rugby union. *Brit J Sport Med,* 42, 198–201.

Smith, L. & Fulmer, M. (1994). The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *Br J Sports Med*, 28(4), 267-71.

Takarada, Y. (2003). Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *Brit J Sport Med,* 37, 416–419.

Tesch, P. (1988). Skeletal muscle adaptations consequent to longterm heavy resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc,* 20, s132– s134.

Thompson, D., Nicholas, C. & Williams, C. (1999). Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *J Sports Sci,* 17, 387–95.

Tiidus, P. & Lanuzzo, C. (1983). Effects of intensity and duration of muscular exercise on delayed soreness and serum enzyme activities. *Med Sci Sports Exerc,* 15, 461–5.

Uyeda, T. (2006). The neck region of the miosion motor domain acts as a lever arm to generate movement. *Proc Natl Acad Sci U S A,* 93(9), 4459–4464.

Valour, D., Rouji, M. & Pousson, M. (2004). Effects of eccentric training on tourque angular velocity power characteristics of elbow flexor muscles in older women. *Experimental Gerontology,* 39(3), 359-68.

Vincent, H. & Vincent, K. (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *Int J Sports Med,* 18, 431–7.

Weiss, L. (1999). Differential functional adaptations to short-term low-, moderate-, and high-repetition weight training. *J. Strength Cond. Res,* 13, 236–241.

West, D. & Finn, C. (2014). Neuromuscular function, hormonal, and mood responses to a professional rugby union match. *J Strength Cond Res,* 28,194–200.

Westing, S.H., Seger, J.Y. & Thorstensson, A. (1990). Effects of electrical simulation on eccentric and concentric torque- velocity relationships during knee extension in man. *Acta Physiol Scand,* 140(1), 17-22.

Willardson, J.M. (2007). The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *J Strength Cond Res,* 21, 628–631.

Williams, K. (1985). Biomechanics of running. In: Terjung R, ed. *Exercise and sports science reviews.* (pp.389–441). London: Macmillan.

Yeung, S., Suen, A. & Yeung, E. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *J Sports Med,* 43, 589-594

Zhelyazkov, T. (2001). *Bases del entrenamiento deportivo.* Barcelona: Paidotribo

Zuliani, U., Bonetti, A. & Franchini, D. (1985). Effect of boxing on some metabolic indices of muscluar contraction. *Int J Sports Med*, 6, 234–6.

Anexos

Anexo N°1 Consentimiento informado

Estimado, junto con saludarle, le damos las gracias por ser parte de nuestra tesis, la cual consiste en cuantificar el daño muscular generado por un partido de Rugby.

Para esto, se realizarán mediciones en las primeras 2 fechas del torneo Nacional ADO 2015.

Es por esto, que necesitamos el máximo compromiso de su parte para poder llevar a cabo esta tesis, las mediciones se llevarán a cabo en las instalaciones deportivas de cada club en 3 instancias: 24 horas antes del partido, 24 y 48 horas posterior a este;

Las mediciones serán las siguientes:

1.- Dolor muscular, mediante escala visual análoga.

2.- Funcionalidad de extremidad inferior, mediante escala LEFS

3.- Umbral del dolor, mediante Algómetro de presión

Para ser parte de nuestra investigación, agradeceremos indicarnos los siguientes datos:

Nombre:

Edad:

Teléfono contacto: Mail:

De antemano, agradecemos su valiosa colaboración en la ejecución de nuestra tesis.

- Nicolás Díaz Catalán, Contacto: +56 9 95343359
- Francisco Redondo González: Contacto: +56 9 90957231

Profesor guía: Dr. Luis Peñailillo (lpenailillo@uft.cl)

Consentimiento informado

Proyecto para optar a la tesis de licenciado en kinesiología Eficacia de un programa preventivo de entrenamiento excéntrico para extremidad inferior en relación al dolor y funcionalidad posterior a un partido de Rugby

Investigadores:

Este proyecto de investigación, es requisito para optar al grado de licenciado en kinesiología en la Universidad Finis Terrae (Chile)

Candidatos a título:

Nicolás Díaz Catalán (nicodiazcatalan@gmail.com)

Francisco Redondo González (Fco.redondo.g@gmail.com)

Profesor guía: Dr. Luis Peñailillo (lpenailillo@uft.cl)

Participación voluntaria

Su participación en este estudio es absolutamente voluntaria. No tendrá ninguna recompensa monetaria. Si usted decide no participar no necesita entregar ninguna explicación o razón de su decisión.

Preguntas y/o dudas

Si tiene cualquier pregunta, o necesita información más detallada de la investigación, no dude en contactar a los investigadores a cargo del proyecto.

Consentimiento informado

Proyecto: “Eficacia de un programa de entrenamiento excéntrico de extremidad inferior y daño muscular en Rugbistas aficionados”.

Yo, como participante de este proyecto

- He sido proveído con una copia de la Información al participante, explicando la investigación de este estudio.

- He leído y entendido la información entregada.

- He tenido la oportunidad de preguntar y aclarar todas mis dudas.

- Si tengo cualquier pregunta adicional, sé que puedo contactar a los investigadores del proyecto.

- Entiendo que, al participar en este estudio deberán realizarse evaluaciones y mediciones explicadas previamente.

- Entiendo que, la información personal entregada será de suma

Confidencialidad y utilizada solo para los propósitos del estudio.

- Mi participación es absolutamente voluntaria y sin recompensa económica.

Nombre: _____ Fecha: _____

Firma: _____ Testigo: _____

Contacto investigadores:

Nicolás Díaz Catalán, estudiante kinesiología.

- Mail: nicodiazcatalan@gmail.com
- Teléfono contacto: +569 9 5343359

Francisco Redondo González., estudiante kinesiología

- Mail: fco.redondo.g@gmail.com
- Teléfono contacto: +569 9 0957231

Anexo N° 2 Escala visual numérica (EVN)

Seleccione un número entre 0 (sin dolor) y 10 (dolor insoportable) para identificar el nivel del dolor que presenta en este momento.

Sin dolor — Dolor Insoportable

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Anexo Nº 3 Escala Funcional de la extremidad inferior (LEFS)

Por favor de una respuesta por cada una de las actividades. Estamos interesados en saber si está teniendo alguna dificultad al realizar las actividades enumeradas a continuación. En el día de hoy, tiene o tendría alguna dificultad realizando alguna de las siguientes actividades:

	ACTIVIDADES	Dificultar extrema o incapaz de realizar la actividad	Mucha dificultad	Dificultad Moderada	Un poco de dificultad	Ninguna Dificultad
1	Alguna parte de su trabajo habitual, quehaceres domésticos, o actividades escolares	0	1	2	3	4
2	Sus pasatiempos usuales, actividades recreativas o deportivas.	0	1	2	3	4
3	Entrar o salir de la ducha	0	1	2	3	4
4	Caminar de una habitación a otra	0	1	2	3	4
5	Poniéndose los zapatos o medias.	0	1	2	3	4
6	Poniéndose en cuclillas.	0	1	2	3	4
7	Levantando un objeto, por ejemplo, una bolsa de compras de supermercado del piso.	0	1	2	3	4
8	Realizando actividades ligeras en su casa.	0	1	2	3	4
9	Realizando actividades pesadas en su casa.	0	1	2	3	4
10	Subiéndose o bajándose de un auto.	0	1	2	3	4
11	Caminar dos cuadras	0	1	2	3	4
12	Caminar 10 minutos	0	1	2	3	4
13	Subiendo o bajando 10 peldaños de una escalera.	0	1	2	3	4
14	Estar parado	0	1	2	3	4
15	Estar sentado	0	1	2	3	4
16	Corriendo sobre terreno plano.	0	1	2	3	4
17	Corriendo sobre terreno irregular.	0	1	2	3	4
18	Cambios de dirección mientras corre	0	1	2	3	4
19	Saltando	0	1	2	3	4
20	Cambiar de posición en la cama	0	1	2	3	4
	total					

SCORE: _____ /80

	24 Hrs Pre	24 Hrs Post	48 Hrs Post
Score			

Reprinted from Binkley, J., Stratford, P., Lott, S., Riddle, D., & The North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network, The Lower Extremity Functional Scale: Scale development, measurementproperties, and clinical application, Physical Therapy, 1999, 79, 4371-383, with permission of the American Physical Therapy Association.

Anexo N° 4 Umbral de dolor a la presión

	24 Hrs Pre			24 Hrs Post			48 Hrs Post		
Glúteo Mayor									
Recto Femoral									
Vasto ½									
Vasto Lateral									
Biceps Femoral									
Tibial Ant.									
Gastrocnemio ½									
Gastrocnemio Lat.									

Kinesiólogo

Claudio Villagrán, MG

Director de Escuela de Kinesiología

Avda. Pedro de Valdivia 1509

Edificio Amberes - Piso 6

Santiago

Estimado director:

Nicolás Díaz Catalán y Francisco Redondo González, estudiantes de 5º año Kinesiología en la Universidad Finis Terrae ante Ud. y con todo respeto nos presentamos y exponemos:

Que siendo requisito indispensable para la ejecución del proyecto tesis le solicitamos la aprobación de este, para optar al título de Licenciado en Kinesiología, el cual ha sido enviado a la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae el día de hoy. Este documento ha sido entregado de forma digital y escrita.

Por lo expuesto, agradeceremos a Ud., Sr. Director, acceder a nuestra solicitud.

_____ _____

Nicolás Díaz Catalán Francisco Redondo González