

Influencia del masaje ZNAR y la inmersión en agua fría en el proceso inflamatorio, Creatin Kinasa y percepción al dolor muscular en jugadores de voleibol

Influence of ZNAR massage and cold water immersion on the inflammatory process, Creatine Kinase and perception of muscle pain in volleyball players

Zeltzin Nereyda Alonso Ramos, Blanca Rocío Rangel Colmenero, Myriam Zarai García Dávila, Gerardo Enrique Muñoz Maldonado, José Raul Hoyos Flores, Germán Hernández Cruz
Universidad Autónoma de Nuevo León (México)

Resumen: Las estrategias que aminoren el dolor, la inflamación y el daño muscular provocados por la actividad física de alta intensidad en atletas son de interés en la recuperación deportiva, por lo que el objetivo del estudio fue conocer el efecto del masaje ZNAR y la inmersión en agua fría a 10° sobre el proceso inflamatorio a través de la interleucina 6 (IL-6), interleucina 10 (IL-10), el factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- α), el daño muscular mediante la Creatin Kinasa (CK) y la percepción al dolor muscular a través de la escala visual análoga de dolor (EVA) en jugadores de voleibol. Participaron 19 atletas divididos en un grupo control y un grupo experimental, sometidos a dos protocolos de recuperación (masaje ZNAR e inmersión en agua fría) posterior a un test de inducción a la fatiga. Se cuantifico la IL-6, IL-10, TNF, CK y EVA. Los resultados mostraron cambios significativos ($p < .05$) en las tomas de recuperación en el comportamiento del proceso inflamatorio, la CK y la percepción al dolor muscular con ambos métodos de recuperación. Conclusión, el Masaje ZNAR favorece a la recuperación de la IL-6 y la IL-10 además de la disminución de la CK y la percepción al dolor muscular.

Palabras clave: recuperación deportiva, recuperación post-ejercicio, masaje, masaje ZNAR, inmersión en agua fría, dolor muscular, inflamación, Creatin Kinasa.

Abstract: The strategies that reduce pain, inflammation and muscle damage caused by high intensity activity in athletes are of interest in sports recovery, the objective of the study was to know the effect of ZNAR massage and cold water immersion at 10 ° on the inflammatory process through interleukin 6 (IL-6), interleukin 10 (IL-10), tumor necrosis factor Alpha (TNF- α), muscle damage through Creatine Kinase (CK) and the perception of muscle pain through the visual analogue scale (VAS) in volleyball players. 19 athletes were divided into a control group and an experimental group, submitted to two recovery protocols (ZNAR massage and cold water immersion) after a fatigue induction test. IL-6, IL-10, TNF, CK and EVA were quantified. The results showed significant changes ($p < .05$) in the recovery shots in the behavior of the inflammatory process, the CK and the perception of muscle pain with both recovery methods. Conclusion, the ZNAR Massage favors the recovery of IL-6 and IL-10 in addition to the decrease in CK and the perception of muscle pain

Keywords: Sports recovery, post-exercise recovery, massage, ZNAR massage, cold water immersion, muscle pain, inflammation, Creatine Kinase.

Introducción

Los atletas se esfuerzan al máximo para alcanzar un óptimo rendimiento deportivo, sometiéndose a entrenamientos de alta intensidad con periodos de recuperación inadecuada (Pournot et al., 2011). El realizar ejercicio intenso y prolongado provoca daños en las fibras musculares que producen dolor, espasmos y desencadena todas las manifestaciones de una respuesta inflamatoria local, en una serie de reacciones moleculares y celulares en cascada (Ortiz et al, 2019;

Wilmore & Costill, 2010), la cual sirve como una función protectora importante que activa los procesos de defensa, sanación y reparación (Bahr & Maehlum, 2007; Kumar, Abbas, Fausto & Aster, 2005).

El daño muscular debido a las micro rupturas de la fibra muscular libera productos intracelulares, citocinas como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) e interleucinas como la interleucina-1 (IL-1) y la interleucina-6 (IL-6), que se liberan inmediatamente después de la lesión tisular de cualquier etiología y se consideran proinflamatorias al ser un inductor de las proteínas de fase aguda y antiinflamatoria al ser capaz de promover la síntesis de la IL-1 y de los receptores solubles de la TNF, mientras que otras como la interleucina-10 (IL-10) y la interleucina-13 (IL-13) tienen

efecto antiinflamatorio, estas moléculas liberadas son utilizadas como indicadores de la presencia del proceso inflamatorio (Braccaccio, Limongelli & Maffulli, 2006; Braccaccio, Maffulli & Limongelli, 2007).

Las enzimas liberadas por el músculo, posterior a un ejercicio de alta intensidad que podemos encontrar en suero, como la creatin kinasa (CK) y otras proteínas, son marcadores de su estado funcional, el aumento en estos marcadores es un indicador de daño muscular (Braccaccio, Lippi & Maffulli, 2010).

El principal efecto derivado de estos cambios fisiológicos es el dolor muscular, que en ocasiones puede llegar a ser limitante para el atleta de continuar con el ejercicio, por lo que resulta importante evaluar la percepción al dolor muscular a través de la escala visual análoga de dolor (EVA) (Paoli et al., 2013; Poppendieck et al., 2016).

La adecuada recuperación física posterior a las cargas de entrenamiento tiene un papel importante, buscando no afectar entrenamientos o competencias posteriores (Dawson, Gow, Modra, Bishop & Stewart, 2005). Es por ello, que se recurre a métodos combinados o por individual, como estiramientos, masaje, compresión, medicamentos, ejercicio y frío (crioterapia) en sus diversas formas de aplicación (Barnett, 2006; Cheung, Hume & Maxwell, 2003; Montgomery et al., 2008).

El interés en los métodos de recuperación deriva del aumento en el uso de los mismos como el masaje, la crioterapia y la inmersión en agua fría, utilizados por atletas de elite dentro del deporte amateur y el deporte profesional (Calleja-González et al., 2020).

Desafortunadamente, no se ha evaluado completamente la efectividad de estos métodos de recuperación y los estudios realizados presentan protocolos de aplicación muy variados en cuanto a técnicas y tiempos, así como una limitada descripción de los pasos a seguir para su reproducción (Cafarelli & Flint, 1992; Dawson et al., 2005; Poppendieck et al., 2016). Por lo que se propone un protocolo denominado masaje ZNAR, el cual consiste en la combinación de la crioterapia local con masaje estandarizado en cuanto a técnicas y tiempos de aplicación. El objetivo principal del estudio fue conocer el efecto del masaje ZNAR y la inmersión en agua fría sobre el proceso inflamatorio, CK y la percepción al dolor en jugadores de voleibol.

Material y método

Participaron 19 voleibolistas varones del equipo representativo Tigres de la UANL (Tabla 1) divididos

en grupo control (n=9) y grupo experimental (n=10) de manera aleatoria utilizando el software estadístico G*Power, utilizando las variables para muestra ideal del mismo software de $\alpha = 0.05$ por lo que los intervalos de confianza fueron del 95%; $1 - \hat{\alpha} = 90\%$ y una $d = 0.50$. Se expusieron a dos métodos de recuperación (masaje ZNAR e inmersión en agua fría a 10°). Se dividió el protocolo en dos etapas con una duración de tres días (concentración) y descanso de cuatro días entre cada etapa, en la primera etapa se aplicó el masaje ZNAR a cinco sujetos y la inmersión en agua fría a los otros cinco, en la segunda etapa se invirtieron los métodos de recuperación aplicados, los tres grupos fueron sometidos a un test de inducción a la fatiga. Los atletas dieron su consentimiento por escrito donde aceptaron las condiciones del estudio, el protocolo del estudio, pruebas físicas (antropometría y DXA, VO_{2max} para determinar la intensidad a la que se les aplicaría el test de fatiga) y pruebas biológicas a las que serían sometidos, siguiendo los Principios Éticos de la Declaración de Helsinki (2013).

Tabla 1
Características de los participantes.

	Experimental		Control	
	Media	DE	Media	DE
VO ₂ max (ml/kg/min)	48.9 ±	2.2	48.5 ±	6.1
Edad (años)	21.5 ±	2.3	21.4 ±	2.0
Masa magra (%)	40.3 ±	3.8	37.2 ±	3.6
Peso (Kg)	82.4 ±	8	77.3 ±	6.4
Altura (cm)	186 ±	6.1	185.8 ±	10.1
Masa grasa (%)	24.5 ±	3.8	25.4 ±	2.5

Nota: los datos son presentados en media ± desviación estándar.

Protocolo general

Las concentraciones se realizaron en las instalaciones de la universidad para controlar el ejercicio de inducción a la fatiga y su recuperación posterior con una duración de tres días. Durante el tiempo de recuperación en la concentración se permitieron solo actividades recreativas que no involucraban esfuerzo físico, juegos de mesa, videojuegos, lectura o ver películas. Se establecieron horarios de descanso, alimentación e higiene personal.

El protocolo consistió en dos etapas, cada una con una duración de tres días, al inicio de cada etapa se realizaron tomas sanguíneas para la cuantificación de IL-6, IL-10, TNF- α y CK (pre). Posteriormente se aplicó el test de inducción a la fatiga (ejercicio de alta intensidad), al finalizar se tomaron muestras de sangre y EVA (pre), inmediatamente después se les aplicó el método de recuperación correspondiente. Se tomaron muestras sanguíneas y EVA (post) y a las 24 (24h) y 48 (48h) horas posteriores a la aplicación del método de recuperación para la evaluación de la recuperación (figura 1).

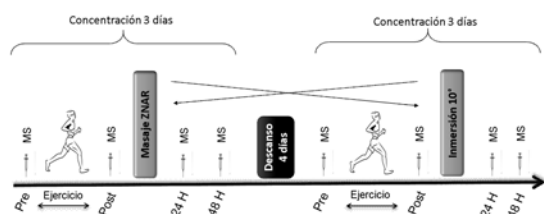


Figura 1. Representación gráfica protocolo experimental. Pre= Antes del ejercicio. Post= Después del ejercicio. 24H = 24 Horas después del ejercicio. 48H = 48 Horas después del ejercicio. MS = Muestras.

Test de inducción a la fatiga

Los participantes realizaron el Loughborough Intermittent Shuttle Test modificado, el cual consistió en recorrer una distancia de 20 metros, tres veces caminando, 1 realizando un sprint a máxima velocidad, 3 trotando, 3 en un sprint al 95% y tres saltos, esto se repitió durante 15 minutos, todo lo anterior correspondía a un bloque, en total realizaron 5 bloques, descansando 3 minutos entre cada bloque (Magalhães et al., 2010).

Masaje ZNAR

El masaje ZNAR (tabla 2) se aplicó en miembros inferiores, el cual consiste en aplicar hielo y la combinación de técnicas de masaje (frotación, amasamiento, frotación, fricción, frotación, amasamiento, frotación, vibración, frotación) de manera vigorosa por dos personas a manera de espejo, con un tiempo de aplicación de 15 minutos para ambas piernas, 5 minutos para la crioterapia en ambas piernas (2 minutos y medio por la parte anterior y 2 minutos y medio por la parte posterior) y 10 minutos para el masaje en ambas piernas (5 minutos por la parte anterior y 5 minutos por la parte posterior) (Alonso-Ramos et al., 2021).

Tabla 2

Ejemplo de la aplicación del masaje de recuperación ZNAR para miembros inferiores

Plano/ posición	Tiempo	Frecuencia	Técnica	Zona	Descripción
Anterior: decúbito supino	2'30"	140-145	crioterapia	Toda la pierna	En bolsa con hielo, realizar movimientos circulares de manera ascendente.
	2'30"	140-145	Crioterapia	Toda la pierna	En bolsa con hielo, realizar movimientos circulares de manera ascendente, es decir, de caudal a céfalo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15"	40-45	Amasamiento	Gastrocnemio	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15"	40-45	Amasamiento	Isquiotibiales	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	30"	30-35	Fricción	Gastrocnemio	Presión lineal sobre el músculo con el pulgar de caudal a céfalo con ambos pulgares.
	30"	30-35	Fricción	Isquiotibiales	Presión lineal sobre el músculo con el pulgar de caudal a céfalo con ambos pulgares.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
Posterior: decúbito prono	15"	40-45	Amasamiento	Gastrocnemio	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15"	40-45	Amasamiento	Isquiotibiales	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15"	30-35	Vibración	Gastrocnemio	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	15"	30-35	Vibración	Isquiotibiales	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15"	40-45	Amasamiento	Tibial anterior	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15"	40-45	Amasamiento	Cuádriceps	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
Anterior: decúbito supino	30"	30-35	Fricción	Tibial anterior	Presión lineal sobre el tejido aplicado con el pulgar, de caudal a céfalo.
	30"	30-35	Fricción	Cuádriceps	Presión lineal sobre el tejido aplicado con el pulgar, de caudal a céfalo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15"	40-45	Amasamiento	Tibial anterior	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15"	40-45	Amasamiento	Cuádriceps	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15"	30-35	Vibración	Cuádriceps	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos, flexionar rodillas para realizar simultaneo.
	15"	30-35	Vibración	isquiotibiales	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos, flexionar rodillas para realizar simultaneo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	30"	40-45	Frotación	Toda la pierna	Con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.

Nota. Presenta las especificaciones para la aplicación del masaje. Modificado de "Efecto del masaje ZNAR sobre el daño muscular en corredores de medio fondo", Alonso-Ramos et al., 2021, pp 49-66.

Inmersión en agua fría

Se introdujo al atleta en una tina sentado con el agua a la altura de la cresta iliaca, a una temperatura de 10° por 10 minutos (Ascensao et al., 2011).

Determinación de variables biológicas

La toma de sangre se realizó en la parte anterior del brazo, esterilizando con alcohol etílico al 70%, posteriormente se aplicó un torniquete a 10 cm, el brazo se colocó inclinado hacia abajo para realizar la punción con una aguja estéril de doble bisel (BD Vacutainer Precision Glide) para colectar 5 ml de sangre venosa en un tubo de muestra de EDTA (BD Vacutainer, K2 EDTA) y posteriormente se centrifugó a 3000 RPM por 10 minutos, para separar el plasma y cuantificar la concentración por el método de ELISA para IL-6 (IL-6 Human ELISA Kit, High Sensitivity, BMS213HS), IL-10 (IL-10 Human ELISA Kit, High Sensitivity, BMS215HS) y TNF-a (TNF Alpha Human ELISA Kit, High Sensitivity, BMS223HS). La cuantificación de la absorbancia se realizó en el equipo iMark™ Microplate Absorbance Reader BIO-RAD (1681130). La concentración de CK se cuantificó por espectrofotometría de absorbancia en el fotómetro Cobas C111, Roche.

Determinación de la percepción al dolor

Se tomó la EVA (escala visual análoga) a través de una métrica visual de cero a 10, en el extremo del cero se coloca la frase «sin dolor» y en el extremo del 10 se coloca la frase «máximo dolor», se le solicita al participante indique a través de la siguiente frase: «del cero al 10 que tanto dolor siente, siendo cero nada de

dolor y 10 un dolor máximo», la primer toma (pre) se aplicó una vez finalizado el ejercicio de alta intensidad, las siguientes tomas corresponden al mismo tiempo de la toma de sangre (Paoli et al., 2013).

Análisis estadístico

Se revisó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro Wilk. Para los datos normales se utilizó estadística paramétrica a través de la prueba ANOVA por cada tratamiento entre las variables y la prueba Post-hoc de Tukey, para los datos no normales se utilizó estadística no paramétrica a través de la prueba de Friedman y la prueba de Wilcoxon. Para la asociación entre las variables de medición se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Se considera el valor de $p < .05$, todas las pruebas fueron analizadas a través del SPSS v.25.

Resultados

Proceso inflamatorio

Interleucina 6 (IL-6)

El masaje ZNAR, en la toma pre la concentración de IL-6 fue de 2.48 ± 0.71 U/L, en post se elevó después de la actividad física hasta 5.77 ± 0.97 U/L, descendió en 24h (4.79 ± 1.27 U/L) y aumentó a las 48h (5.86 ± 1.39 U/L). Se encontró diferencias significativas ($p < .05$) en pre contra post y 24h. La inmersión en agua fría, en la toma pre el valor fue de 3.40 ± 0.71 U/L, en post se elevó posterior a la actividad física hasta 4.05 ± 1.22 U/L, descendió en 24h (4.12 ± 0.85 U/L) y aumentó a las 48h (4.28 ± 0.76 U/L). No observamos diferencias significativas entre sus tomas. En el grupo control, en pre el valor fue de 2.65 ± 0.30 U/L, en post se elevó posterior al ejercicio hasta 5.32 ± 0.62

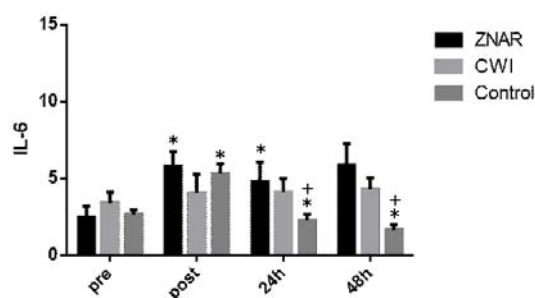


Figura 2. Comportamiento de la IL-6 por grupo. ZNAR = Masaje con crioterapia; CWI = Inmersión en agua fría a 10°; Control = Sin tratamiento; Pre = Basal; Post = Posterior al ejercicio; 24h = Recuperación 24 horas; 48h = Recuperación 48 horas. * = $p < .05$ vs. pre; + = $p < .05$ vs. post.

Tabla 3
Comparación de resultados por variable

Grupo	Variable	pre	post	24h	48h
Masaje ZNAR	Proceso inflamatorio IL-6	2.48 ± 0.71	5.77 ± 0.97 *	4.79 ± 1.27*	5.86 ± 1.39
	IL-10	1.89 ± 0.30	6.44 ± 3.52 *	1.82 ± 0.36 +	2.16 ± 0.25 * +
	TNF	3.92 ± 1.03	5.62 ± 0.68 *	6.11 ± 1.60 *	4.05 ± 0.79 +
	Daño muscular CK	302.038 ± 34.14	1171.44 ± 429.06	1079.77 ± 301.71	597.46 ± 182.39
Inmersión en agua fría (CWI)	Dolor muscular EVA	7 ± 0.9	2.60 ± 0.47	1.20 ± 0.43 * +	0.60 ± 0.37 * +
	Proceso inflamatorio IL-6	3.40 ± 0.71	4.05 ± 1.22	4.12 ± 0.85	4.28 ± 0.76
	IL-10	2.21 ± 0.30	9.21 ± 2.35 *	2.71 ± 0.28 +	3.96 ± 0.45 * +
	TNF	4.68 ± 1.03	5.65 ± 1.04	4.04 ± 0.60	6.23 ± 1.21
Control	Daño muscular CK	302.038 ± 34.14	802.310 ± 159.04 *	847.080 ± 177.67	430.310 ± 88.16
	Dolor muscular EVA	5.86 ± 0.81	3.14 ± 0.7	2.86 ± 0.56 *	1.71 ± 0.81 *
	Proceso inflamatorio IL-6	2.65 ± 0.30	5.32 ± 0.62 *	2.28 ± 0.37 * +	1.65 ± 0.35 * +
	IL-10	3.11 ± 0.39	4.07 ± 0.41 *	1.73 ± 0.09 *	2.11 ± 0.132 +
Control	TNF	2.33 ± 0.26	4.06 ± 0.43 *	2.56 ± 0.36 +	2.28 ± 0.27 +
	Daño muscular CK	252.76 ± 66.25	294.32 ± 45.59	511.06 ± 100.12	273.98 ± 50.48
	Dolor muscular EVA	7 ± 0.58	7 ± 0.58 *	5.13 ± 0.64 * +	4.75 ± 0.56 * +

Nota: los datos son presentados en media ± desviación estándar. * = $p < .05$ vs pre; + = $p < .05$ vs post.

U/L, descendió a las 24h (2.28 ± 0.37 U/L) y 48h (1.65 ± 0.35 U/L). Encontramos diferencias significativas ($p < .05$) en post, 24h y 48h contra pre y post (figura 2, tabla 3).

Interleucina 10 (IL-10)

El masaje ZNAR, en la toma pre en la concentración de IL-10 el valor fue de 1.89 ± 0.30 U/L, en post presentó elevación posterior a la actividad física hasta 6.44 ± 3.52 U/L, descendió a las 24h (1.82 ± 0.36 U/L), aumentó a las 48h (2.16 ± 0.25 U/L) con diferencias significativas ($p < .05$) en post y 48h contra pre y en 24h y 48h contra post. La inmersión en agua fría, en pre el valor fue de 2.21 ± 0.30 U/L, en post se elevó posterior a la actividad física hasta 9.21 ± 2.35 U/L, descendió a las 24h (2.71 ± 0.28 U/L) y aumentó a las 48h (3.96 ± 0.45 U/L) con diferencias significativas ($p < .05$) en post y 48h contra pre y en 24h y 48h contra post. En el grupo control, en pre la concentración de IL-10 fue de 3.11 ± 0.39 U/L, en post aumento posterior al ejercicio hasta 4.07 ± 0.41 U/L, descendió a las 24h (1.73 ± 0.09 U/L) y 48h (2.11 ± 0.132 U/L) encontrando diferencias significativas ($p < .05$) en post y 24h contra pre y en 48 contra post (figura 3, tabla 3).

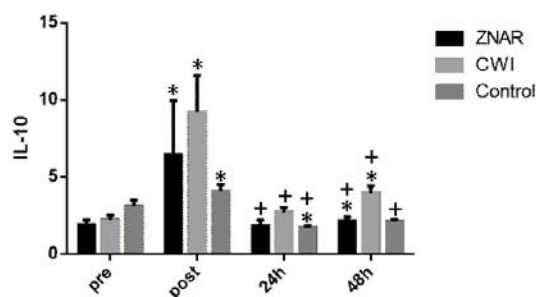


Figura 3. Comportamiento de la IL-10 por grupos. ZNAR = Masaje con crioterapia; CWI = Inmersión en agua fría a 10°; Control = Sin tratamiento; Pre = Basal; Post = Posterior al ejercicio; 24h = Recuperación 24 horas; 48h = Recuperación 48 horas. * = $p < .05$ vs pre; + = $p < .05$ vs. post.

Factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- α)

El masaje ZNAR, en la toma pre la concentración

de TNF- α fue de 3.92 ± 1.03 U/L, en post se elevó posterior a la actividad física hasta 5.62 ± 0.68 U/L y se mantuvo elevado hasta las 24h (6.11 ± 1.60 U/L), posteriormente descendió a las 48h (4.05 ± 0.79 U/L) y se presentó diferencias significativas ($p < .05$) en post y 24h contra pre y en 48h contra post. La inmersión en agua fría, en la toma pre el valor fue de 4.68 ± 1.03 U/L, en post se elevó posterior a la actividad física hasta 5.65 ± 1.04 U/L, descendió en 24h (4.04 ± 0.60 U/L) y se elevó a las 48h (6.23 ± 1.21 U/L), no se encontraron diferencias significativas. En el grupo control, en pre el valor fue de 2.33 ± 0.26 U/L, en post se elevó posterior al ejercicio hasta 4.06 ± 0.43 U/L y descendió a las 24h (2.56 ± 0.36 U/L) y 48h (2.28 ± 0.27 U/L), se encontraron diferencias significativas ($p < .05$) en post contra pre y en 24h y 48h contra post (figura 4, tabla 3).

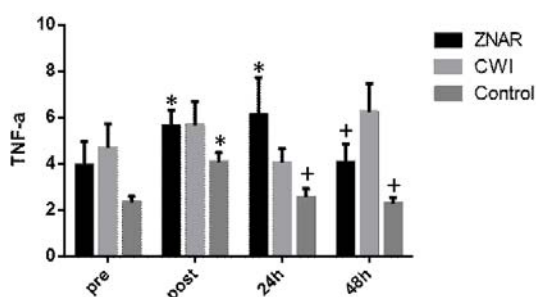


Figura 4. Comportamiento de la TNF- α por grupos. ZNAR = Masaje con crioterapia; CWI = Inmersión en agua fría a 10°; Control = Sin tratamiento; Pre = Basal; Post = Posterior al ejercicio; 24h = Recuperación 24 horas; 48h = Recuperación 48 horas. * = $p < .05$ vs pre; + = $p < .05$ vs. post.

Daño muscular

Creatin kinasa (CK)

El masaje ZNAR, en la toma pre la concentración fue de 302.038 ± 34.14 U/L, en post aumento después de la actividad física hasta 1171.44 ± 429.06 U/L y descendió a las 24h (1079.77 ± 301.71 U/L) y 48h (597.46 ± 182.39 U/L), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas. La inmersión en agua fría, en pre el valor fue de 302.038 ± 34.14 U/L, en post se

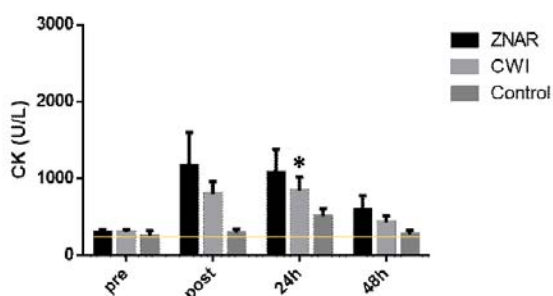


Figura 5. Comportamiento de la CK por grupos. ZNAR = Masaje con crioterapia; CWI = Inmersión en agua fría a 10°; Control = Sin tratamiento; Pre = Basal; Post = Posterior al ejercicio; 24h = Recuperación 24 horas; 48h = Recuperación 48 horas; Línea amarilla = Valor de referencia. * = $p < .05$ vs. pre.

elevó posterior a la actividad física hasta 802.310 ± 159.04 U/L y se mantuvo elevado hasta las 24h (847.080 ± 177.67 U/L), descendió hasta las 48h (430.310 ± 88.16 U/L), existiendo diferencia significativa ($p < .05$) en 24h contra pre. En el grupo control, en pre el valor fue de 252.76 ± 66.25 U/L, en post se elevó después de la actividad física hasta 294.32 ± 45.59 U/L, se mantuvo elevado hasta las 24h (511.06 ± 100.12 U/L) y descendió a las 48 horas (273.98 ± 50.48 U/L), no se obtuvieron diferencias significativas (figura 5, tabla 3).

Percepción al dolor

Escala visual análoga de dolor (EVA)

El masaje ZNAR, en la toma pre antes de la aplicación del masaje el valor fue de 7 ± 0.9 , en post inter descendió hasta 2.60 ± 0.47 , continuó descendiendo a las 24h (1.20 ± 0.43) y hasta las 48h (0.60 ± 0.37). Se encontró diferencia significativa ($p < .05$) en post, 24h y 48h contra pre y en 24h y 48h contra post. La inmersión en agua fría, en pre el valor fue de 5.86 ± 0.81 , posterior a la aplicación disminuyó hasta 3.14 ± 0.7 y progresivamente en 24h (2.86 ± 0.56) y hasta las 48 horas (1.71 ± 0.81), dando como resultado una diferencia significativa ($p < .05$) en las tomas post, 24h y 48h con respecto a la toma pre. En el grupo control, en pre al cuantificar la EVA posterior al ejercicio de alta intensidad el valor fue de 7 ± 0.58 , se mantuvieron igual en la toma post en 7 ± 0.58 y disminuyeron hasta las 24h (5.13 ± 0.64) y 48h (4.75 ± 0.56), hallando diferencia significativa $p < .05$ en 24h y 48h contra post intervención, así como en post intervención, 24h y 48h con respecto a la toma pre (figura 6, tabla 3).

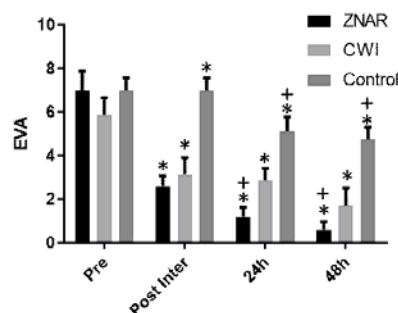


Figura 6. Comportamiento de la EVA por grupos. ZNAR = Masaje con crioterapia; CWI = Inmersión en agua fría a 10°; Control = Sin tratamiento; Pre = Posterior al ejercicio; Post Inter = Posterior al método de recuperación; 24h = Recuperación 24 horas; 48h = Recuperación 48 horas. * = $p < .05$ vs pre; + = $p < .05$ vs. post.

Discusión

El objetivo principal del estudio fue analizar el efecto del masaje ZNAR y la inmersión en agua fría en el proceso inflamatorio, la CK y la percepción al dolor en

jugadores de voleibol; El masaje es un método sugerido para reducir el dolor y atenuar la respuesta inflamatoria generada por la actividad física por diversos autores (Barnett, 2006; Best, Hunter, Wilcox & Haq, 2008; Crane et al., 2012; Delextrat, Calleja-González, Hippocrate & Clarke, 2013; White et al., 2020).

Proceso inflamatorio

En el proceso inflamatorio se mostraron ligeras alteraciones en los grupos, los valores de IL-6, IL-10 y TNF- α manifestaron un patrón similar de comportamiento tanto en el control como el experimental al no elevarse considerablemente e incluso se mantuvieron dentro de los parámetros de referencia para el proceso inflamatorio, lo que podría deberse a la actividad física que realizaron los sujetos para llegar al estado de fatiga, el test realizado pretendía reflejar las actividades que realiza un voleibolista, sin embargo, según un estudio por Souglis y colaboradores (2015), el voleibol es el deporte de conjunto que presenta menores alteraciones en el proceso inflamatorio en comparación con el fútbol, basquetbol y handball, siendo el fútbol el que presenta una mayor alteración y una recuperación hasta dos días después, este estudio también sugiere que cuando se presenta un aumento en los valores del proceso inflamatorio, su recuperación se puede dar dentro de las primeras 13 horas posteriores a este ejercicio. No obstante, la IL-6 presentó una recuperación a las 24 horas en el grupo que recibió el masaje ZNAR contrario a los que recibieron la inmersión en agua fría donde los valores se mantuvieron elevados hasta las 48 horas, también se presentó en la IL-10 una recuperación a las 24 horas en el grupo del masaje ZNAR, por lo que al tener una disminución de los valores en esta toma de recuperación en las interleucinas que se caracterizan por tener un efecto antiinflamatorio se observa que el masaje ZNAR puede favorecer la disminución del proceso inflamatorio generado por el ejercicio de alta intensidad, nuestros resultados concuerdan con estudios previos que han observado una modulación en esta respuesta inflamatoria (Butterfield, Zhao, Agarwal, Haq & Best, 2008; Crane et al., 2012; Sejari et al., 2015) y concluyen en apoyar el uso del masaje como método recuperación de la respuesta inflamatoria generada por el ejercicio de alta intensidad (White et al., 2020).

Daño muscular

Los resultados del estudio expusieron modificaciones en el comportamiento de la CK en contraste con las tomas de reposo en los tres grupos, esto derivado del

daño muscular presentado por los sujetos, al presentar aumento en los valores como respuesta al ejercicio de alta intensidad realizado (Brancaccio, Maffulli & Limongelli, 2007); sin embargo, las concentraciones más bajas en las diferentes tomas se mostraron en el grupo control, esta respuesta puede estar asociada a que los atletas que conformaban este grupo eran los sujetos que tenían una mayor experiencia deportiva en comparación con los sujetos de los grupos experimentales, los valores encontrados son similares a los reportados para atletas de esta disciplina (Souglis, Bogdanis, Giannopoulou, Papadopoulos & Apostolidis, 2015).

Vaile y colaboradores (2007) refieren que los valores de CK pueden modificarse con la aplicación de métodos con crioterapia derivado de la posible vasoconstricción inicial provocado por el tiempo de exposición al frío, seguido de una vasodilatación provocada por la recuperación de la temperatura local, lo que favorece un aumento del flujo sanguíneo, mejorando el metabolismo de la zona, aumentando la oxigenación de los tejidos y favoreciendo la eliminación de desechos. El masaje ZNAR provoca una vasoconstricción con la aplicación local del frío y favorece la vasodilatación con el masaje a través de la frotación como técnica principal en combinación con las técnicas de amasamiento, fricción y vibración, lo que permitió disminuir los valores a las 24 y 48 horas en relación a la toma post, contrario a lo reportado por diferentes artículos que analizan este marcador tras la aplicación de masaje reportando la recuperación hasta las 48 horas (Delextrat et al., 2013; Howatson, Gaze & Van Someren, 2005). En el grupo de inmersión en agua fría, los valores permanecieron elevados al finalizar el ejercicio de alta intensidad manteniéndose elevados hasta las 24 horas, estos resultados son similares a diversos estudios que reportan este comportamiento considerándose poco efectivo para aminorar el daño muscular (Wilson et al, 2018; Wilson, Dimitriou, Hills, Gondek & Cockburn, 2019).

Percepción al dolor muscular

Con relación a la percepción al dolor muscular analizado a través de la EVA se encontró que el masaje ZNAR y la inmersión en agua fría favorecieron positivamente la percepción al dolor muscular, no obstante, el grupo que recibió el masaje ZNAR mostró una menor percepción al dolor en comparación al grupo de inmersión en agua fría, estos resultados son contrarios a los obtenidos por White y colaboradores (2020) posterior a un masaje de 30 minutos donde no encontraron disminución en la percepción al dolor

muscular y por el contrario, nuestros resultados concuerdan con algunos estudios previos que analizaron la influencia del masaje en la percepción al dolor (Farr, Nottle, Nosaka & Sacco, 2002; Hemmings, Smith, Graydon & Dyson, 2000; Tanaka, Leisman, Mori, & Nishijo, 2002; Zainuddin, Newton, Sacco & Nosaka, 2005). El síntoma que causa mayor preocupación en el tema de la recuperación deportiva es el dolor muscular que percibe el atleta, considerado un indicador de daño muscular y siendo uno de los principales síntomas que llegan a causar una imposibilidad del atleta para llevar a cabo una nueva carga de trabajo, sumado al desagrado del atleta al presentar estos síntomas, debido a esto la disminución del dolor es un punto esencial a la hora de decidir qué método de recuperación utilizar, el efecto de disminución del dolor a través del masaje se atribuye al resultado de la analgesia que genera la técnica de frotación al aumentar la temperatura y favorecer la circulación (Calleja-González et al., 2018).

Limitaciones

La principal limitación de este estudio fue el tamaño de la muestra, a pesar de ser una muestra ideal representativa del grupo estudiado, puede presentar un poder estadístico limitado, además de la ausencia de tomas posteriores a las primeras horas de la aplicación de los métodos de recuperación, ya que aún no se conocen completamente las implicaciones fisiológicas de las variables medidas del proceso inflamatorio debido a algunos efectos mediadores que se pueden presentar según las circunstancias, sin embargo, los resultados obtenidos nos permiten asumir las conclusiones y el planteamiento de nuevos estudios que integren menores tiempos entre tomas y el análisis del rendimiento deportivo posterior a la aplicación del masaje ZNAR.

Conclusiones

Conforme a los resultados obtenidos concluimos que el masaje ZNAR permite una recuperación más rápida de CK, además de una menor percepción al dolor muscular, así como la disminución de la IL-10 e IL-6 del proceso inflamatorio, siendo más efectivo que la inmersión en agua fría tras realizar ejercicio extenuante.

Agradecimientos

Agradecemos al entrenador Jorge Azair y al equipo representativo Tigres de la UANL por su apoyo en la

realización de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Alonso-Ramos, Z. N., Hernández-Cruz, G., Rangel-Colmenero, B. R., Cruz, R. M. & Muñoz, G. (2021). Efecto del masaje ZNAR sobre el daño muscular en corredores de medio fondo. Walle, J. M. L., Rodríguez, J. L. T., de Fatima Ferrera, R. & Garcia, A. R. C. *Psicología del deporte y ciencias aplicadas*, 49-66, Editorial universitaria.
- Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of sports sciences*, 29(3), 217-225.
- Bahr, R., & Maehlum, S. (2007). *Lesiones Deportivas/Sports Injuries: Diagnóstico, Tratamiento Y Rehabilitación/Diagnostic, Treatment and Rehabilitation*. Ed. Médica Panamericana
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports medicine*, 36(9), 781-796.
- Best, T. M., Hunter, R., Wilcox, A., & Haq, F. (2008). Effectiveness of sports massage for recovery of skeletal muscle from strenuous exercise. *Clinical journal of sport medicine*, 18(5), 446-460.
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 48(6), 757-767.
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British journal of sports medicine*, 40(2), 96-97.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81(1), 209-230.
- Butterfield, T. A., Zhao, Y. I., Agarwal, S., Haq, F., & Best, T. M. (2008). Cyclic compressive loading facilitates recovery after eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(7), 1289.
- Cafarelli, E., & Flint, F. (1992). The role of massage in preparation for and recovery from exercise. *Sports medicine*, 14(1), 1-9.
- Calleja-González, J., Mielgo-Ayuso, J., Marques-Jiménez, D., Ostojic, S. M., Jukic, I., Huyghe, T., & Terrados, N. RECOVERY IN SPORTS: CHALLENGES 2020.
- Calleja-González, J., Terrados, N., Martín-Acero, R., Lago-Peñas, C., Jukic, I., Mielgo-Ayuso, J., ... & Ostojic, S. (2018). Happiness vs. Wellness during the recovery process in high performance sport. *Frontiers in physiology*, 9, 1598.
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports medicine*, 33(2), 145-164.

- Córdova, A., & Álvarez, M. (2001). Inmunidad en el deporte. *Madrid: Gymnos*, 203.
- Crane, J. D., Ogborn, D. I., Cupido, C., Melov, S., Hubbard, A., Bourgeois, J. M., & Tarnopolsky, M. A. (2012). Massage therapy attenuates inflammatory signaling after exercise-induced muscle damage. *Science translational medicine*, 4(119), 119ra13-119ra13.
- Dawson, B., Gow, S., Modra, S., Bishop, D., & Stewart, G. (2005). Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(2), 210-221.
- Delextrat, A., Calleja-González, J., Hippocrate, A., & Clarke, N. D. (2013). Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *Journal of sports sciences*, 31(1), 11-19.
- Farr, T., Nottle, C., Nosaka, K., & Sacco, P. (2002). The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(4), 297-306.
- Kumar, V., Abbas, A. K., Fausto, N., & Aster, J. C. (2005). Robbins y Cotran. Patología estructural y funcional. edición 7ª. *España*, 1123-1154
- Hemmings, B., Smith, M., Graydon, J., & Dyson, R. (2000). Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *British journal of sports medicine*, 34(2), 109-114.
- Howatson, G., Gaze, D., & Van Someren, K. A. (2005). The efficacy of ice massage in the treatment of exercise induced muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 15(6), 416-422.
- Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensão, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European journal of applied physiology*, 108(1), 39-48.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of sports sciences*, 26(11), 1135-1145.
- Paoli, A., Bianco, A., Battaglia, G., Bellafiore, M., Grainer, A., Marcolin, G., ... & Palma, A. (2013). Sports massage with ozonised oil or non-ozonised oil: Comparative effects on recovery parameters after maximal effort in cyclists. *Physical Therapy in Sport*, 14(4), 240-245.
- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Meyer, T. (2016). Massage and performance recovery: a meta-analytical review. *Sports medicine*, 46(2), 183-204.
- Pournot, H., Bieuzen, F., Louis, J., Fillard, J. R., Barbiche, E., & Hausswirth, C. (2011). Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PloS one*, 6(7), e22748.
- Rodriguez, B. O., Legleu, C. E. C., de León Fierro, L. G., Sosa, K. F. C., Luján, R. C., & Longoria, R. J. N. (2019). Suplementos nutricionales en el tratamiento y la prevención del dolor muscular tardío: una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (35), 407-412.
- Sejari, N., Kamaruddin, K., Ramasamy, K., Lim, S. M., Neoh, C. F., & Ming, L. C. (2015). The immediate effect of traditional Malay massage on substance P, inflammatory mediators, pain scale and functional outcome among patients with low back pain: study protocol of a randomised controlled trial. *BMC complementary and alternative medicine*, 16(1), 1-7.
- Souglis, A., Bogdanis, G. C., Giannopoulou, I., Papadopoulos, C. H., & Apostolidis, N. (2015). Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 59-72.
- Tanaka, T. H., Leisman, G., Mori, H., & Nishijo, K. (2002). The effect of massage on localized lumbar muscle fatigue. *BMC complementary and alternative medicine*, 2(1), 1-8.
- Vaile, J. M., Gill, N. D., & Blazevich, A. J. (2007). The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 697-702.
- White, G. E., West, S. L., Caterini, J. E., Battista, A. P. D., Rhind, S. G., & Wells, G. D. (2020). Massage therapy modulates inflammatory mediators following sprint exercise in healthy male athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(1), 9.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2010). *Fisiología Del Esfuerzo Y Del Deporte*. editorial Paidotribo.
- Wilson, L. J., Cockburn, E., Paice, K., Sinclair, S., Faki, T., Hills, F. A., ... & Dimitriou, L. (2018). Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *European journal of applied physiology*, 118(1), 153-163.
- Wilson, L. J., Dimitriou, L., Hills, F. A., Gondek, M. B., & Cockburn, E. (2019). Whole body cryotherapy, cold water immersion, or a placebo following resistance exercise: a case of mind over matter?. *European journal of applied physiology*, 119(1), 135-147.
- World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki—Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. (2013). <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>
- Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of athletic training*, 40(3), 174.