

Los efectos de árnica tópica sobre el rendimiento, el dolor y daño muscular después del ejercicio excéntrico intenso

Kate L. Pumpa, Kieran E. Fallon, Alan Bensoussan & Shona Papalia

2013

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar si la Árnica tópica es efectiva para reducir el dolor, se utilizaron indicadores de inflamación y daño muscular, y a su vez mejorar el rendimiento en hombres bien entrenados que experimentan dolor muscular de aparición tardía (DOMS). Veinte hombres bien entrenados emparejados por consumo máximo de oxígeno (V02max) completaron un estudio placebo doble ciego. La árnica tópica se aplicó a la piel superficial de los cuádriceps y abdominales inmediatamente después de un protocolo de carrera cuesta abajo diseñado para inducir DOMS. La árnica tópica se volvió a aplicar cada 4 horas para la duración del estudio. Medidas de rendimiento (torque máximo, contramovimiento y salto en cuclillas), evaluaciones del dolor (visual escala analógica (EVA) y sensibilidad muscular) y análisis de sangre (interleucina-1 beta, interleucina-6, necrosis factor alpha del tumor, Proteína C reactiva, mioglobina y creatina quinasa) se evaluaron en siete puntos de tiempo durante cinco días (pre, post, 4, 24, 48, 72 y 96 horas después de la carrera cuesta abajo). Los participantes en el grupo tópico Árnica informaron menos dolor según la evaluación a través de la sensibilidad muscular y VAS 72 horas después del ejercicio. La aplicación de árnica tópica no afectó ningún evaluaciones de rendimiento o marcadores de daño muscular o inflamación. Árnica tópica usada inmediatamente después de intenso ejercicio excéntrico y durante las siguientes 96 horas no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento o los marcadores sanguíneos. Sin embargo sí demostró la posibilidad de proporcionar alivio del dolor tres días después del ejercicio excéntrico.

Introducción

Árnica, también conocida como Leopard's Bane, Montana Tabaco, Mountain Snuff o Wolf's Bane, es un término genérico utilizado para describir el material vegetal derivado de las flores secas, raíces o rizomas de A. Montana (Adkison, Bauer, & Chang, 2010; Cosmético Ingredient Review, 2001). Árnica se puede usar como una pomada aplicada a la piel o como un medicamento homeopático para el consumo oral como tableta o un rociar. Los ingredientes activos de las flores de Arnica son Sesquiterpene lactones helenalin y 11-alfa, 13-dihidrohelenanina y sus ésteres, así como acético, isobutírico, metacrílico y otro carbónico ácidos (Knuesel, Weber, y Suter, 2002).

Dolor muscular de aparición retardada (DOMS) y el daño muscular es común, autolimitado, relacionado con la capacitación condiciones que pueden resultar en pérdida de músculo fuerza y dolor significativo (Byrne y Eston, 2002; Cleary, Kimura, Sitler y Kendrick, 2002; MacIntyre, Reid, y McKenzie, 1995). Para los atletas requeridos entrenar y competir a diario, o más con frecuencia, DOMS puede representar un obstáculo para actuación. En la actualidad, hay múltiples propuestas métodos para tratar DOMS (Cheung, Hume, & Maxwell, 2003), sin embargo, hasta la fecha un efectivo tratamiento no ha sido establecido (Connolly, Sayers y McHugh, 2003). La lesión muscular inducida por el ejercicio y los DOMS son acompañado de una respuesta inflamatoria sistémica, que puede ser responsable de iniciar, amplificar y / o resolver la lesión del músculo esquelético (MacIntyre et al. al., 1995). Árnica tópica, utilizada tradicionalmente como agente anti-inflamatorio, se pretende que sea efectivo para el tratamiento de una variedad de condiciones que incluyen hematomas, dolores, esguinces, picaduras de insectos, trauma, artritis, Dolor muscular y / o de cartílago, labios

agrietados, irritados fosas nasales y acné (Adkison et al., 2010). Investigación para evaluar la eficacia de árnica tópica para el el tratamiento de DOMS y el dolor muscular en humanos es limitado, a pesar de que la árnica tópica está disponible para la compra para este propósito (Brauer Natural Medicines, 2012). La mayoría de las investigaciones sobre el uso de árnica y DOMS se ha llevado a cabo utilizando homeopatía Arnica (Gulick, Kimura, Sitler, Paolone, y Kelly, 1996; Tuten y McClung, 1999; Tveiten, Brusset, Borchgrevink y Lohne, 1991; Tveiten, Brusset, Borchgrevink, y Norseth, 1998; Tveiten y Brusset, 2003; Wilkens y Ludtke, 2000). La mitad de los estudios no han encontrado ningún beneficio de la árnica homeopática en comparación con un placebo para el dolor o el rendimiento parámetros (Gulick et al., 1996; Tuten & McClung, 1999; Vickers, Fisher, Smith, Wyllie, y Rees, 1998); la otra mitad ha informado resultados positivos para dolor y rendimiento después de correr un maratón (Tveiten et al., 1991, 1998; Tveiten & Brusset, 2003). A pesar de las tendencias centrales de homeopatía, en términos científicos convencionales, uno podría esperar que la árnica tópica y de hierbas sea más potente debido a su gran concentración de la tintura y su potencial para penetrar en la piel (Wagner, Suter, y Merfort, 2004). La limitada investigación utilizando Arnica tópico de hierbas después del ejercicio aún no ha encontrado resultados positivos (Adkison et al., 2010; Gulick et al., 1996), pero la literatura es limitada y se sigue explorando necesario. Dada la evidencia limitada y conflictiva para el uso de Árnica y su prescripción para el dolor muscular, el objetivo del estudio fue determinar si la árnica tópica es efectiva para reducir el dolor, utilizando los indicadores de inflamación y daño muscular, y a su vez mejorar el rendimiento en hombres bien entrenados después de ejercicio excéntrico intenso.

Metodos

Participantes

Veinte voluntarios masculinos con un estándar medio edad de desviación (SD) de 25,3 (96,6) años, peso de 76.4 (99.8) kg y altura de 177.3 (97.8) cm completado el estudio. Todos los participantes fueron hombres bien entrenados de una variedad de deportes (fútbol, natación, media y larga distancia corriendo), con un VO₂Max predicho de 50.8 (96.2) ml/kg1 min⁻¹. Todos los participantes eran libres de lesiones o condiciones asociadas con la inflamación antes de comenzar el estudio. A los participantes se les pidió abstenerse de consumir cualquier anti-inflamatorio medicamentos para el mes anterior y la semana de prueba. Los participantes también fueron solicitados a evitar el ejercicio excéntrico en las seis se-

manas previas a la prueba y abstenerse de la actividad física durante los cinco días de prueba. Veinte participantes se espero que brinden resultados clínicamente significativos basado en la coincidencia de participantes y otros estudios realizados en este campo (Byrne & Eston, 2002; Eston, Lemmey, McHugh, Byrne, y Walsh, 2000; Pumpa, Fallon, Bensoussan y Papalia, 2011, 2013). Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito. Los Comités de Ética Humana del Australian Instituto del Deporte y la Universidad de Western Sydney aprobó el estudio.

Procedimiento

La coincidencia de los participantes, el protocolo de daño muscular y las medidas de resultado se han descrito en detalle en el trabajo de Pumpa et al. (2011). En resumen, todo los sujetos se emparejaron según VO₂Max antes completando un protocolo de carrera en cinta para correr cuesta abajo. El protocolo involucró cinco episodios de ocho minutos corriendo a un gradiente del 10%, con dos minutos caminar cómodamente en el piso entre combates para inducir DOMS y daño muscular. Un participante de cada par apareado fue asignado al grupo activo o placebo por un gráfico de aleatorización generado por computadora compilada por un investigador independiente. Cincuenta gramos de gel de árnica tubos (cada gramo de producto activo que contiene Arnica Montana tintura equiv. hierba de flor seca 10 mg) o placebo fueron distribuidos a los sujetos por un independiente administrador en el Instituto Australiano de Deporte. Los geles se proporcionaron en un tubo blanco liso con el nombre de los sujetos y el régimen de aplicación desplegado. El gel dentro de los tubos era idéntico en color, olor y textura para asegurar el doble cegamiento. De acuerdo con lo habitual del fabricante recomendaciones, una cantidad de tamaño de 20 centavos (aproximada diámetro de 2 cm y un peso de 2.5 g) de Gel de árnica (1 g contenía tintura de árnica Montana equiv. hierba de floración seca 10 mg) se aplicó inicialmente a la piel superficial del cuádriceps y el gastrocnemio músculos inmediatamente después de la carrera cuesta abajo, luego se volvió a aplicar a las mismas regiones cada cuatro horas, mientras el sujeto estaba despierto por la duración del estudiar. Cada participante grabó su aplicación en un lista de verificación de conformidad, que establecía el tema fecha y hora de inicio Los participantes fueron instruidos para registrar la fecha y hora de cada tópico Aplicación de árnica o placebo. La aplicación de la se reforzó la preparación tópica de Árnica o placebo en cada seguimiento.

Medidas de resultado

Las medidas de resultado se han descrito en detalle en el estudio de Pampa et al. (2011). En resumen, ellos fueron: dolor usando una escala analógica visual (VAS) y sensibilidad muscular usando un algómetro somédico; rendimiento, potencia máxima en cuádriceps usando el dinamómetro isocinético, contramovimiento jump (CMJ) y squat jump (SJ); y marcadores de inflamación y daño muscular: interleucina-1 beta (IL-1b), interleucina-6 (IL-6), necrosis tumoral factor-alfa (TNF-a), C-reactivo de alta sensibilidad proteína (CRP), mioglobina (MYO) y creatina quinasa (CK).

Análisis estadístico

Un análisis de varianza de dos factores (grupo ANOVA; y tiempo) con medidas de tiempo repetidas. para cada variable Pruebas t pareadas y NewmanKeuls análisis post hoc se utilizaron para identificar significativas diferencias dentro de cada grupo en puntos de todos los tiempos usando Statistica versión 6.1 (StatSoft Inc, EE. UU.). La significación estadística se estableció en pB0.05 para todas las pruebas.

Resultados

Los dos grupos fueron similares en la línea de base con el excepción de los músculos TNF-alfa y gastrocnemio sensibilidad. TNF-alfa fue significativamente mayor en el grupo placebo y la sensibilidad muscular en el gastrocnemio fue mayor en el grupo tóxico Arnica en la línea de base. No se informaron efectos adversos por parte de de los sujetos. El cumplimiento varió de 11 a 21 aplicaciones durante el período de cinco días, siendo 18 la estimada dosis perfecta durante los cinco días. El promedio para el grupo tóxico Arnica, grupo placebo y el combinado fue 15.9 aplicaciones. Así el cumplimiento varió de 61 a 116% con un cumplimiento promedio de 88.3%.

Actuación

Los grupos tóxicos Arnica y placebo mostraron una disminución no significativa en el CMJ y SJ después la carrera cuesta abajo. Una disminución no significativa en la máxima producción de potencia también se identificó en el cuádriceps utilizando el dinamómetro isocinético después la carrera cuesta abajo. Al evaluar la potencia máxima salida, se identificó una disminución significativa en pierna izquierda en participantes con placebo desde el inicio a los 24- hora después de la carrera cuesta abajo (p 0.013). Ninguna otra diferencias significativas se identificaron en cualquier otro punto de tiempo.

Dolor

Se observó una mayor percepción de dolor en cada participante en este estudio. Aunque aumentos significativos en dolor fueron identificados por el VAS en múltiples puntos de tiempo en comparación con la línea de base, no significativo las diferencias entre los grupos se detectaron en cualquier punto de tiempo. Se identificaron aumentos significativos en el dolor en el grupo tóxico Arnica inmediatamente después de 4, 24 y 48 horas después de la carrera cuesta abajo (pB0.05 para todos), y se identificaron aumentos significativos en el dolor en el grupo placebo después de 4, 24, 48 y 72 horas de el descenso (pB0.05 para todos, ver Figura 1). Los participantes en el grupo tóxico Arnica demostraron un mayor umbral de presión (significativamente menos dolor) en su cuádriceps 72 horas después el descenso cuando se compara con el placebo grupo (p 0.045). Sensibilidad muscular en el tóxico Los grupos de árnica fueron significativamente más bajos 72 y 96 horas después de la carrera cuesta abajo, cuando se compara con línea base (pB0.05 para ambos). Esto es identificado por el aumento de la presión tolerada por los participantes (ver Figura 2). Al evaluar la sensibilidad muscular en el gastrocnemio, se identificaron diferencias significativas entre los grupos en cinco del los tiempos medidos: línea de base, post-, 4, 24 y 72 horas después de la descenso (pB0.05 para todos). Un aumento significativo en el umbral de presión se identificó en el tóxico Grupo de árnica desde el inicio hasta 72 y 96 horas después el descenso (pB0.05 para ambos). Debido a la diferencias significativas al inicio del estudio en gastrocnemius ternura muscular, se realizaron más análisis estadísticos llevado a cabo para identificar los cambios relativos de cada grupo desde el inicio, para identificar si hubo alguna diferencias entre los grupos. No había otras diferencias significativas entre los grupos cuando se evalúa el cambio desde el punto de referencia distinto de 72 horas después (ver Figura 3).

Daño muscular e inflamación

Creatina quinasa. Aumentos significativos en CK fueron visto en ambos grupos desde el inicio hasta 4 y 24 horas después de la carrera cuesta abajo. Para el grupo tóxico Arnica, pB0.001 en ambos puntos de tiempo y el grupo placebo, pB0.01 en ambos puntos de tiempo. No hubo significativas diferencias identificadas entre los grupos en cualquier punto de tiempo.

Mioglobina. Sin diferencias significativas en concentración se identificaron entre los grupos en cualquier punto de tiempo. Aumentos significativos por encima de la línea base fueron visto inmediatamente después y cuatro horas después de la cuesta abajo en ambos

grupos. En la árnica tópica grupo, $p < 0.001$ en ambos momentos, y el placebo grupo, $p < 0.001$ en ambos puntos de tiempo. Proteína C-reactiva de alta sensibilidad. Ninguna diferencia significativa fueron identificados en CRP entre los grupos en cualquier punto de tiempo; sin embargo, un aumento significativo en CRP fue identificado en el grupo de placebo de línea de base hasta 24 horas después de la carrera cuesta abajo, $p < 0.001$.

Interleucina-1b. No hay diferencias significativas en IL-1b entre los grupos y dentro del grupos para este parámetro.

Interleucina-6. Ambos grupos demostraron estadísticamente aumentos significativos en IL-6 desde el inicio hasta inmediatamente después y cuatro horas después de la carrera cuesta abajo ($p < 0.001$ para ambos grupos en cada punto de tiempo). No diferencia significativa entre la árnica tópica y Se identificaron grupos de placebo en cualquier momento.

Factor de necrosis tumoral- α . Una diferencia significativa entre los grupos se identificó al inicio del estudio ($p < 0.048$), y un aumento significativo en TNF- α concentraciones se identificaron en ambos grupos de línea de base para publicar. Para el grupo tópico Arnica $p < 0.002$ y el grupo de placebo $p < 0.02$. Como había diferencias significativas al inicio del estudio para TNF- α , más análisis estadístico se llevó a cabo para identificar cambios relativos de cada grupo desde el inicio y identificar si hubo diferencias significativas entre los grupos tópicos Arnica y placebo. No hubo diferencias significativas entre los grupos al evaluar el cambio desde la línea de base.

1 Discusiones y Conclusiones

El propósito del estudio fue determinar si el Árnica tuvo un efecto en DOMS, indicadores de músculo daño e inflamación, dolor y rendimiento en hombres bien entrenados. Encontramos que Árnica tópica aplicado superficialmente al cuádriceps y al gastrocnemio músculos inmediatamente después de intenso excéntrico ejercicio y durante las siguientes 96 horas tuvieron un mínimo efecto sobre el rendimiento y los marcadores sanguíneos en nuestra muestra de población. Sin embargo, Árnica tópico puede haber influido en la percepción del dolor del participante en sus extremidades inferiores, 72 horas después de intenso excéntrico ejercicio. Como se ha demostrado en muchos estudios, el protocolo de carrera cuesta abajo empleado en este estudio causa dolor, aumenta los marcadores de daño muscular y provoca

decrementos de rendimiento, que apoyan la noción de que DOMS fue inducido con éxito (Byrnes et al., 1985; Cleary y otros, 2002). No se identificaron diferencias entre los grupos para cualquiera de los parámetros de rendimiento en cualquier punto de tiempo. Como no hay otra literatura que evalúe los efectos de Arnica tópica en cualquier parámetro de rendimiento después ejercicio excéntrico, solo podemos concluir que el Árnica tópica no tuvo impacto en el rendimiento después de la bajada corriendo. El aumento en los puntajes de dolor VAS para ambos grupos en este estudio fue como se esperaba después de intenso ejercicio excéntrico. Aumentos significativos en el dolor de línea de base se identificaron en ambos grupos después de medir hasta 48 horas después de la carrera cuesta abajo. Un hallazgo interesante de este estudio es ese dolor identificado por el VAS duró más tiempo en el placebo grupo. Aunque no hubo diferencias significativas entre grupos, la árnica tópica parece aliviar dolor más rápido después del ejercicio. Esto contrasta el de Adkison et al. (2010), donde el dolor fue supuestamente mayor en las piernas aplicadas con Arnica tópica en comparación con el dolor reportado en las piernas que tenía una crema de placebo aplicada después de realizar ejercicio excéntrico (Adkison et al., 2010). Razones para las diferencias pueden incluir la aplicación o régimen de seguimiento, la intensidad del ejercicio o el grupo de participantes. Este estudio empleó el actual régimen de aplicación recomendado de cada cuatro horas, con seguimientos que ocurren hasta 96 horas después del ejercicio. El estudio de Adkison et al. (2010) involucró una aplicación de árnica tópica o placebo cada 24 horas hasta 72 horas después de la excéntrica ejercicio. Al evaluar la sensibilidad muscular, participantes en el grupo tópico Arnica resistieron mayor presión en el cuádriceps y gastrocnemio 72 horas después de aplicar el árnica tópica en comparación con sus contrapartes de placebo. Figuras 2 y 3 ilustrar una separación constante y creciente entre los grupos activo y placebo, con el grupo activo experimentando gradualmente menos dolor El único otro estudio tópico de Arnica que evalúa el dolor muscular después de el ejercicio no informó diferencias en la sensibilidad muscular entre el Arnica tópico y el grupo de placebo después del ejercicio excéntrico (Adkison et al., 2010). Al considerar ambos parámetros utilizados para evaluar dolor, es posible basado en el uso histórico, que Arnica tópica puede haber tenido un efecto analgésico en los miembros inferiores Esto se refleja por los participantes informando menos dolor y sensibilidad muscular. Los efecto analgésico pueden ser acumulativos en el tiempo, por lo tanto, cuanto más árnica tópica se aplique, mayor será el efecto analgésico. Esta teoría es apoyada por el aumento significativo de la presión tolerada por el participantes en el grupo tópico Arnica en el 72- y puntos de

tiempo de 96 horas en comparación con la línea de base valores, y la puntuación más baja VAS 72 horas después del descenso corriendo.

Como DOMS generalmente alcanza un máximo 2448 horas después de una pelea de ejercicio no acostumbrado, la importancia clínica de este hallazgo podría debatirse, sin considerar el rendimiento beneficios fueron identificados. Más investigación podría explorar el uso de árnica tópica antes de ejercicio desacostumbrado. Esto puede identificar si hay un efecto analgésico acumulativo de la árnica tópica en dolor con el tiempo. Si es así, la percepción del dolor puede ser más bajo durante el período pico de DOMS si es tópico Arnica se aplica antes del ejercicio. CK y mioglobina, aunque marcadores indirectos de daño muscular, se utilizan con frecuencia para indicar que lesión muscular ha ocurrido (Armstrong, 1990; Balnave y Thompson, 1993; Byrne y Eston, 2002; Byrnes y otros, 1985; Clarkson, Byrnes, McCormick, Turcotte, y White, 1986). El aumento de CK y los niveles de mioglobina en este estudio fueron los esperados y parecía no verse afectado por la aplicación de árnica tópica. Los marcadores de respuesta de fase aguda fueron respondidos como se esperaba de investigaciones previas en este área, sin diferencias significativas identificadas entre Arnica tópica y placebo después de DOMS inducing ejercicio (Brenner et al., 1999; Croisier et al. al., 1999; MacIntyre, Sorichter, Mair, Berg, y McKenzie, 2001; Malm et al., 2004; Nosaka, Newton, Y Sacco, 2002; Paulsen et al., 2005). Incluso aunque Arnica tópico se supone que actúa como un anti-inflamatorio (Adkison et al., 2010; Knuesel et al., 2002), no vimos ninguna evidencia de esto en nuestra estudiar a través de cualquier marcador inflamatorio. Nosotros por lo tanto concluimos que Arnica tópica no afectó la CK, mioglobina o cualquier marcador de respuesta de fase aguda evaluado en este estudio. El estudio actual utilizó un doble ciego, controlado con placebo prueba para determinar si Arnica tópica es eficaz en la reducción del dolor, indicadores de inflamación y daño muscular en DOMS. Este estudio puede tener un beneficio de un diseño basado en el cruce, mediante el cual DOMS se induce dos veces en cada participante que utiliza una extremidad diferente después de un período de lavado. Desafortunadamente, el tiempo y las limitaciones financieras en este estudio no permitió que esto ocurriera. Investigación futura utilizando un diseño cruzado y un participante más grande números fortalecería la investigación muy necesaria en esta área. Para concluir, este estudio encontró que Árnica tópica no mejoró ni evitó los decrementos de rendimiento después del ejercicio excéntrico en hombres bien entrenados. Árnica tópica no afectó la expresión de ningún marcador de daño muscular o la respuesta de fase aguda siguiendo una pelea de ejercicio excéntrico. Sin embargo,

la árnica tópica puede afectar la percepción del dolor 72 horas después del ejercicio excéntrico, que fue identificado a través de la sensibilidad muscular y los puntajes de dolor VAS. En términos prácticos, los síntomas de DOMS son predominantemente sintió 2448 horas después de desacostumbrado ejercicio, que se demostró en nuestro estudio. La investigación adicional debe investigar el momento de aplicación tópica de Árnica, quizás 2448 horas antes del ejercicio excéntrico, para identificar si es tópico Arnica puede influir en el dolor durante el período pico de DOMS.

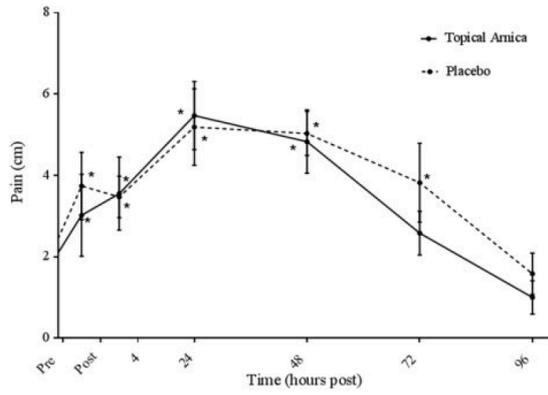


Figure 1. Mean VAS scores for all subjects after the downhill running protocol. Significant differences from baseline ($p < 0.05$) are represented by *.

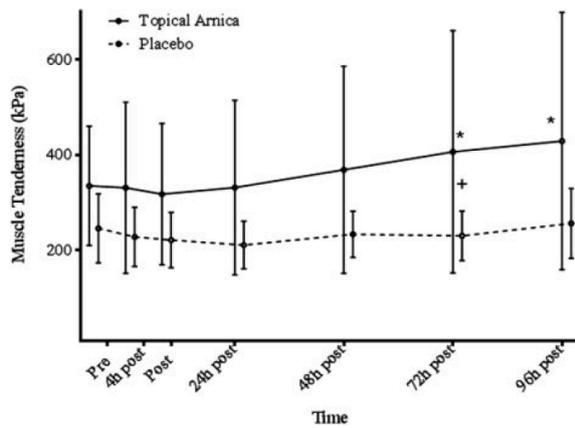


Figure 2. Mean muscle tenderness in the quadriceps for all subjects after the downhill running protocol. Significant differences from baseline ($p < 0.05$) are represented by * significant differences between groups are represented by +.

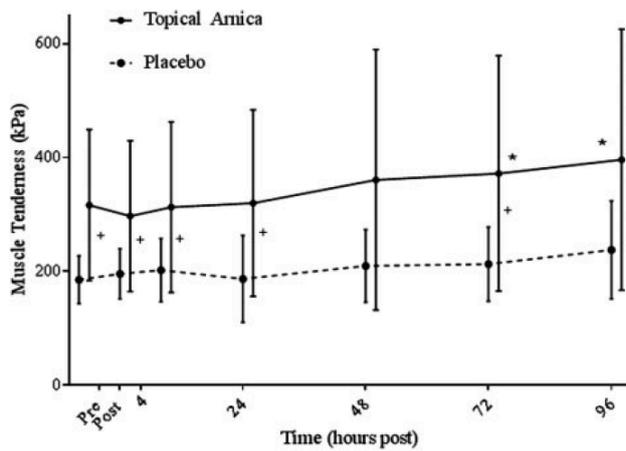


Figure 3. Mean muscle tenderness in gastrocnemius for all subjects after the downhill running protocol. Significant differences from baseline ($p < 0.05$) are represented by * significant differences between groups are represented by +.

Acknowledgements

Thanks to Brauer Natural Medicine for kindly providing the product (Topical Arnica), placebo, and product for participating subjects on completion of the study. The Australian Institute of Sports Medicine and Physiology departments, specifically Ruth Fazakerley, Bev Anderson-Tranter, Sandra Mejak, Melissa Clarke and Amanda Cox for their assistance with blood sampling and analysing, Fiona Gutschlag for training and assistance with the algometer, Trevor Allen (Monash University) and Camilla Brockett for their assistance with analysing the Kin/Com data, David Martin and Sungwon Chan for statistically assistance, and The Australian Institute of Sport and The Centre of Complementary Medicine Research, University of Western Sydney for providing the doctoral scholarship.

References

- Adkison, J. D., Bauer D. W., & Chang, T. (2010). The effect of topical Arnica on muscle pain. *The Annals of Pharmacotherapy*, 44(10), 1579–1584. doi:10.1345/aph.1P071
- Armstrong, R. B. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(4), 429–435. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2205778>
- Balnave, D. C., & Thompson, M. W. (1993). Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 75, 1545–1551. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8282602>
- Brauer Natural Medicines. (2012). *Arnica cream*. Australia: Brauer Natural Medicines. Retrieved from <http://www.brauer.com.au/products/bruising/arnica-cream-100g/>
- Brenner, I. K. M., Natale, V. M., Vasilio, P., Moldoveanu, A. I., Shek, P. N., & Shephard, R. J. (1999). Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 452–460. doi:10.1007/s004210050617
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 417–425. doi:10.1080/026404102317366672
- Byrnes, W. C., Clarkson, P. M., White, J. S., Hsieh, S. S., Frykman, P. N., & Maughan, R. J. (1985). Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *Journal of Applied Physiology*, 59(3), 710. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4055561>
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*, 33(2), 145–164. doi:10.2165/00007256-200333020-00005
- Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P., & White, J. S. (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 152–155. doi:10.1055/s-2008-1025753
- Cleary, M. A., Kimura, I. F., Sitler, M. R., & Kendrick, Z. V. (2002). Temporal pattern of the repeated bout effect of eccentric exercise on delayed-onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 32. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164305/>
- Connolly, D. A. J., Sayers, S. P., & McHugh, P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 197–208. Retrieved from http://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2003/02000/treatment_and_prevention_of_delayed_onset_muscle.30.aspx
- Cosmetic Ingredient Review. (2001). Final report on the safety assessment of Arnica Montana extract and Arnica Montana. *International Journal of Toxicology*, 20(Suppl. 2), 1–11. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11558636>
- Croisier, J. L., Camus, G., Venneman, I., Deby-Dupont, G., Juchmes-Feir, A., Lamy, M., ... Duchateau, J. (1999). Effects of training on exercise-induced muscle damage and interleukin 6 production. *Muscle and Nerve*, 22(2), 208–212. doi:10.1002/(SICI)1097-4598(199902)22:2<208::AID-MUS8>3.0.CO;2-B
- Eston, R. G., Lemmey, A. B., McHugh, P., Byrne, C., & Walsh, S. E. (2000). Effect of stride length on symptoms of exercise induced muscle damage during a repeated bout of downhill running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(4), 199–204. doi:10.1034/j.1600-0838.2000.010004199.x
- Gulick, D. T., Kimura, I. F., Sitler, M., Paolone, A., & Kelly, J. D. (1996). Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 31(2), 145–152. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1318445/pdf/jathttrain00018-0051.pdf>
- Knuesel, O., Weber, M., & Suter, A. (2002). Arnica Montana gel in osteoarthritis of the knee: An open, multicenter clinical trial. *Advances in Therapy*, 19(5), 209–218. doi:10.1007/BF02850361
- MacIntyre, D. L., Reid, W. D., & McKenzie, D. C. (1995). Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*, 20(1), 24. doi:10.2165/00007256-199520010-00003
- MacIntyre, D. L., Soricter, S., Mair, J., Berg, A., & McKenzie, D. C. (2001). Markers of inflammation and myofibrillar proteins following eccentric exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 84(3), 180–186. doi:10.1007/s004210170002
- Malm, C., Sjodin, B., Sjoberg, B., Lenkei, R., Renstrom, P., & Lundberg, I. E. (2004). Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *The Journal of Physiology*, 556(3), 983–1000. doi:10.1113/jphysiol.2003.056598
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(6), 337–346. doi:10.1034/j.1600-0838.2002.10178.x
- Paulsen, G., Benestad, H. B., Strom-Gundersen, I., Morkrid, L., Lappgaard, K. T., & Raastad, T. (2005). Delayed leukocytosis and cytokine response to high-force eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1877–1883. doi:10.1249/01.mss.0000177064.65927.98
- Pumpa, K. L., Fallon, K. E., Bensoussan, A., & Papalia, S. (2011). The effects of Lyprinol on delayed onset muscle soreness and muscle damage in well trained athletes: A double-blind randomised controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 19(6), 311–318. doi:10.1016/j.ctim.2011.08.004
- Pumpa, K. L., Fallon, K. E., Bensoussan, A., & Papalia, S. (2013). The effects of Panax notoginseng on delayed onset muscle soreness and muscle damage in well-trained males: A double blind randomised controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctim.2012.12.007>
- Tuten, C., & McClung, J. (1999). Reducing muscle soreness with Arnica: Is it effective. *Alternative & Complementary Therapies*, 5(6), 369–372. doi:10.1089/act.1999.5.369