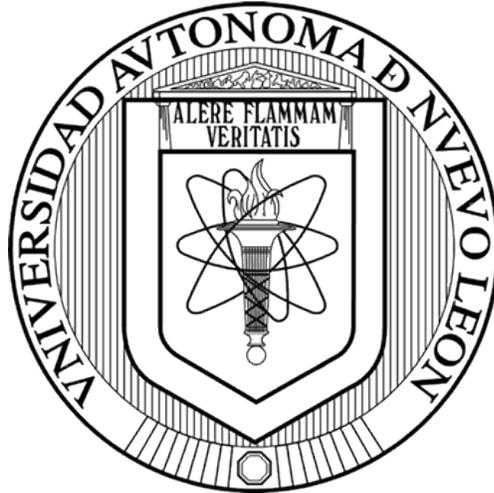


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



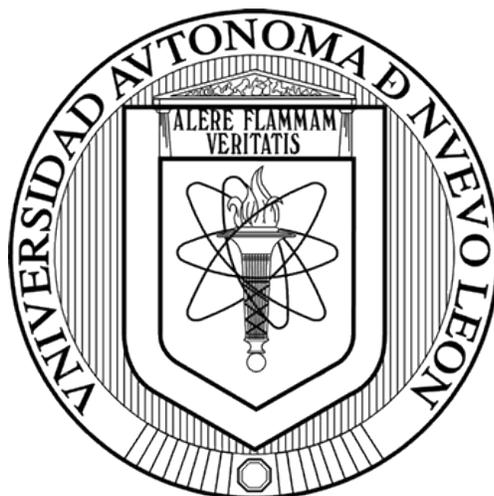
**INFLUENCIA DEL MASAJE “ZNR” SOBRE EL PROCESO INFLAMATORIO Y EL  
DAÑO MUSCULAR EN ATLETAS UNIVERSITARIOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA  
ZELTZIN NEREYDA ALONSO RAMOS**

**NOVIEMBRE 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**INFLUENCIA DEL MASAJE “ZNAR” SOBRE EL PROCESO INFLAMATORIO Y EL  
DAÑO MUSCULAR EN ATLETAS UNIVERSITARIOS**

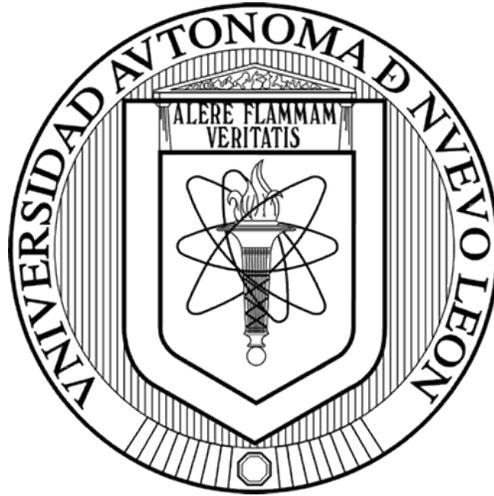
**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA  
ZELTZIN NEREYDA ALONSO RAMOS**

**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. GERMÁN HERNÁNDEZ CRUZ**

**NOVIEMBRE 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**INFLUENCIA DEL MASAJE “ZNAR” SOBRE EL PROCESO INFLAMATORIO Y EL  
DAÑO MUSCULAR EN ATLETAS UNIVERSITARIOS**

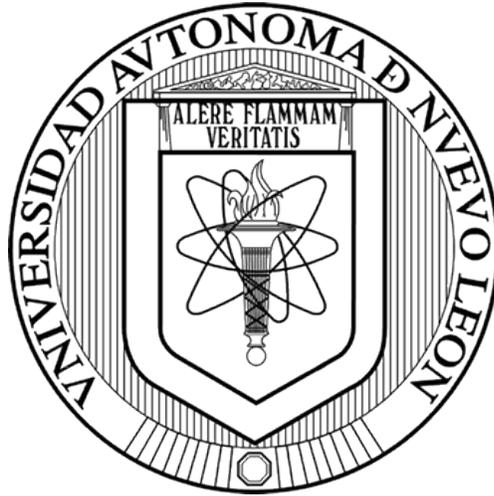
**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA  
ZELTZIN NEREYDA ALONOS RAMOS**

**CO-DIRECTOR:  
DRA. BLANCA ROCÍO RANGEL COLMENERO**

**NOVIEMBRE 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**INFLUENCIA DEL MASAJE “ZJAR” SOBRE EL PROCESO INFLAMATORIO Y EL  
DAÑO MUSCULAR EN ATLETAS UNIVERSITARIOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA**

**ZELTZIN NEREYDA ALONSO RAMOS**

**CO-DIRECTOR:**

**DR. MED. GERARDO ENRIQUE MUÑOZ MALDONADO**

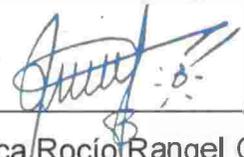
**NOVIEMBRE 2020**

Dr. Germán Hernández Cruz, como director de tesis interna de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **Mtra. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos**, titulado “**Influencia del masaje ZNAR sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios**” se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatus y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física.



---

Dr. Germán Hernández Cruz  
Director de Tesis



---

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirectora del área de posgrado e investigación

**“Influencia del masaje ZNAR sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios“**

Presentado por:

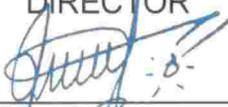
Mtra. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección del Dr. Germán Hernández Cruz, la Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero y el Dr. Gerardo Enrique Muñoz Maldonado, como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



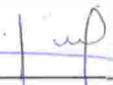
---

Dr. Germán Hernández Cruz  
DIRECTOR



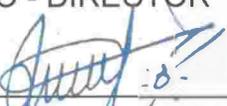
---

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
CO - DIRECTOR



---

Dr. Med. Gerardo Enrique Muñoz Maldonado  
CO - DIRECTOR



---

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirectora del área de Posgrado e Investigación  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León

**“Influencia del masaje ZNAR sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios”**

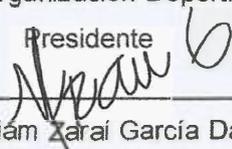
Presentado por:

Mtra. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos

Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:

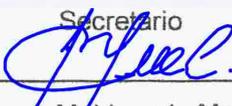
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rosa María Cruz Castruita

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Presidente  


\_\_\_\_\_  
Dra. Myriam Zarai García Dávila

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Secretario  


\_\_\_\_\_  
Dr. Erasmo Maldonado Maldonado

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Vocal 1  


\_\_\_\_\_  
Dr. Arnulfo Villanueva Olivo

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Vocal2  

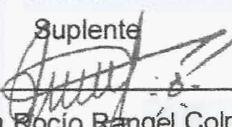

\_\_\_\_\_  
Dra. Laura Mireya Zavala Flores

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Vocales  


\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera

Facultad de Organización Deportiva, UANL

Suplente  


\_\_\_\_\_  
Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero

Subdirectora del área de Pósgrado e Investigación

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

## Dedicatoria

A mis padres, por permitirme recorrer este camino y dejarme siempre tomar mis propias decisiones con su típico... "tú sabes", estando siempre a mi lado cuando las cosas no iban tan bien, aunque siempre obtenía las mismas palabras, de papá un... "¿no puedes o qué?" y de mamá un... "no vienes a ver si puedes, sino porque puedes vienes", cada vez entiendo mejor el porqué de sus palabras y ahora me doy cuenta que si este camino ha sido posible, solo es por lo mucho que tengo de cada uno de ustedes en mí.

A mis ángeles...

Dra. María Isabel Alonso Medina, por enseñarme a poner tu pasión por sobre todo y luchar por ella sin importar lo que digan, que cuando amas lo que haces se disfruta siempre, por más cansado que esto sea, me dejaste ver de cerca esa pasión y dedicación a tu trabajo con esos paseos por el hospital que tanto se disfrutaban, pero lo más importante, fuiste mi mejor ejemplo del como tomar con una actitud positiva cualquier adversidad y ver lo bueno de ellas hasta el final.

LOD. Roberto Muller García, me preparaste para todo, como siempre decías, me moldeaste y compartiste tu pasión hasta hacerla mía, contigo inicié este camino mucho antes, me llevaste de la mano a mi primer día en la facultad y como en todo, siempre me guiaste como si fueras mi conciencia, en las buenas y malas, tus palabras de aliento, regaños, consejos y silencios estaban presentes, al iniciar este proceso final lo último que me dijiste fue... este será como tú 1500 más difícil, ya no me necesitas, pero estaré eternamente a la orilla viéndote, esperando para ajustar tu paso y al final ver tu cierre, puedo decir que tenías razón como siempre, probablemente ya sabías que no estarías al final, hoy se toca la placa con fuerza como me enseñaste y al voltear la mirada a la orilla casi puedo verte como siempre, sonriendo, con el puño al aire y con tu clásico... ¡Buen trabajo, lo hiciste!

Después de tanto tiempo puedo decirles... cumplieron, les he cumplido...

A mi luz, mi fuerza, inspiración y motivación...

A todos ellos, que son mis pilares, ya que con lo mucho de cada uno de ellos en mí esto y todo es posible...

¡Los amo!

## **Agradecimientos**

Agradezco infinitamente al Dr. Germán Hernández Cruz, por retarme y despertar en mí las ganas de seguir en este camino, creer en mí y mis ideas, incluso más que yo misma en incontables ocasiones, ayudarme a plasmarlas y llevarlas a cabo, por los enojos y frustraciones del proceso que me dejaron grandes enseñanzas, por escucharme y guiarme en lo personal y profesional convirtiéndome en una mejor persona, por su extremada paciencia, apoyo y palabras de aliento. Pero principalmente por ser ese ser humano extraordinario, un líder excepcional con una alegría única por su trabajo, que contagia e hizo más ameno este proceso, como maestro y amigo, mi admiración y respeto.

A la Dra. Blanca R. Rangel Colmenero, por su apoyo en la realización de este proyecto, su entusiasmo al compartir sus conocimientos, permitirme experimentar y aprender en el proceso, así como desde el inicio exigirme, hacerme mejor estudiante y persona.

Al Dr. Gerardo E. Muñoz Maldonado, por creer y confiar en mi trabajo, así como permitirme aprender a su lado en lo profesional y personal.

Al Dr. José L. Tristán Rodríguez, por haberme brindado la oportunidad de vivir esta magnífica experiencia de vida y a la Facultad de Organización Deportiva que me ha formado y convertido en un profesional apasionado por su trabajo y una mejor persona.

A la Dra. Dulce Edith Morales Elizondo, al Dr. Pedro Gualberto Morales Corral, al Dr. Hugo Aguirre Zuazua y al Dr. Jesús Herrera Orozco quienes han sido mis maestros no solo en el ámbito laboral y profesional sino también en lo personal y que han sido parte importante de mi desarrollo profesional.

A mis compañeros de aventuras y amigos, Raúl, Myriam, Janeth, Liliana, Ana, Vane, Héctor, Rodo y Dulce, por todo su apoyo, ánimos, desveladas, chistes, comidas y buenos momentos en la realización de este trabajo ¡Son excelentes!

Al equipo varonil de voleibol Tigres de la UANL y el entrenador Jorge Azair por su valiosa participación en este trabajo y permitirnos aprender a través de ellos. A todos mis maestros y maestras, de quienes tuve la oportunidad y fortuna de aprender experiencias valiosas durante mi formación.

A mis excelentes alumnos, que sin ellos este trabajo no sería posible, Jessica, Miguel, Fabian, Karina, Carlos, Rebeca, Abi, Tomas, Daniela, Cecilia, a todos los que me brindaron una frase, una palabra o una palmada para mantenerme motivada.

A todos y cada uno de ellos... ¡MIL GRACIAS!

## Resumen

Los métodos de recuperación toman un papel de suma importancia en el deporte en la actualidad, debido a las altas exigencias tanto en competencia como en entrenamientos, atletas y entrenadores buscan métodos que les ayuden a contrarrestar los síntomas causados por el daño muscular y el proceso inflamatorio generado por el ejercicio como el dolor y la rigidez muscular, con el objetivo de disminuir los tiempos de recuperación para afrontar una nueva carga de entrenamiento u optimizar el rendimiento en una competencia. Los métodos de recuperación más utilizados son los que utilizan la crioterapia y el masaje, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la efectividad del masaje ZNAR posterior al ejercicio de alta intensidad sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en contraste con la inmersión en agua fría.

Metodología: 19 sujetos varones, voleibolistas, asignados de manera aleatoria a dos grupos, un grupo control ( $n=9$ ) el cual no recibió ningún tratamiento y un grupo experimental ( $n=10$ ) que recibió los dos tratamientos de recuperación en diferentes momentos, 15 minutos del masaje ZNAR y 10 minutos de inmersión en agua fría a  $10^{\circ}$ , ambos en miembros inferiores, posterior a un test de inducción a la fatiga (Loughborough Intermittent Shuttle Test), se realizó el análisis del proceso inflamatorio a través de las citocinas IL-6, IL10 y TNF- $\alpha$ , el daño muscular a través de los marcadores de la Creatin Kinasa (CK), la alaninoaminotransferasa (ALT) y la aspartatoaminotransferasa (AST) así como variables de control como la Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), la percepción del dolor muscular a través de la escala visual análoga de dolor (EVA) y la temperatura de la piel a través de la termografía infrarroja. De cada una de las variables se realizaron cuatro tomas, en reposo (pre), posterior al ejercicio (post), y las tomas de recuperación a las 24 (24h) y 48 (48h) horas posteriores a la aplicación del método de recuperación, los sujetos se sometieron a una concentración en la realización de este estudio para controlar su alimentación, descanso y actividad física durante las horas de recuperación.

Resultados: en cuanto al proceso inflamatorio, los dos grupos se comportaron de manera similar, no se presentó alteración de las citocinas del proceso inflamatorio con los métodos de recuperación utilizados, en cuanto al daño muscular, las

aminotransferasas no mostraron cambios en los diferentes grupos, la creatin kinasa en el grupo del masaje ZNAR presentó una media de  $302.038 \pm 34.14$  U/L pre, en la toma post valores de  $1171.44 \pm 429.06$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $1079.77 \pm 301.71$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $597.46 \pm 182.39$ , los que indica una recuperación de los valores a las 24 horas. Para este marcador en el grupo de la inmersión en agua fría presentó una media de  $302.038 \pm 34.14$  U/L en la toma pre, en la toma post, valores de  $802.310 \pm 159.04$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $847.080 \pm 177.67$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $430.310 \pm 88.16$ , lo que indica una recuperación hasta las 48 horas. La variabilidad de la frecuencia cardiaca no presentó cambios en los valores en ambos grupos, los dos se recuperaron de manera similar. En cuanto a la percepción al dolor el grupo del masaje ZNAR presentó una media de  $7 \pm 0.9$  en la toma posterior a la actividad física (post), posterior a la aplicación del método de recuperación (post intervención) presentó valores de  $2.60 \pm 0.47$ , posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $1.20 \pm 0.43$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $0.60 \pm 0.37$ , en cuanto al grupo de la inmersión en agua fría presentó una media de  $5.86 \pm 0.81$  en la toma posterior a la actividad física (post), posterior a la aplicación del método de recuperación (post intervención) presentó valores de  $3.14 \pm 0.76$ , posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $2.86 \pm 0.56$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $1.71 \pm 0.81$ . La temperatura de la piel mostró un comportamiento similar en ambos grupos sin embargo en la toma de las 48 horas el grupo de la inmersión presentó una temperatura menor a la basal.

Conclusión: De acuerdo con nuestros resultados el masaje ZNAR y la inmersión en agua fría no alteraron el proceso inflamatorio, el masaje ZNAR atenúa y favorece la recuperación de la Creatin Kinasa posterior al ejercicio intermitente de alta intensidad, sin embargo, no presenta un efecto sobre las aminotransferasas, el masaje ZNAR es un método de recuperación más efectivo que la inmersión en agua fría para disminuir la percepción al dolor muscular, por lo que de manera general el masaje ZNAR es un método efectivo de recuperación post ejercicio.

## Abstract

Recovery methods play an extremely important role in sport today, due to the high demands both in competition and in training, athletes and coaches are looking for methods that help them counteract the symptoms caused by muscle damage and the inflammatory process generated by exercise such as pain and muscle stiffness, with the aim of reducing recovery times to face a new training load or optimize performance in a competition. The most used recovery methods are those that use cryotherapy and massage, so the objective of this study was to determine the effectiveness of the ZNAR massage after high intensity exercise on the inflammatory process and muscle damage in contrast to immersion in cold water.

Methods: 19 male subjects, volleyball players, randomly assigned to two groups, a control group (n = 9) which did not receive any treatment and an experimental group (n = 10) that received the two recovery treatments at different times, 15 minutes of the ZNAR massage and 10 minutes of immersion in cold water at 10 °, both in the lower limbs, after a fatigue induction test (Loughborough Intermittent Shuttle Test), the analysis of the inflammatory process was carried out through cytokines IL-6, IL10 and TNF- $\alpha$ , muscle damage through creatine kinase (CK), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) markers as well as control variables such as heart rate variability (HRV), the perception of muscle pain through the visual analog pain scale (VAS) and the temperature of the skin through infrared thermography. Four shots were taken of each of the variables, at rest (pre), after exercise (post), and recovery shots at 24 (24h) and 48 (48h) hours after the application of the recovery method. The subjects were subjected to a concentration in the conduct of this study to control their diet, rest and physical activity during the recovery hours.

Results: regarding the inflammatory process, the two groups behaved in a similar way, there was no alteration of the cytokines of the inflammatory process with the recovery methods used, regarding muscle damage, the aminotransferases did not show changes in the different groups, creatine kinase in the ZNAR massage group presented a mean of  $302.038 \pm 34.14$  U / L pre, in the post intake values of  $1171.44 \pm$

429.06 U / L, later in the recovery intakes at 24 hours (24h) values of  $1079.77 \pm 301.71$  and values of  $597.46 \pm 182.39$  in 48 hours (48h), which indicates a recovery of the values at 24 hours. For this marker, in the cold water immersion group, it presented an average of  $302.038 \pm 34.14$  U / L in the pre intake, in the post intake, values of  $802.310 \pm 159.04$  U / L, later in the recovery intakes at 24 hours (24h) values of  $847.080 \pm 177.67$  and in taking the 48 hours (48h) values of  $430.310 \pm 88.16$ , which indicates a recovery up to 48 hours. The variability of the heart rate did not show changes in the values in both groups, the two recovered in a similar way. Regarding the perception of pain, the ZNAR massage group presented a mean of  $7 \pm 0.9$  in taking after physical activity (Post), after applying the recovery method (Post intervention) it presented values of  $2.60 \pm 0.47$ , later in the recovery shots at 24 hours (24h) values of  $1.20 \pm 0.43$  and in the 48 hours (48h) values of  $0.60 \pm 0.37$ , as for the group of immersion in cold water presented a mean of  $5.86 \pm 0.81$  in the taking after physical activity (Post), after the application of the recovery method (Post intervention) presented values of  $3.14 \pm 0.76$ , later in the recovery shots at 24 hours (24h) values of  $2.86 \pm 0.56$  and in taking the 48 hours (48h) values of  $1.71 \pm 0.81$ . The temperature of the skin showed a similar behavior in both groups, however, in the 48-hour period, the immersion group presented a temperature lower than the baseline. Conclusion: According to our results, the ZNAR massage and immersion in cold water did not alter the inflammatory process, the ZNAR massage attenuates the increase and favors the recovery of Creatine Kinase after intermittent high-intensity exercise, however, it does not present an effect on aminotransferases, ZNAR massage is a more effective recovery method than immersion in cold water to reduce the perception of muscle pain, so in general, ZNAR massage is an effective post-exercise recovery method.

## Tabla de Contenido

Contenido	Páginas
Introducción.....	3
Fundamentos teóricos .....	8
Entrenamiento .....	8
Rendimiento deportivo .....	8
Carga de entrenamiento .....	9
Carga externa. ....	9
Carga interna. ....	10
Control de la carga externa .....	10
Potencia de salida, velocidad y aceleración. ....	10
Análisis de tiempo y movimiento. ....	10
Función neuromuscular. ....	11
Control de la carga interna .....	11
Índice de esfuerzo percibido. ....	11
Frecuencia cardíaca. ....	11
Relación frecuencia cardíaca – escala de percepción al esfuerzo. ....	11
Impulso de entrenamiento (TRIMP). ....	12
Lactato en sangre. ....	12
Recuperación de la frecuencia cardíaca. ....	13
Variabilidad de la frecuencia cardíaca. ....	13
Escala visual análoga de dolor. ....	14
Termografía infrarroja. ....	14
Fatiga .....	16
Daño Muscular .....	17
Proceso inflamatorio .....	18
Inflamación aguda. ....	19
Citocinas .....	21
Proinflamatorias. ....	22
Antinflamatorias. ....	23

Marcadores biológicos .....	23
Creatin Kinasa .....	23
Alanino aminotransferasa y aspartato aminotransferasa. ....	25
Métodos de recuperación post ejercicio .....	25
Crioterapia. ....	25
Inmersión en hielo. ....	26
Crioterapia de cuerpo completo o criosauna. ....	28
Masaje. ....	29
Masaje ZNAR. ....	33
Antecedentes .....	38
Fundamentos metodológicos .....	42
Tipo de estudio.....	42
Población.....	42
Variables.....	42
Independientes. ....	42
Dependientes. ....	42
Control. ....	42
Muestra .....	43
Criterios de inclusión, exclusión y eliminación .....	44
Inclusión.....	44
Exclusión.....	44
Eliminación. ....	44
Protocolo general.....	44
Prueba de DXA.....	45
Antropometría. ....	45
Prueba de esfuerzo .....	46
Procedimiento experimental .....	46
Test de inducción a la fatiga. ....	47
Aplicación del Masaje ZNAR. ....	48
Inmersión parcial en agua fría (CWI). ....	49
Determinación de los marcadores biológicos. ....	50

Procesamiento de los datos .....	59
Resultados .....	60
a) Características descriptivas de la muestra .....	60
b) Citocinas del proceso inflamatorio .....	61
Comportamiento de la interleucina 6 (IL-6). .....	61
Comportamiento de la interleucina 10 (IL-10). .....	64
Comportamiento del factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- $\alpha$ ).....	67
c) Marcadores de daño muscular.....	70
Comportamiento de la Creatin Kinasa (CK). .....	70
Comportamiento de la alanino aminotransferasa (ALT). .....	73
Comportamiento del aspartato aminotransferasa (AST). .....	76
d) Variables de control .....	79
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). .....	79
Comportamiento de la escala visual análoga de dolor. ....	81
Comportamiento de la termografía infrarroja.....	84
Discusión.....	94
a) Citocinas del proceso inflamatorio.....	94
IL -6. ....	94
IL-10. ....	95
TNF- $\alpha$ .....	96
c) Marcadores biológicos de daño muscular .....	98
Creatin kinasa.....	98
Aminotransferasas. ....	100
d) Variables de control .....	102
Variabilidad de la frecuencia cardiaca. ....	102
Escala visual análoga de dolor.....	103
Termografía infrarroja. ....	104
Conclusiones .....	106
Referencias bibliograficas .....	108
Anexos.....	118

## Índice de figuras

Figura 1. Descripción del protocolo general.....	45
Figura 2. Representación gráfica.....	47
Figura 3. Comportamiento de la IL-6 por grupos.....	61
Figura 4. Porcentaje de cambio de la IL-6 por grupos .....	63
Figura 5. Comportamiento de la IL-10 por grupos.....	64
Figura 6. Porcentaje de cambio de la IL-10 por grupos .....	66
Figura 7. Comportamiento de la TNF-a por grupo.....	67
Figura 8. Porcentaje de cambio de la TNF-a por grupos .....	69
Figura 9. Comportamiento de la CK por grupos .....	70
Figura 10. porcentaje de cambio de la CK por grupos .....	72
Figura 11. Comportamiento de la ALT por grupos .....	73
Figura 12. Porcentaje de cambio de la ALT por grupos.....	75
Figura 13. Comportamiento de la AST por grupos .....	76
Figura 14. Porcentaje de cambio de la AST por grupos .....	78
Figura 15. Comportamiento de la rMSSD por grupos .....	79
Figura 16. Comportamiento de la EVA por grupos.....	81
Figura 17. Porcentaje de cambio de la EVA por grupos .....	83
Figura 18. Comportamiento de la temperatura del MCDA por grupos.....	84
Figura 19. Comportamiento de la temperatura del MCIA por grupos.....	86
Figura 20. Comportamiento de la temperatura del MCDP por grupos.....	87
Figura 21. Comportamiento de la temperatura del MCIP por grupos.....	89
Figura 22. Comportamiento de la temperatura del PD por grupos.....	90
Figura 23. Comportamiento de la temperatura del PI por grupos .....	92

## Índice de tablas

Tabla 1.....	34
Tabla 2.....	60

## Introducción

En la actualidad, las exigencias del deporte de alto rendimiento son muy elevadas. Los atletas se esfuerzan por dar su máximo rendimiento en cada entrenamiento y competencia para cumplir los objetivos de trabajo planteados y alcanzar un óptimo rendimiento deportivo, debido a esto los atletas se someten a altas cargas de entrenamiento; la adecuada recuperación de estas cargas juega un papel muy importante, con la finalidad de no afectar los entrenamientos o competencias posteriores (Dawson, Gow, Modra, Bishop y Stewart, 2005).

Por esta razón, entrenadores y atletas utilizan métodos que ayuden a los deportistas a tener una recuperación post ejercicio más rápida, buscando aminorar los síntomas del daño muscular inducido por la actividad física como la inflamación, dolor y rigidez muscular (Poppendieck et al., 2016), existen diversos métodos que los atletas utilizan combinados o por separado, como lo son: estiramientos, masaje, compresión, medicamentos, ejercicio y frío (crioterapia) en sus diversas formas de aplicación (Barnett, 2006; Cheung, Hume y Maxwell, 2003).

Dentro de los métodos de recuperación post ejercicio más utilizados por los atletas destacan la inmersión en agua fría, crioterapia parcial o cold water immersion (CWI) por sus siglas en inglés (Ihsan, Watson y Abbiss, 2016; Leeder et al., 2012) y el masaje (Ernst, 1998; Nunes., 2016). Sin embargo, a pesar de la importancia de la recuperación post ejercicio para el rendimiento de los atletas y el aumento en el uso de estos métodos, la evidencia que soporta su efectividad en relación con la recuperación fisiológica y su impacto en el rendimiento es escasa hasta el momento (Poppendieck et al., 2016).

Actualmente, el uso de los medios de recuperación como el masaje, la crioterapia y la inmersión en agua fría va en aumento, debido a que son utilizados por atletas de elite dentro del deporte amateur y el deporte profesional. Es común ver la utilización de estos métodos en competencias locales y hasta en campeonatos mundiales o juegos olímpicos, aun así, no se ha evaluado completamente la efectividad de estos métodos de recuperación (Cafarelli y Flint, 1992; Dawson, Gow, Modra, Bishop y Stewart, 2005; Poppendieck et al., 2016).

En un meta-análisis sobre la utilización del masaje como método de recuperación, donde el objetivo fue analizar los diferentes protocolos de masaje manejados, técnicas empleadas, tiempo de tratamiento y marcadores biológicos utilizados en 22 artículos, encontraron que la tendencia de aplicación eran masajes cortos de cinco a diez minutos, aplicando las técnicas de frotación y amasamiento, así como la utilización de la Creatin Kinasa (CK) como marcador biológico para analizar el impacto en la recuperación del daño muscular, en este estudio los autores concluyeron que el masaje tiene efectos muy pequeños sobre el rendimiento y los marcadores biológicos, pero podría tener mayor efecto en condiciones específicas por ejemplo en personas sedentarias que no están acostumbradas a realizar actividad física regular (Poppendieck et al., 2016), es por esto que, parece cuestionable la aplicación del masaje y otros métodos como medio de recuperación en deportistas de competición.

Conforme la exigencia del deporte de élite aumenta, la cantidad de atletas que buscan una recuperación más efectiva es elevada por lo que buscan la combinación de los diferentes métodos para obtener mejores resultados. Así mismo se utilizan nuevas técnicas para conocer los efectos fisiológicos de estos métodos de recuperación, como es el caso del uso de la termografía infrarroja para conocer el impacto de la utilización de métodos de recuperación con crioterapia en los cambios de temperatura de la piel. Arnais – Lastras en 2017 utilizó la termografía infrarroja para analizar los cambios de temperatura de la piel tras aplicarles el método de inmersión en agua fría a jugadores de fútbol soccer y así conocer cómo afecta este método a el descenso de la temperatura en el deportista su tiempo de recuperación posterior.

Como parte de nuestra *justificación* consideramos *conveniente* la realización de un estudio con un nuevo método de recuperación post ejercicio que combina dos de los métodos más utilizados por los atletas como lo son la crioterapia y el masaje, el cual busca una recuperación más efectiva a través de la combinación de sus efectos fisiológicos favoreciendo a la reducción de los efectos del daño muscular, así como el proceso inflamatorio inducido por el ejercicio, denominado masaje ZNAR (por las iniciales del nombre de la investigadora). La *relevancia social* radica en la

obtención de resultados que puedan beneficiar a los atletas universitarios de todas las categorías dándoles una alternativa de recuperación post ejercicio. Las *implicaciones prácticas* del masaje ZNAR serán dar accesibilidad a todos los atletas a un método de recuperación efectivo que los ayude a optimizar su rendimiento deportivo al ser un método de bajo costo, fácil aplicación y pocos problemas de traslado a las diferentes sedes de competencia.

Es por esto por lo que resulta de interés aumentar el *valor teórico* en el conocimiento sobre los efectos del masaje ZNAR en los procesos fisiológicos de recuperación del deportista en diversas disciplinas deportivas y cubrir los vacíos del conocimiento científico sobre su influencia en los valores fisiológicos posteriores al ejercicio y la recuperación de los atletas.

Consideramos que el presente estudio es *viable*, ya que desde una perspectiva metodológica se propone la aplicación de un nuevo método de recuperación post ejercicio a través de una adecuada fundamentación teórica. Al ser un método accesible y de fácil aplicación permite estar al alcance de todos los atletas de distintos niveles de rendimiento deportivo, en el laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León se cuenta con el recurso material y humano para implementar los diversos protocolos que nos permitirán conocer los efectos de los métodos de recuperación, así como con la población adecuada para la muestra del estudio.

En la actualidad el aumento en la utilización de métodos de recuperación, como el masaje y la inmersión en hielo en competencias de todos los niveles es demandante por atletas y entrenadores, sin embargo, los estudios existentes nos muestran que el masaje no es un método de recuperación post ejercicio efectivo a nivel fisiológico, como planteamiento del problema nos planteamos que existen discrepancias sobre la efectividad de estos métodos de recuperación, sin embargo el aumento es cada vez mayor en cuanto a su aplicación en eventos deportivos o competencias aun teniendo poca evidencia científica (Cafarelli y Flint, 1992; Dawson et al., 2005; Poppendieck et al., 2016).

Debido a lo anterior en esta investigación se busca determinar la efectividad del masaje ZNAR sobre la recuperación del proceso inflamatorio y el daño muscular

provocado por un ejercicio intermitente de alta intensidad en atletas de deportes intermitentes, así como contrastar su efectividad con la de la inmersión parcial en agua fría.

Debido a lo anterior, surgen las siguientes preguntas:

¿Cómo influye el masaje ZNAR en el proceso inflamatorio y el daño muscular posterior a la actividad física de alta intensidad en deportes intermitentes?

¿El masaje ZNAR es un método de recuperación post ejercicio más efectivo que la inmersión parcial en agua fría?

Este estudio se sustenta en el enfoque cuantitativo a través de un diseño de tipo cuasi experimental con alcance explicativo.

Esta investigación se encuentra compuesta de una introducción, en la cual se justifica la importancia de la realización de este estudio, resalta el planteamiento del problema, el enfoque bajo el que se va a trabajar la investigación, los objetivos y las preguntas de investigación, un marco teórico que fundamenta sus variables y la conceptualización necesaria para la asimilación del tema de estudio, la propuesta metodológica donde describe el proceso que se siguió para la realización del estudio y un apartado que muestra los resultados del estudio así como la discusión de estos resultados, sus conclusiones y limitaciones .

Como *objetivo general* de esta investigación fue: Determinar la efectividad del masaje ZNAR posterior al ejercicio de alta intensidad sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios en deportes de tipo intermitente. Para resolver el objetivo anterior nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

1. Cuantificar el efecto del masaje ZNAR sobre la recuperación de los atletas posterior al ejercicio de alta intensidad mediante su respuesta en el proceso inflamatorio, daño muscular y variables de control.
2. Cuantificar el efecto de la inmersión parcial en agua fría sobre la recuperación de los atletas posterior al ejercicio de alta intensidad mediante su respuesta en el proceso inflamatorio, daño muscular y variables de control.
3. Comparar la efectividad de los métodos utilizados en la recuperación posterior al ejercicio de alta intensidad.

Para esto se requirieron los siguientes objetivos metodológicos:

1. Determinar mediante una prueba de esfuerzo en banda la capacidad del atleta, así como controlar la intensidad del entrenamiento individualmente.
2. Aplicar el masaje ZNAR y la inmersión parcial en agua fría en los atletas universitarios posterior al entrenamiento de alta intensidad.
3. Evaluar el proceso inflamatorio a través de la cuantificación de las interleucinas IL-6, IL-10 y TNF- $\alpha$ , así como el nivel de daño muscular mediante la cuantificación de la Creatin Kinasa (CK) y las aminotransferasas (ALT) y AST entre las tomas previo y posterior al ejercicio de alta intensidad y durante la recuperación a las 24 y 48 horas posteriores.
4. Analizar la temperatura corporal a través de la termografía infrarroja durante las diferentes tomas.
5. Analizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca en las diferentes tomas.
6. Realizar las pruebas pertinentes de estadística para comparar la efectividad de los métodos de recuperación.

El planteamiento de nuestra hipótesis fue “El masaje ZNAR beneficia el proceso de recuperación en menor tiempo que la inmersión parcial en agua fría, favoreciendo la recuperación de los valores fisiológicos alterados por el entrenamiento de alta intensidad en los atletas”

## **Fundamentos teóricos**

### **Entrenamiento**

El concepto de entrenamiento se ha utilizado en diferentes áreas de conocimiento y se le han dado diversos significados, en el ámbito del deporte podemos encontrar definiciones variadas como la de Issurin (2012) el cual nos dice que el entrenamiento es la aplicación de cargas físicas a través de ejercicios físicos, con la intención de asegurar una participación satisfactoria en la competencia. El entrenamiento es un proceso complejo de actividades, dirigido al desarrollo planificado de ciertos estados de rendimiento deportivo y a su exhibición en situaciones de verificación deportiva, especialmente en la actividad competitiva, se establece como un conjunto complejo de actividades que repercuten en un rendimiento deportivo.

Se entiende también como un proceso de adaptación progresivo, más no lineal, que pretende maximizar la probabilidad de mejorar el rendimiento deportivo, mediante la administración secuenciada de cargas de trabajo y periodos de recuperación (Poppendieck et al., 2016; Suay, 2003).

### **Rendimiento deportivo**

El rendimiento deportivo es el resultado de una actividad deportiva, especialmente de competición, con reglas establecidas. La palabra rendimiento presenta dos aspectos interesantes, la primera es producto o utilidad que rinde o da a alguien o algo y la segunda proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados, ambas muy relacionadas con el concepto deportivo de alto rendimiento deportivo, el cual consiste en la selección de los mejores deportistas de una determinada región o país, con el objetivo de poner a su disposición los mejores medios disponibles, para que pueda desarrollarse y otorgar a esta región resultados y méritos en el deporte (Suay, 2003).

El entrenamiento que se realiza y el potencial genético individual de la persona determinarán la evolución del rendimiento deportivo y con ello el nivel de rendimiento al que se puede llegar o el éxito deportivo que se pueda alcanzar en esa actividad deportiva. Visto desde un punto general el entrenamiento deportivo tiene el propósito

de influir sobre el estado de rendimiento deportivo y dirigirlo a un objetivo. Esta influencia se ejerce a través de las diferentes cargas de entrenamiento administradas al atleta durante el entrenamiento, las cuales serán las encargadas de provocar diferentes reacciones y adaptaciones en el (Martin, Carl y Lehnertz, 2001).

### **Carga de entrenamiento**

Podemos definir a la carga de entrenamiento como un estímulo o conjunto de estímulos de diversa naturaleza administrados en el proceso del entrenamiento, que sobre solicitan a uno o varios sistemas orgánicos, rompiendo su equilibrio interno (Halsón, 2014).

Los componentes de la carga y como puede clasificarse es según su carácter, tendencia y magnitud. El carácter depende del papel que esta desempeña en un microciclo, mesociclo y macrociclo, se distingue entre cargas de entrenamiento y cargas de competencia. La tendencia hace referencia a las capacidades físicas, sistemas y órganos a los que afecta una carga y la magnitud es determinada por el volumen, la intensidad y densidad de la carga, de acuerdo con las posibles combinaciones de estos elementos, una carga puede considerarse submaxima o máxima (Suay, 2003).

El entrenamiento manipula estos elementos de la carga con el fin de estimular los sistemas deseados, sin embargo, resulta difícil determinar el impacto en el organismo de una carga de trabajo, para tener una aproximación a la complejidad del proceso de adaptación de las cargas las diferenciamos en carga externa y carga interna (Halsón, 2014; Suay, 2003).

#### **Carga externa.**

Se le denomina carga externa al estímulo administrado (entrenamiento) con el fin de inducir la adaptación de uno o varios sistemas orgánicos, esta adaptación se dará en función de cómo se regulen las dimensiones de la magnitud de la carga (volumen, intensidad y densidad) en relación con el nivel previo del deportista. El volumen representa la parte cuantitativa de la carga administrada y refleja el esfuerzo total que soporta el atleta en un determinado tiempo, normalmente se cuantifica

como el total de kilómetros, kilos, sesiones o repeticiones realizadas por el deportista. La intensidad es el aspecto cualitativo de la carga, refleja la relación entre el volumen de trabajo y el tiempo que se tarda en completarlo. La densidad es la relación entre el esfuerzo y el descanso (Halsón, 2014; Suay, 2003).

### **Carga interna.**

La carga interna es el impacto que soporta un organismo tras su administración, este impacto no depende exclusivamente de las cargas administradas en el entrenamiento, existen simultáneamente una gran cantidad de factores estresantes que también deben ser considerados, es por esto que se considera como carga interna al resultado de un proceso en el que se combina la capacidad física del deportista, la regulación de las cargas de entrenamiento y la influencia de otros estresores provenientes de distintas fuentes (Halsón, 2014; Suay, 2003).

### **Control de la carga externa**

#### **Potencia de salida, velocidad y aceleración.**

Para entender la carga externa de entrenamiento existen diversas tecnologías disponibles tanto para atletas como para entrenadores, como el SRM™ y el Powertap™ que permiten la medida continua de la potencia de salida, que registra los datos y pueden ser analizados para dar información sobre potencia promedio, potencia normalizada, velocidad y aceleraciones, esto lo podemos convertir a stress Score a través de softwares comerciales y nos permite cuantificar la capacidad basada en la intensidad relativa, la duración y la frecuencia (Halsón, 2014; Suay, 2003).

#### **Análisis de tiempo y movimiento.**

En deportes de conjunto se puede utilizar el análisis de tiempo y movimiento, que incluye un sistema de posicionamiento global como lo es el GPS, el seguimiento y movimiento analizando patrones a través de un video digital con el ProZone™, en la actualidad su utilización va en aumento para controlar a los atletas (Halsón, 2014; Suay, 2003).

### **Función neuromuscular.**

Para la función neuromuscular se utilizan pruebas de salto, test de velocidad, isocinesia y dinamometría, estas mediciones se han hecho populares por su fácil aplicación y poca generación de fatiga. Las pruebas de salto se pueden realizar con tapetes o plataformas de contacto y pueden dar datos de potencia media, velocidad máxima, fuerza máxima, altura del salto, tiempo de vuelo y tiempo de contacto (Halsón, 2014; Suay, 2003).

### **Control de la carga interna**

#### **Índice de esfuerzo percibido.**

La escala de percepción al esfuerzo (RPE) es una de las más utilizadas para evaluar la carga interna, el uso de esta escala se basa en la idea de que el atleta puede controlar su estrés fisiológico durante el ejercicio y haciendo una retrospectiva proporcionar información sobre su esfuerzo percibido post entrenamiento o competencia, la evidencia sugiere que la RPE correlaciona bien con la frecuencia cardiaca en ejercicio estacionario, pero no tan bien en durante simulacros cortos de fútbol. Es un método de control de la carga muy fácil de aplicar ya que no es indispensable usar un pulsómetro o una prueba de resistencia, solo se requiere la familiaridad del atleta con la escala y esta validada para ser utilizada en esfuerzos máximos de velocidad y fuerza (Cejuela y Esteve, 2011; Halsón, 2014; Suay, 2003).

#### **Frecuencia cardiaca.**

La monitorización de la frecuencia cardiaca es uno de los medios más comunes para evaluar la carga interna en atletas. El uso de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio se basa en la relación lineal de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca suele ser utilizada tanto para prescribir como para controlar la intensidad (Halsón, 2014).

#### **Relación frecuencia cardiaca – escala de percepción al esfuerzo.**

Los indicadores fisiológicos de la frecuencia cardiaca y la percepción de la carga pueden proporcionar información sobre el estado de fatiga del atleta, la

combinación de estos dos parámetros puede ayudar a dilucidar las situaciones de fatiga (Halsón, 2014).

### **Impulso de entrenamiento (TRIMP).**

El impulso de entrenamiento (TRIMP) es considerado un medio útil para evaluar la carga de entrenamiento, un TRIMP es una unidad de esfuerzo físico que se calcula utilizando la duración del entrenamiento, la FC máxima, en reposo y promedio durante el ejercicio, existen diversas variaciones del TRIMP de Banister, como lo son el TRIMP de Edwards que divide el tiempo acumulado en 5 zonas de frecuencia cardiaca multiplicadas por un factor de ponderación o el TRIMP de Lucia que es similar al de Edwards solo que se basa en 3 zonas frecuencia cardiaca, que relacionan individualmente con umbrales de lactato y aparición de lactato en sangre (Cejuela y Esteve, 2011; Halsón, 2014; Suay, 2003).

### **Lactato en sangre.**

La concentración de lactato en sangre también puede ser utilizada para medir la carga interna, ya que los valores de lactato en sangre son sensibles a los cambios en la intensidad y duración del ejercicio, sin embargo, en la acumulación de lactato también influyen otros factores como el ambiente, la temperatura, hidratación, dieta, contenido de glucógeno, el ejercicio previo, y la cantidad de masa muscular que se utilice, así como el procedimiento para su detección (Halsón, 2014).

El lactato en sangre suele ser utilizado para determinar la contribución de la glucogenólisis anaeróbica en la producción de energía durante el ejercicio, es el producto final de la degradación anaeróbica del glucógeno o glucosa, se forma del piruvato producido en la degradación de la glucosa, cuando la intensidad del ejercicio es moderada la tasa de formación de piruvato esta equilibrada, por el contrario cuando el ejercicio es de alta intensidad por encima del umbral anaeróbico, la tasa de producción de piruvato sobrepasa su tasa de oxidación (Virus y Virus, 2003).

### **Recuperación de la frecuencia cardiaca.**

La recuperación de la frecuencia cardiaca es la velocidad a la que la frecuencia cardiaca disminuye tras finalizar el ejercicio, se ha sugerido que esta sea un marcador de función autónoma y estado de entrenamiento del atleta, el aumento de la FC durante el ejercicio presenta un aumento de la actividad simpática en combinación con una reducción en la actividad parasimpática, la recuperación de la frecuencia cardiaca es caracterizada por oponerse a la actividad del sistema nervioso autónomo con un aumento en la actividad parasimpática y el retiro de la actividad nerviosa simpática. La recuperación de la frecuencia cardiaca es calculada generalmente de los 30 segundos a los dos minutos, la diferencia entre la frecuencia cardiaca al final del ejercicio y a los 60 segundos es la más utilizada. La recuperación de la frecuencia cardiaca mejora con el aumento del nivel de entrenamiento y disminuye cuando el nivel de entrenamiento disminuye (Buchheit, 2014; Halson, 2014).

### **Variabilidad de la frecuencia cardiaca.**

La variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo o post ejercicio se sugiere como medio para indicar cambios negativos o positivos en la adaptación al entrenamiento (Halson, 2014).

La variabilidad de la frecuencia cardiaca representa la variación del tiempo en milisegundos que se da entre dos latidos, esto es la variación de la frecuencia del latido cardiaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad en un análisis de periodos cardiacos consecutivos, un medio común de medir esta variabilidad es a través de un electrocardiograma, en el cual se detectan las ondas R y se mide el tiempo entre cada una de las ondas R consecutivas o intervalo RR.

El intervalo RR mide el periodo cardiaco y la función inversa mide la FC. A la serie de intervalos RR es a lo que llamamos variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), la variabilidad de la frecuencia cardiaca es el resultado de las interacciones entre el sistema nervioso autónomo y el sistema cardiovascular, analizado de manera adecuada este parámetro permite el estudio de la actividad del sistema nervioso autónomo de manera no invasiva, la relación entre la frecuencia cardiaca y la

variabilidad de la frecuencia cardiaca respecto a la carga de trabajo es inversamente proporcional, cuanto más aumenta la frecuencia cardiaca y la carga de trabajo, más disminuye la variabilidad de la frecuencia cardiaca. La medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante la actividad física se puede medir a través de un dispositivo POLAR mediante el registro de los intervalos RR (Buchheit, 2014; Halson, 2014; Rodas et al., 2008).

### **Escala visual análoga de dolor.**

La escala visual análoga, EVA por sus siglas en español o VAS (Visual analogue scale) por sus siglas en inglés, es la escala utilizada con mayor frecuencia para la medición de la percepción del dolor y fatiga muscular, ya que ha mostrado dar una medición válida y fiable de estos parámetros, esta escala consiste en una métrica visual de 10 centímetros que marca por cada centímetro un número en escala lineal de 0 al 10, en el extremo del 0 se coloca la frase “sin dolor” y en el extremo del 10 se coloca la frase “máximo dolor”, para que la persona comprenda de mejor manera la escala se le dice la siguiente frase: “del 0 al 10 que tanto dolor siente, siendo 0 nada de dolor y 10 un dolor máximo”, cuando se trabaja con niños incluso se puede utilizar caritas que representen el dolor para que le sea más fácil identificar su dolor en la escala métrica, su aplicación de preferencia deberá ser en reposo y de manera individual para evitar (Frey et al., 2008; Lee, Hicks y Nino-Murcia, 1991; Nunes et al., 2016).

### **Termografía infrarroja.**

La termografía infrarroja es una técnica rápida, objetiva y no invasiva, tan fácil como la toma de una fotografía, la cual se aplica a través de la utilización de una cámara infrarroja que mide la energía irradiada por el cuerpo humano, la imagen o fotografía que se genera denominada termograma corresponde a los datos de temperatura de la piel y tendremos tantos datos de temperatura de la piel como píxeles tenga la cámara utilizada (Arnaiz – Lastras, 2017).

La utilización de esta técnica en el campo de la industria es muy antigua, en el campo de la medicina se inició en los años 60 y en los últimos 15 años su utilización en el campo de las ciencias del deporte ha tomado mayor relevancia

(Hildrebrandt et al., 2012), principalmente como un método efectivo de prevención, detección y seguimiento de lesiones, esto debido a que al usar la termografía se pueden identificar zonas con una temperatura elevada que correspondan a inicios de procesos inflamatorios así como cargas musculares o puntos dolorosos (Gomez – Carmona et al., 2008), algunos otros usos que se le han dado a esta tecnología es la detección de desequilibrios musculares, la cuantificación de las respuestas térmicas al entrenamiento en diferentes condiciones climáticas, así como las respuestas térmicas a diferentes métodos de recuperación, principalmente a los métodos que conllevan la aplicación de la crioterapia, en la actualidad es una técnica común que ayuda al diagnóstico, sin embargo se considera que el uso de la técnica en si no es lo que ayuda a la detección y prevención de las lesiones, sino la interpretación correcta de esta por el aplicador (Akimov et al.,2009).

Para la aplicación de esta tecnología se deben considerar algunos pasos para la estandarización de la captura de los termogramas, ya que existen factores intrínsecos, como los procesos metabólicos de la persona o procesos patológicos, factores extrínsecos, como las condiciones ambientales y la actividad física realizada por la persona, así como factores técnicos, como el ángulo de la cámara, su calibración e incluso la sala para la realización de la toma, que podrían influir en los resultados de la temperatura. Algunos otros factores que podrían influir en los cambios de temperatura serán, la edad, genero, raza y masa muscular de la persona (Fernández- Cuevas et al., 2015).

Debido a todos estos factores que se pueden presentar como un problema para la estandarización de la captura de las termogramas en los diferentes estudios hasta el momento Moreira y colaboradores (2017) proponen un check list para la toma de la temperatura de la piel utilizando la termografía infrarroja en el área de ciencias del deporte, el cual consiste en 16 puntos que abarcan la información demográfica del paciente, la configuración de la cámara, la adecuación de la sala, el entorno, la grabación y el análisis de la temperatura de la piel, una vez realizado esto se deberá seleccionar la región de interés o ROI para su posterior análisis en los diferentes softwares.

## **Fatiga**

El término fatiga hace referencia a la reducción en el rendimiento muscular durante un esfuerzo continuo acompañado de cansancio generalizado, se puede definir también como la incapacidad para mantener la potencia necesaria para continuar el trabajo muscular a una cierta intensidad (Wilmore y Costill, 2010).

Es un estado fisiológico que se desarrolla como consecuencia de una actividad intensa o prolongada y un fenómeno complejo y multifacético, que tiene una variedad de factores posibles como lo es el estado nutricional de la persona, el estado de forma, el tipo de fibras musculares, la intensidad, duración y tipo del ejercicio realizado, esta puede tener su origen en una o varias de las estructuras que intervienen en la contracción muscular y presentarse en diferentes periodos de tiempo, es decir la fatiga después de un ejercicio de alta intensidad de 60 segundos se puede presentar por factores como la acumulación de lactato, iones de hidrogeno ADP, Fosfato inorgánico y radicales libres en las fibras musculares, esta acumulación de metabolitos altera la homeostasis muscular reduciendo el número de puentes cruzados de actina, por otro lado después de realizar un ejercicio de resistencia de 2 a 4 horas además de los factores ya mencionados contribuyen también la alteración de la homeostasis electrolítica y el agotamiento del glucógeno muscular para generar la fatiga, de acuerdo a la estructura que se vea afectada podemos hablar de la fatiga central o periférica y en función de su duración de fatiga aguda, subaguda o crónica (Halson, 2014; Suay, 2003).

La fatiga central se presenta por encima de la placa motora y afecta a estructuras encargadas de la producción y el control de la contracción muscular, la fatiga periférica se localiza en estructuras situadas a un nivel inferior al de la placa motora, como el sarcolema de la célula muscular y los túbulos T, el retículo sarcoplasmático, la mitocondria. Ocasiona dificultades en la transmisión del potencial de acción, modificaciones en la transmisión de la señal desde los túbulos T al retículo sarcoplasmático y en la liberación de iones calcio, déficits de los puentes y asincrónica entre los filamentos de actina y miosina.

La fatiga según su duración puede clasificarse en aguda, subaguda y crónica, el impacto de la carga aplicada determinara el tipo y el tiempo necesario para que el

sistema solicitado recupere su equilibrio interno. La aguda se produce durante e inmediatamente después de realizar un esfuerzo y se recupera entre unos minutos y unas pocas horas, una vez finalizado el esfuerzo, se puede dividir en local o global dependiendo de la cantidad de grupos musculares afectados. La fatiga subaguda aparece tras un periodo de exposición a cargas de trabajo, sin completar el proceso de recuperación entre ellas. La fatiga crónica es la de mayor permanencia y se presenta cuando se ha sobrepasado las posibilidades de regeneración de los sistemas afectados por el esfuerzo, tras sobrecargarlos durante largo tiempo, sin permitir su completa recuperación. Los deportistas de alto rendimiento pueden llegar a caer en un nivel de fatiga crónica llamado síndrome de sobre entrenamiento generado por una incorrecta dosificación de las cargas de entrenamiento en combinación con agentes externos como la hidratación, alimentación, descanso (Halson, 2014; Suay, 2003).

### **Daño Muscular**

El daño muscular se puede presentar por diversas causas como un golpe directo, lesiones por aplastamiento y el ejercicio físico de alta intensidad, es común que las personas que realizan actividad física de alta intensidad y prolongada, sufran dolor muscular, espasmos e inflamación al finalizar la práctica, estos síntomas se presentan como resultado de la lesión tisular (Willmore y Costill, 2010).

El daño muscular localizado se manifiesta como un daño estructural del aparato contráctil el cual puede afectar a la línea Z que limita los sarcómeros y se acompaña de una disrupción miofibrilar, tras la degeneración del sarcómero del fragmento del disco Z, la línea Z se localiza al final del sarcómero formando la unión entre un sarcómero y el siguiente. Cuando el ejercicio es aeróbico no se presentan cambios en la permeabilidad de la membrana, cuando la intensidad del ejercicio excede este rango la permeabilidad de la membrana cambia y permite la liberación de enzimas como la ck y otras proteínas a esto se le denomina punto de quiebre o ruptura. Las enzimas o proteínas liberadas por el músculo a través de la permeabilidad de la membrana y que podemos encontrar en suero son marcadores

del estado funcional del músculo, el aumento en estos marcadores es un indicador de daño muscular (Brancaccio et al., 2010).

### **Proceso inflamatorio**

La inflamación es una respuesta local que se produce en un tejido vascular ante una carga de magnitud suficiente para ocasionar daño celular. El proceso inflamatorio consiste en una serie de reacciones moleculares y celulares en cascada, como respuesta a la infección, lesión tisular y los daños relacionados (Cordova y Alvarez, 2012).

En el proceso inflamatorio ocurre una respuesta de los vasos sanguíneos y de las células endoteliales que los delimitan, sirve como una función protectora importante, activa los procesos de defensa, sanación y reparación. Se puede desencadenar incluso sin la presencia bacteriana en traumas contusos, quemaduras, laceraciones, trauma por radiación, obstrucción vascular, posterior a la actividad física extenuante y otras muchas causas (Bahr y Maehlum, 2007; Kumar, Abbas, y Aster, 2015).

La inflamación consigue su función protectora, diluyendo, destruyendo o neutralizando de algún modo los agentes lesivos, las células y las moléculas implicadas en la defensa incluidos los leucocitos y las proteínas plasmáticas, circulan por la sangre y el objetivo de la reacción inflamatoria es localizarlas en el foco del daño tisular o la infección. La respuesta inflamatoria se puede presentar de dos formas, aguda o crónica, la inflamación aguda aparece de forma rápida y dura de unos pocos minutos a pocos días; se caracteriza por la secreción de proteínas plasmáticas y líquido, y por la acumulación predominante de leucocitos (Bahr y Maehlum, 2007).

La inflamación crónica puede durar más tiempo, días incluso años y se caracteriza por la presencia de linfocitos y macrófagos con proliferación vascular y fibrosis asociada, ambas respuestas son inducidas por mediadores químicos producidos por las células en respuesta a los estímulos lesivos, cuando un tejido sufre una lesión, las células residentes, los macrófagos, las células dentríticas, los mastocitos y otros tipos celulares avistan la lesión y secretan citosinas y otros

mediadores que inducen o regulan la respuesta inflamatoria (Kumar, Abbas y Aster, 2015).

De manera externa la inflamación se puede manifestar con lo que se conoce como los puntos cardinales de la inflamación, los cuales son eritema o rubor (tonalidad rojiza), tumor o tumefacción, calor, dolor y pérdida de la función. En las lesiones asociadas con prácticas deportivas el dolor suele ser el elemento cardinal predominante, ya sea como síntoma de consulta o como hallazgo en el examen físico (dolor a la palpación). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los cuadros dolorosos no siempre se relacionan con un proceso inflamatorio. Los neutrófilos, monocitos y linfocitos son atraídos por el sitio de lesión por factores quimio tácticos liberados por el tejido dañado. Estos "glóbulos blancos sanguíneos" liberan a su vez una serie de mediadores inflamatorios, tales como la prostaglandina y leucotrienos (Bahr y Maehlum, 2007; Kumar, Abbas y Aster, 2015).

Existen varias similitudes entre el ejercicio de alta intensidad y la reacción inmune en un proceso inflamatorio, tales como la movilización y activación de leucocitos, la inducción de la respuesta de fase aguda, los incrementos en la producción de proteínas proinflamatorias, la infiltración celular y el daño tisular. El ejercicio intenso y prolongado provoca daños en las fibras musculares y desencadena todas y cada una de las manifestaciones de una respuesta inflamatoria local, la cual tiene consecuencias tanto negativas como positivas, la negativa es la impotencia funcional muscular como resultado de la inflamación, pero por otro lado esta inflamación es un componente esencial en la adaptación muscular al entrenamiento, ya que participa en la reparación tisular, hipertrofia y angiogénesis en los músculos dañados por el ejercicio (Cordova y Alvarez, 2012).

### **Inflamación aguda.**

La respuesta inflamatoria aguda permite la llegada rápida de leucocitos y proteínas plasmáticas al lugar de la lesión, esta tiene componentes fundamentales, como son la alteración en el calibre de los vasos sanguíneos con lo que aumenta el flujo sanguíneo por efecto de la vasodilatación y cambios en la pared vascular (aumento de la permeabilidad vascular) lo que permite la salida de la circulación de

las proteínas plasmáticas, la activación de las células endoteliales lo que aumenta la adhesión de los leucocitos y permite su migración a través de la pared vascular, la migración de los leucocitos desde la circulación y su acumulación en el foco de la lesión. Los cambios en los vasos sanguíneos comienzan rápidamente tras la lesión, aunque evolucionan a velocidades variables dependiendo la naturaleza y la gravedad del estímulo inflamatorio (Cordova y Alvarez, 2012).

La respuesta inflamatoria inicial genera una vasoconstricción temporal que dura pocos segundos, para dar paso a una vasodilatación arteriolar que aumentara el flujo sanguíneo local y determinara la congestión de los lechos capilares distales, la microvasculatura se vuelve más permeable y el líquido rico en proteínas sale hacia los tejidos extravasculares, aumentando los eritrocitos en la sangre provocando el aumento de la viscosidad y la disminución en la circulación sanguínea.

Los leucocitos normalmente fluyen con rapidez por la sangre pero en la inflamación es preciso que se tengan y lleguen al lugar donde se encuentra el foco del daño tisular, algunas sustancias quimiotácticas y algunas citosinas ayudan a mediar y modular la adhesión y el movimiento direccional de los leucocitos, conforme la sangre fluye desde los capilares a las vénulas poscapilares las células circulantes son barridas por el flujo laminar contra la pared del vaso, los eritrocitos son más pequeños y se suelen desplazar con más rapidez que los leucocitos de mayor tamaño, cuando estos son empujados de la columna axila central e interactúan con las células endoteliales de revestimiento, si las células endoteliales son activadas por las citosinas y otros mediadores producidos a nivel local expresan moléculas de adhesión, estas células se unen y se separan comenzando a rodar sobre la superficie endotelial, estas interacciones son mediadas por las moléculas de adhesión llamadas selectinas, por tanto la unión de los leucocitos al endotelio queda limitada en gran medida a los focos de infección y daño tisular. cuando los leucocitos adheridos se encuentran con las quimiocinas expresadas, las células se activan y sus integrinas sufren cambios de conformación y se agregan juntas, al mismo tiempo otras citosinas como la TNF y la IL-1 activan las células endoteliales para aumentar la expresión de las integrinas, tras detenerse en la superficie endotelial los leucocitos

migran a través de la pared vascular, tras extravasarse a la sangre para producir su acción proinflamatoria (Kumar, Abbas y Aster, 2015).

En la inflamación inducida por el ejercicio, las micro rupturas de fibras musculares liberan productos intracelulares que estimulan la activación de las células fagocíticas y la liberación de mediadores proinflamatorios por células residentes en el músculo, los mediadores provocan la activación de las células endoteliales de los vasos que irrigan al músculo, los leucocitos se extravasan e inician la respuesta inflamatoria local, estas moléculas liberadas son utilizadas como indicadores o marcadores de daño muscular (Cordova y Alvarez, 2012).

### **Citocinas**

Las citocinas son moléculas proteicas que estimulan o inhiben muchas funciones celulares normales como crecimiento y la diferenciación. Los macrófagos y las células dendríticas son presentadoras de antígenos que secretan citocinas, al igual que los fibroblastos, las células endoteliales, renales, monocitos, macrófagos y hepatocitos (Tortora y Derrickson, 2013). Existen múltiples citocinas como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y otras llamadas interleucinas (IL), como la IL-1, IL-6, que se liberan inmediatamente después de una lesión tisular de cualquier etiología y se consideran "proinflamatorias", mientras que otras (IL-10, IL-13) tienen efecto antiinflamatorio (Cordova y Alvarez, 2012).

En muchos casos las citocinas tienen múltiples actividades biológicas, y diferentes citocinas pueden llevar a cabo la misma actividad, lo cual provee una redundancia funcional en el sistema inmune e inflamatorio. El ejercicio intenso y prolongado aumenta la concentración plasmática de cuatro citocinas: IL-1ra, IL-6, IL-8 e IL-10. En las citocinas proinflamatorias producidas por macrófagos residentes en tejidos están incluidos el TNF- $\alpha$  y la interleucina (IL-6) que son esenciales en la iniciación de los procesos inflamatorios (Cordova y Alvarez, 2012).

El TNF- $\alpha$  es el principal mediador de la respuesta inmune contra bacterias o daño tisular. Este ejerce numerosos efectos que son dependientes de su concentración. A concentraciones bajas el TNF- $\alpha$  actúa localmente como un mediador de alarma provocando un aumento de la adherencia de las células

endoteliales de los vasos, activación leucocitaria y la estimulación de la producción de IL-1, IL-6 e IL-8 en células endoteliales y fagocitos mononucleares. A mayores concentraciones el TNF- $\alpha$  actúa de modo endócrino y provoca acciones sistémicas, estimulando la producción de reactantes de fase aguda por el hígado, y de la IL-1 e IL-6 por las células del endotelio vascular; activa el sistema de coagulación e induce fiebre. Las citocinas son clasificadas en distintos grupos, proinflamatorias, inflamatorias, antiinflamatorias, linfoproliferación y respuesta inmune humoral (Cordova y Alvarez, 2012).

### **Proinflamatorias.**

La interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) estimula la actividad de células T, por aumento de la producción de citocinas como IL-2 así como la proliferación y la maduración de las células B; citotoxicidad por natural killer (NK); otras de sus funciones es inducir algunas citocinas tales como, la IL-6, IL-8, TNF, granulocitos y macrófagos (GM-CSF) y prostaglandina (PGE), mantienen efecto proinflamatorio por inducción de quimocinas en el endotelio, induce fiebre, proteína de fase aguda, reacción ósea por los osteoclastos (Drucker, 2005).

La interleucina 6 (IL-6) es una glicoproteína producida por diversos tipos celulares tras su activación por patógenos, IL-1 y TNF- $\alpha$ . Actúa como amplificador de la señal inflamatoria, es el principal mediador de la consecuencia sistémica de la inflamación. Actúa sobre los hepatocitos estimulando la síntesis de diferentes proteínas plasmáticas, como el fibrinógeno, que contribuye a la respuesta inflamatoria de fase aguda (Cordova y Alvarez, 2012). La función inmunitaria principal de la IL-6 es potenciar los efectos de las citocinas, especialmente IL-1 y TNF. La IL-6 tiene funciones pro y anti inflamatorias y ahora es considerado como un objetivo importante para la intervención clínica. La experiencia clínica ha planteado nuevas preguntas sobre cómo y cuándo bloquear esta citocina y así mejorar el resultado de la enfermedad y el bienestar del paciente. La IL-6 es una citocina clave en las infecciones, el cáncer y la inflamación, en el que se impulsa la progresión de la enfermedad o apoya el mantenimiento de las reacciones inmunológicas (Drucker, 2005; Hunter y Jones, 2015).

### **Antinflamatorias.**

La interleucina 10 (IL-10), es una citocina producida principalmente por los linfocitos T reguladores, dentro de sus principales funciones biológicas se encuentra la inhibición de la producción de otras citocinas, como la IL-2 e IFN- $\gamma$ , así mismo también funge de inhibidora en la producción de citocinas por las células NK y los macrófagos, suprimiendo en estos últimos la producción de radicales libres de oxígeno (Hunter y Jones, 2015). Como lo publicado por Handzlik y colaboradores (2013) en el cual sus resultados demuestran que las altas cargas de entrenamiento están asociadas con una mayor producción de IL-10.

### **Marcadores biológicos**

#### **Creatin Kinasa.**

La Creatin kinasa (CK) es una proteína globular dimérica, consiste en dos subunidades con una masa molecular de 43-45 kDa para cada unidad. Existen al menos cinco isoformas de CK: tres isoenzimas en el citoplasma (CK-MM, CK-MB, CK-BB), y dos isoenzimas (no sarcoméricas y sarcoméricas) en mitocondrias que se incrementan en las miopatías mitocondriales. La CK-BB se encuentra principalmente en el cerebro, la CK-MB en el tejido cardíaco y la CK-MM principalmente en el músculo esquelético (Montero, Peinado, Ortega y Gross, 2006).

La CK es un sustrato metabólico que se encuentra en un 98% en el tejido muscular (Montero et al., 2006). Estas son proteínas conocidas como tetrámeros macro-CK debido a su gran tamaño molecular de la polimerización de las isoenzimas, CK-MM y CK-BB con IgG en el tipo I, y con CK mitocondrial en el tipo II, esta presencia de isoenzimas macro-CK tiene valor pronóstico. Muchos estudios han informado de la presencia de macro-CK en pacientes que desarrollaron patologías cardiovasculares o autoinmunes, mientras que la macro-CK tipo II se encontró en los pacientes con condiciones malignas (Brancaccion, Limongelli y Mafulli, 2006).

Las isoenzimas citoplasmáticas (CK-MM, CK-MB, CK-BB) proporcionan información específica de tejido lesionado debido a su distribución en ellos. La CK-MM se encuentra en varios dominios de la miofibra donde el consumo de ATP es alto y es un marcador de la enfermedad del músculo. El ejercicio extenuante que daña

las células del músculo esquelético en su estructura a nivel de sarcolema y discos-Z resulta en un aumento de la CK total, ya que la CK-MM es una enzima citosólica que une específicamente a la miofibrilla situada en el sarcómero, una estructura compleja que contiene al menos 28 proteínas diferentes (Brancaccio, Lippi y Maffulli, 2010).

Cuando el ejercicio se realiza con una intensidad que está dentro del rango normal del metabolismo, el tejido muscular se ejerce sin cambios significativos en la permeabilidad de la membrana. Sin embargo, cuando la intensidad del ejercicio supera este rango normal, aparecen los cambios de permeabilidad de la membrana y encima en la circulación. La CK se filtra dentro de los plasmas procedentes de las fibras músculo esqueléticas cuando éstas son demandadas por repetidas e intensas contracciones. Bajo condiciones de catabolismo la concentración de CK en suero muestra un mayor incremento, que la concentración en suero de otras proteínas musculares, como resultado y aun que su validez como marcador de lesión inducida por el ejercicio ha sido cuestionada, la CK ha sido extensamente usada como un marcador de la intensidad del ejercicio (Brancaccio et al., 2010).

Los niveles de CK son dependientes de la edad, género, raza, masa muscular, actividad física y condiciones climatológicas. El comportamiento de la CK incrementa después del ejercicio y se alcanza un pico a las 24 horas, pudiendo permanecer elevada de 48 a 72 horas. Los atletas tienen mayor CK en reposo en comparación con sujetos no entrenados, esto probablemente debido a la mayor masa muscular y el entrenamiento diario realizado. Sin embargo, después del ejercicio, la actividad sérica de la CK depende del nivel de formación, a pesar de que los atletas experimentan mayor dolor muscular en comparación con los sujetos no entrenados, su actividad sérica es menor (Vetter, 2007).

La CK es una variable comúnmente utilizada en el control del entrenamiento, ya que algunos trabajos muestran una relación entre la CK y parámetros de entrenamiento como el volumen y la intensidad. Algunas otras enzimas y proteínas comúnmente analizadas en el daño muscular inducido por el ejercicio incluyen a la CK, lactato deshidrogenasa, aspartato aminotransferasa y la mioglobina, sin embargo, la CK parece ser el mejor indicador de la gravedad del ejercicio y el efecto en el tejido (Brancaccio et al., 2006).

Se considera que valores superiores a 200 U/l pueden significar que la carga ha sido excesiva, de manera que parece aconsejable se realice un entrenamiento de recuperación, o por el contrario los atletas con valores de CK por debajo del límite superior probablemente pudieran realizar ejercicio con menores posibilidades de sobre carga o lesión (Montero et al., 2006).

### **Alanino aminotransferasa y aspartato aminotransferasa.**

Son aminotransferasas que catalizan la reacción aspartato +  $\alpha$ -ketoglutarato  $\rightarrow$  oxaloacetato + glutamato, esta se produce entre las mitocondrias y el citosol proporcionando energía a las células, estas enzimas se localizan principalmente en el músculo esquelético y cardiaco e hígado, son un buen marcador de daño o enfermedad hepática, después de realizar un ejercicio de alta duración e intensidad los valores de la AST y ALT aumentan significativamente y se mantienen elevados alrededor de 24 horas (Brancaccio et al., 2010).

## **Métodos de recuperación post ejercicio**

### **Crioterapia.**

La crioterapia es la aplicación del frío con fines terapéuticos (García y Seco, 2003; Huter-Becker, Schewe y Heipertz, 2005). La crioterapia se utiliza desde la antigüedad para el alivio del dolor, donde su manera de emplearlo eran métodos naturales, como la nieve, el hielo o el agua, en los últimos años se ha popularizado en el ámbito deportivo, por su efecto analgésico, desinflamante y sus fáciles métodos de aplicación, como los sprays, el hielo (Huter-Becker et al., 2005).

### **Efectos fisiológicos.**

Contracción de los vasos sanguíneos, reducción de la permeabilidad capilar, flujo sanguíneo e inflamación. Reduce la velocidad de la conducción nerviosa, disminuye el espasmo y tono muscular. Eleva la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca, disminuye la sensación de dolor debido a la inhibición de los receptores superficiales del dolor situados en la piel (Huter-Becker et al., 2005).

### **Formas de aplicación.**

- Bolsas de hielo: aplicación de bolsas de plástico con hielo triturado de manera directa en la zona a tratar.
- Masaje con hielo: movimientos de frotación con polos de hielo.
- Compresas frías: compresas de gel congeladas para aplicación directa.
- Inmersión: introducir el área a tratar en una tina o recipiente con hielos y agua.
- Aerosol o spray: se utiliza cloruro de etilo, aplicado directamente en la zona a tratar.
- Terapia de gas frío (nitrógeno en gas).

### **Contraindicaciones.**

La crioterapia es uno de los medios terapéuticos más fáciles de aplicar y de fácil acceso para el deportista, sin embargo, existen algunas precauciones que se deben considerar al momento de la aplicación, no todas las personas pueden utilizar la crioterapia y en otras se debe tener precaución (Huter-Becker et al., 2005).

- Alteraciones avanzadas del riego sanguíneo
- Trastornos tróficos
- Enfermedad de Raynaud II estadio
- Sensibilidad al frío
- Aglutinación por frío
- Hemolisis por frío
- Urticaria por frío
- Crioglobulinemia

### **Inmersión en hielo.**

La inmersión en agua fría o *Cold Water Immersion* (CWI) por sus siglas en inglés es la introducción del cuerpo en baños de agua con hielo a diferentes temperaturas que pueden ser los 30°C hasta los 10°C o inclusive menor (Ascensao, Leite, Rebelo, Magalhaes y Magalhaes, 2011; Ihsan et al., 2016).

### ***Efectos fisiológicos.***

La inmersión en agua fría es un auxiliar en la disminución de la temperatura de los tejidos y el flujo sanguíneo posterior a la actividad física.

Reduce la tensión cardiovascular y ayuda a la eliminación de los productos metabólicos musculares acumulados por la actividad física (Ihsan et al., 2016).

### ***Formas de aplicación.***

Debido a su posible efecto positivo en la ayuda de la disminución de la fatiga y la aceleración de la recuperación, ha tenido una ganancia de popularidad considerable y se han estudiado diferentes formas de aplicación, como la forma parcial o total de inmersión. En la primera forma el atleta se introduce en una bañera o alberca que contenga agua con hielo suficiente para cubrirlo hasta la zona del pecho, en la segunda el atleta solo quedará cubierta por el agua fría hasta la zona de la cintura (Ihsan et al., 2016).

### ***Contraindicación.***

Las precauciones que se deben tener a la hora de aplicar esta técnica de recuperación son similares a las generales de la crioterapia, ya que se trabaja con el mismo medio físico, sin embargo, se debe tener especial atención en las sensaciones del atleta, ya que esta técnica suele ser muy dolorosa en los primeros momentos debido a la sensación ocasionada por la baja temperatura del agua.

- Alteraciones avanzadas del riego sanguíneo
- Trastornos tróficos
- Enfermedad de Raynaud II estadio
- Sensibilidad al frío
- Aglutinación por frío
- Hemólisis por frío
- Urticaria por frío
- Crioglobulinemia

En la actualidad debido a la popularidad de esta técnica, es común que se utilice en eventos deportivos masivos como carreras, donde al finalizar su

competencia varios competidores se introducen en una misma alberca con hielos, por lo que en casos como estos se debe tomar en cuenta los posibles focos de infección.

### **Crioterapia de cuerpo completo o criosauna.**

La crioterapia de cuerpo completo o WBC (Whole Body Cryotherapy) por sus siglas en ingles consiste en la introducción de la persona en una cabina especial y de alto costo donde el cuerpo completo queda expuesto a aire muy frío a temperaturas que van de  $-110^{\circ}\text{C}$  a  $-140^{\circ}\text{C}$  (Banfi, Lombardi, Colombini y Melegati, 2010).

#### ***Efectos fisiológicos.***

Disminuye la temperatura de los tejidos, reduce la inflamación, es analgésico y mejora la recuperación después la actividad física (Bleakley, Bieuzen, Davison y Costello, 2014).

#### ***Forma de aplicación.***

El sujeto se introduce en una cámara especial (criosauna) con el mínimo de ropa, utilizando guantes, calcetines y zapatos secos, para evitar lesiones por el frio, así como una banda para las orejas y una máscara que cubra nariz y boca, la cámara cubre a la persona hasta el cuello, de esta manera todo el cuerpo de la persona es expuesta al gas frío, por un espacio de 2 a 5 minutos (Bleakley et al., 2014).

#### ***Contraindicaciones.***

Las precauciones que se deben tener a la hora de aplicar esta técnica de recuperación son similares a las generales de la crioterapia, ya que se trabaja con el mismo medio físico, sin embargo, en esta técnica se debe tener especial atención en que la ropa que usa el sujeto este completamente seca, ya que debido a la baja temperatura se podría congelar esa zona, se debe estar vigilando a la persona en todo momento física y cognitivamente.

- Alteraciones avanzadas del riego sanguíneo
- Trastornos tróficos

- Enfermedad de Raynaud II estadio
- Sensibilidad al frío
- Aglutinación por frío
- Hemólisis por frío
- Urticaria por frío
- Crioglobulinemia

### **Masaje.**

El masaje se define como la manipulación manual del tejido corporal con presión rítmica y caricias con el fin de promover la salud y el bienestar (Cafarelli y Flint, 1992). El masaje se ha aplicado como medio higiénico profiláctico, sanitario y para aumentar los resultados deportivos desde hace 35,000 años, ningún pueblo puede reivindicar el descubrimiento del masaje y la elaboración de sus metodologías. El masaje surgió debido a necesidades terapéuticas y fue probablemente uno de los primeros medios curativos en muchos pueblos del mundo.

Los primeros usos deportivos del masaje fueron utilizados por los monjes del ministerio de Shaolin quienes lo utilizaban antes y después de la lucha de kung fu en el siglo III. En la actualidad el masaje se usa con fines terapéuticos y de preparación para los deportistas de elite (Biriukov, 2003).

### ***Efectos del masaje.***

Los efectos biomecánicos, fisiológicos, neurológicos y psicológicos del masaje se han discutido en diversos artículos (Cafarelli y Flint, 1992; Poppendieck et al., 2016; Weerapong, Hume y Kolt, 2005). El masaje incrementa el flujo sanguíneo, reduce la tensión muscular y la excitabilidad neurológica e incrementa la sensación de bienestar (Weerapong et al., 2005). Debido al incremento del flujo sanguíneo se cree que se elimina el líquido extracelular de los músculos afectados, se disminuye la inflamación y el dolor (Kargarfard et al., 2015).

### ***Efectos fisiológicos.***

Aumenta la temperatura de la piel y del músculo: aumentando el calor local provocando una hiperemia. Aumenta el flujo sanguíneo: se cree que este aumento de flujo sanguíneo permite un mejor aporte de nutrientes y una mayor eliminación de productos de desecho metabólico derivados de la inflamación y el daño muscular, eliminando el líquido extracelular de los músculos afectados, disminuyendo la inflamación y el dolor (Kargarfard et al., 2015; Torres y Salvat, 2006). Debido a la vasodilatación de los vasos sanguíneos, sin embargo, otros autores (Hinds et al., 2004; Morelli, 1991).

Han obtenido resultados en los que solo se muestra un aumento del flujo local y cutáneo, incrementa la actividad parasimpática: disminuye los niveles de serotonina y cortisol (Hernandez-Reif, Field, Krasnegor y Theakstone, 2001; Ironson et al., 1996), disminuye la frecuencia cardíaca y la presión arterial (Shulman, 1996) e incrementa las endorfinas (Weerapong et al., 2005). Efecto muscular: se produce una disminución en la excitabilidad de la motoneurona alfa esto contribuye a aliviar los espasmos musculares y posiblemente a interrumpir el ciclo dolor-tensión-dolor, también aumenta el flujo sanguíneo del músculo por lo que mejora el tono muscular (Hemmings, 2000).

### ***Efectos neurológicos.***

Excitabilidad neurológica y reflejo de Hoffman: estimula receptores sensoriales reduciendo la tensión muscular por la reducción de la excitabilidad muscular por los cambios en el reflejo de Hoffman, aumentando la amplitud del reflejo durante el masaje (Morelli, Seaborne y Sullivan, 1990; Weerapong et al., 2005).

Reduce el dolor y espasmo muscular: los posibles mecanismos responsables son neurológicos, al activar mecanismos de bloqueo neural en la medula espinal, la masaje estimula las grandes fibras nerviosas rápidas para después bloquear las fibras nerviosas lentas y pequeñas que son las que detectan el dolor, esto resulta en la inhibición lateral local de la medula espinal, lo que se conoce como la teoría de la puerta de entrada o de la puerta de control (Guyton y Hall, 2000), fisiológicos

(sustancias bioquímicas: encefalinas, endorfinas, serotonina) y mecánico, alineación de las fibras musculares (Torres y Salvat, 2006).

Se produce una disminución en la excitabilidad de la motoneurona alfa esto contribuye a aliviar los espasmos musculares y posiblemente a interrumpir el ciclo dolor-tensión-dolor, también aumenta el flujo sanguíneo del músculo por lo que mejora el tono muscular (Hemmings, 2000; Torres y Salvat, 2006).

### ***Efectos psicológicos.***

Se ha relacionado el masaje con el alivio de la ansiedad, la depresión y el estrés por su efecto de relajación y sensación de bienestar general relacionado con la disminución de la actividad simpática (Weerapong et al., 2005).

### ***Efectos sobre el daño muscular.***

De acuerdo con lo reportado en algunos estudios (Crane et al., 2012; Kargarfard et al., 2015; Nelson, 2013; Smith et al., 1994; Tiidus y Shoemaker, 1995), se cree que el aumento del flujo sanguíneo local y el flujo linfático, ayudan en la disminución de los síntomas del daño muscular como la inflamación, el dolor muscular y la Creatin Kinasa en sangre.

### ***Técnicas de masaje.***

Per Hernik Ling es considerado el fundador de las técnicas modernas de masaje, el llamado masaje sueco o básico, para la aplicación en cuerpo completo y masaje deportivo (Cafarelli y Flint, 1992).

Se consideran cinco técnicas como básicas o elementales, se les llama de diferentes formas, según el idioma o región y de ellas se derivan algunas variables, dependiendo el tipo de masaje. Cada una de las técnicas tiene el propósito de generar un efecto fisiológico específico. Las 5 técnicas son:

1.- Frotación: Con esta técnica se da el primer y último contacto con el paciente (Cafarelli y Flint, 1992), se realiza con la superficie de la palma de la mano, intentando abarcar una zona amplia, en un movimiento suave y rítmico, siempre de manera ascendente, de distal a proximal, empleando diferentes formas: en línea

recta, zigzag, espiral, circular (Biriukov, 2003), esta técnica sirve para distribuir el lubricante o aceite, preparar a el atleta para la manipulación con las demás técnicas, produce una relajación general y favorece la circulación al dilatarse los vasos sanguíneos, provocando una sensación de calor local y un aumento de temperatura (Rumpler y Schutt, 1992), también favorece la eliminación de células muertas de la epidermis, la respiración cutánea, la función secretora de las glándulas sebáceas y sudoríparas, el tono muscular y cutáneo y la función de contracción de las glándulas cutáneas y la flexibilidad y elasticidad de la piel (Cafarelli y Flint, 1992), con una aplicación continua produce un efecto analgésico (Biriukov, 2003).

2.- Amasamiento: Es de las técnicas principales, en el masaje de recuperación se aplica aproximadamente un 80% del total del masaje, se realiza con ambas manos en una acción de presión y deslizamiento contrario repetidamente (Cafarelli y Flint, 1992), esta técnica actúa principalmente en el sistema muscular, mejorando la nutrición de los tejidos, promoviendo el intercambio de sustancias y la eliminación de los productos metabólicos, favoreciendo la disminución de la fatiga muscular, el aumento de la capacidad de contracción muscular y el aumento de la movilidad articular (Biriukov, 2003).

3.- Fricción: Es una técnica que se aplica en movimientos circulares de manera enérgica, con una presión sobre el tejido a trabajar, se aplica con el pulplejo de los dedos, las puntas y el pulgar (Rumpler y Schutt, 1992), esta acción mecánica profunda provoca una excitación en los receptores de los tejidos y los vasos sanguíneos, favoreciendo un aumento de la circulación sanguínea, la eliminación de desechos metabólicos, la disminución de la tensión muscular y la reducción del dolor muscular.

4.- Golpeteo: Es una técnica que se puede aplicar de diferentes maneras, con el borde cubital de la mano semi cerrada, con la cara dorsal de la primera y segunda falange de los dedos, con el resto de la palma de la mano, así como con el borde cubital con la mano semi abierta; todas en secuencias muy seguidas. La aplicación de esta técnica favorece el aumento de tono muscular, aumenta la excitabilidad del sistema nervioso (Rumpler y Schutt, 1992).

5.- Vibraciones: Es una técnica que se puede emplear con las manos o con un aparato, el efecto fisiológico de esta técnica varia, dependiendo de la frecuencia, la amplitud y la duración de los movimientos oscilatorios, favorece la disminución de la fatiga, acelera los procesos de recuperación y estimula el sistema nervioso.

### **Masaje ZNAR.**

El masaje ZNAR es un método de recuperación que combina la crioterapia con técnicas de masoterapia intercaladas entre sí, con predominancia de la técnica de frotación la cual favorece el aumento de la temperatura, la dilatación y el aumento del flujo sanguíneo, cada técnica es aplicada a una velocidad alta por espacios cortos de tiempo, para su aplicación se requieren dos personas que ejecuten las técnicas de forma simultánea generando un efecto espejo entre ellos. Este masaje tiene una duración total de 15 minutos (Alonso, 2016).

En la tabla 1 se describe en seis columnas la aplicación por pasos del masaje ZNAR, en la columna uno se describe la posición en la que debe estar el sujeto para recibir el masaje, en la columna dos se describe el tiempo que se aplica cada técnica, la columna tres describe la frecuencia o cantidad de veces que se repite una técnica en el tiempo especificado, la columna cuatro describe la técnica que se utiliza, la columna cinco describe la zona del cuerpo donde se aplica la técnica señalada y en la columna seis se da una breve explicación de cómo aplicar la técnica (Alonso, 2016).

**Tabla 1**

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

PLANO/ POSICION	TIEMPO	FRECUENCIA	TECNICA	ZONA	DESCRIPCION
Anterior: decúbito supino	2 minutos con 30 Segundos	De 140 a 145 veces que contacta el hielo con la pierna	crioterapia	Toda la pierna	Aplicación de la crioterapia en bolsa con hielo, realizar movimientos circulares de manera ascendente, es decir, de caudal a céfalo.
<b>Cambio de posición de la persona: a cubito prono</b>					
Posterior: decúbito prono	2 minutos con 30 Segundos	De 140 a 145 veces que contacta el hielo con la pierna	crioterapia	Toda la pierna	Aplicación de la crioterapia en bolsa con hielo, realizar movimientos circulares de manera ascendente, es decir, de caudal a céfalo.
Posterior: decúbito prono	30 segundos	De 40 a 45 veces	frotación	Toda la pierna (Gastrocnemio e isquiotibiales)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Gastrocnemio	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Isquiotibiales	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Gastrocnemio e isquiotibiales)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.

	30 segundos	De 30 a 35 veces	Fricción	Gastrocnemio	Presión lineal sobre el músculo con el pulgar de caudal a céfalo con ambos pulgares.
	30 segundos	De 30 a 35 veces	Fricción	Isquiotibiales	Presión lineal sobre el músculo con el pulgar de caudal a céfalo con ambos pulgares.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Gastrocnemio e isquiotibiales)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Gastrocnemio	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Isquiotibiales	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Gastrocnemio e isquiotibiales)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 30 a 35 veces	Vibración	Gastrocnemio	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	15 segundos	De 30 a 35 veces	Vibración	Isquiotibiales	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Gastrocnemio e isquiotibiales)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a

					lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
<b>Cambio de posición de la persona: a cubito supino</b>					
Anterior: decúbito supino	30 segundos	De 40 a 45 veces	frotación	Toda la pierna (Tibial anterior y cuádriceps)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Tibial anterior	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Cuádriceps	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Tibial anterior y cuádriceps)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	30 segundos	De 30 a 35 veces	Fricción	Tibial anterior	Presión lineal sobre el tejido aplicado con el pulgar, de caudal a céfalo.
	30 segundos	De 30 a 35 veces	Fricción	Cuádriceps	Presión lineal sobre el tejido aplicado con el pulgar, de caudal a céfalo.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Tibial anterior y cuádriceps)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Tibial anterior	Movimientos repetitivos en forma de "s", rítmicos

					de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	15 segundos	De 40 a 45 veces	Amasamiento	Cuádriceps	Movimientos repetitivos en forma de “s”, rítmicos de caudal a céfalo, cubriendo toda el área a tratar.
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Tibial anterior y cuádriceps)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
	15 segundos	De 30 a 35 veces	Vibración	Gastrocnemio	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	15 segundos	De 30 a 35 veces	Vibración	Cuádriceps e isquiotibiales	Movimientos ondulatorios y enérgicos con ambas manos
	30 segundos	De 40 a 45 veces	Frotación	Toda la pierna (Tibial anterior y cuádriceps)	Roces superficiales rítmicos con ambas palmas de las manos, en movimientos circulares a lo largo de la pierna de caudal a céfalo.
Final					

*Nota.* Recuperado de “Influencia del masaje con crioterapia (ZNAR) sobre la recuperación posterior a una competencia en corredores de fondo”, Alonso, 2016, pp 33-34.

Este masaje de recuperación ZNAR se aplicó a un grupo de corredores después de participar en una competencia de 10km, en este estudio se analizaron los valores de CK de los corredores previo a la carrera, 2 horas posterior a la carrera a las 24 y 48 horas, encontrando una diferencia significativa en la toma de las 24 horas con respecto a la toma basal, los valores de la CK mostraron su pico más alto a las 2 horas después de finalizar la carrera y a las 24 horas ya se mostraba un descenso en los niveles de la CK, por lo que concluyeron que la aplicación del masaje de recuperación ZNAR posterior a la actividad física, favorece al proceso de recuperación y eliminación de la CK, permitiendo al organismo afrontar de mejor

manera los efectos negativos del daño muscular como el dolor y la incapacidad funcional.

### **Antecedentes**

Se han realizado diversos estudios sobre el masaje como método de recuperación (Crane et al., 2012; Davis, Alabed y Chico, 2020; Demirhand, Yaman, Cengiz, Saritas y Gunay, 2015; Howatson, Gaze y Van Someren, 2004; Kargarfard et al., 2015; Novakovac y Sifta, 2010; Sharma y Mohamad, 2014; Shell et al., 2020) los cuales muestran resultados variables y esto se puede deber a las diversas metodologías implementadas en la aplicación del masaje. En un estudio realizado a 20 luchadores, a los cuales se les aplicó un masaje con crioterapia posterior al ejercicio por 8 minutos, 4 minutos en brazos y 4 minutos en piernas, mostró que no había diferencia entre los valores de la CK antes y después del ejercicio, incluso a las 24 horas los valores aún siguen aumentando y los síntomas del daño muscular persisten a las 48 horas (Demirhand et al., 2015).

En otro estudio realizado a 12 sujetos después de un ejercicio intenso en miembros superiores, se les aplicó el masaje con crioterapia inmediatamente después del ejercicio, en los cuales los valores más altos de CK se obtuvieron a las 48 horas, sin diferencia significativa con el grupo control. Por lo que concluyeron que el masaje con crioterapia no era efectivo para reducir los síntomas del daño muscular (Howatson et al., 2004).

En el estudio de Isabell, Durrant, Mirer y Anderson (1992) compararon dos métodos en 22 sujetos, uno de ellos fue el masaje con crioterapia y la segunda fue el masaje con crioterapia además de una serie de ejercicios, los resultados muestran que los niveles de CK en ambos grupos se mantenían similares incrementando a las 24 horas y empezaron su descenso a las 48 horas. En este estudio se concluyó que no había diferencia entre estos métodos para la prevención o el tratamiento de los síntomas de daño muscular.

En el estudio de Kargarfard et al. (2015) analizaron a 30 sujetos a través de un test de fuerza en miembros inferiores, posteriormente se les aplicó un masaje de 30 minutos observando en los resultados diferencias significativas, ya que el grupo

experimental tubo su pico en los valores de CK a las 24 horas y a las 48 descendió a diferencia del grupo control que a las 72 horas aún mostraba niveles altos de CK.

Moraska (2005) realizó una revisión sobre la efectividad del masaje, concluye que la evidencia sobre el masaje está muy limitada y existen pocos estudios que sustenten su efectividad, sin embargo Smith et al. (1994) reporta la aplicación de un masaje deportivo vigoroso aplicado después de las dos horas de finalizado el ejercicio puede reducir significativamente los síntomas del daño muscular, este estudio analiza a 14 sujetos no entrenados a través de un test de isocinecia en extremidad superior para después aplicarles un masaje de 30 minutos, los resultados indican que hay diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo placebo en los síntomas del daño muscular y los niveles de CK. Caso contrario el estudio realizado por Dawson et al. (2011) en el que analizó a 28 sujetos durante 10 semanas de entrenamiento para prepararlos para una carrera de 10km, donde aplica un masaje de 30 minutos por semana al grupo experimental, concluyó que no existieron diferencias en la percepción al dolor de los sujetos por lo que concluye que el masaje no se recomienda como un elemento útil.

Davis et al. (2020) realizaron un meta análisis sobre la utilización del masaje como método de recuperación, tras el análisis de 29 artículos y haciendo referencia a un meta análisis anterior realizado por Poppendieck y colaboradores (2016) donde concluyen que el masaje no mostro efectos positivos sobre el rendimiento o el dolor muscular, concluyen con base a lo analizado que el masaje no muestra mejoras en el rendimiento tras su aplicación, sin embargo puede mostrar ligeras mejoras en la percepción al dolor y la flexibilidad.

En estos estudios muy pocos concuerdan con la creencia de la efectividad del masaje como medio de recuperación, debido a sus resultados obtenidos, y algunos afirman que el masaje no es un método efectivo de recuperación, esto puede ser debido a los pocos estudios que se encuentran, las metodologías variadas, la duración y las técnicas de masaje utilizadas.

Por otro lado, la crioterapia de cuerpo entero se ha utilizado por muchos años como método de recuperación, sin embargo, a pesar de las altas temperaturas utilizadas la evidencia científica nos muestra poco sobre el potencial de este método

para la recuperación de los síntomas del daño muscular (Costello, Algar, Donnelly, 2010).

En un estudio realizado por Hausswirth et al. (2011) donde analizan a 9 corredores sometidos a una carrera a campo traviesa de 10 km simulada en banda sin fin, aplicándoles la crioterapia de cuerpo entero como método de recuperación posterior a esta carrera, se analizaron los valores de CK de los sujetos antes de la carrera, inmediatamente después de la carrera, 1 hora después, a las 24 y 48 horas posteriores a la carrera, no se encontraron cambios significativos en los valores de CK.

En otro estudio realizado por Pournot et al. (2011) donde analizan a 11 corredores tras realizar una carrera simulada en banda sin fin, se les aplica como métodos de recuperación la crioterapia de cuerpo entero y la recuperación pasiva, analizaron interleucinas (IL-1, IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ ) y proteína C- reactiva en reposo, después de la carrera, a las 24, 48, 72 y 96 horas. En ambos métodos encontraron que la TNF- $\alpha$  no muestra diferencias significativas entre las tomas analizadas. La IL-6 e IL-10 tampoco muestran diferencia significativa del post ejercicio entre ambos métodos de recuperación, tanto el nivel de IL-6 como y el de IL-10 aumentan inmediatamente después del ejercicio. La proteína C-reativa mostro valores más bajos en todos los tiempos en el método de crioterapia de cuerpo entero en comparación con la recuperación pasiva, en este estudio concluyeron que el principal hallazgo que la crioterapia de cuerpo entero ayudo a aliviar la inflamación después de un ejercicio de alta intensidad.

En el estudio realizado por Ziemann et al. (2012) a 12 tenistas en un campamento de entrenamiento de 2 semanas con 2 aplicaciones al día de crioterapia de cuerpo entero para el grupo experimental, se evaluaron interleucinas (IL-6 y TNF- $\alpha$ ), hormonas (testosterona y cortisol) y CK, durante todos los días, los valores de las interleucinas tuvieron diferencias en ambos grupos, la TNF- $\alpha$  disminuye en el grupo experimental en un 60% a diferencia del grupo control en el cual disminuyo un 30%, los valores de CK se mostraron elevados al inicio del protocolo o de la investigación y disminuyeron en el grupo experimental, permanecieron casi igual en el grupo control, con esto se llegó a la conclusión de que los tenistas del grupo experimental

afrontaron de mejor manera el entrenamiento y su proceso de recuperación fue más efectivo.

## Fundamentos metodológicos

### Tipo de estudio

Este estudio es con un enfoque cuantitativo a través de un diseño experimental con alcance explicativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### Población

Para este estudio se contemplaron las selecciones del representativo Tigres de la Universidad Autónoma de Nuevo León, los cuales están conformados por atletas de diferentes deportes que pertenecen a diferentes selecciones nacionales. Para su participación en este estudio se seleccionó al equipo de voleibol varonil.

### Variables

#### Independientes.

- Ejercicio de alta intensidad
- Masaje de recuperación ZNAR
- Inmersión parcial en agua fría

#### Dependientes.

- Citocinas del proceso inflamatorio
  - Interleucina 6 (IL-6)
  - Interleucina 10 (IL-10)
  - Factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- $\alpha$ )
- Marcadores de daño muscular
  - Creatin Kinasa (CK)
  - Alaninoaminotransferasa (ALT)
  - Aspartatoaminotrasnferasa (AST)

#### Control.

- Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC)
- Termografía infrarroja (TI)
- Escala visual análoga de dolor (EVA)

## **Muestra**

Se trabajó con jugadores de voleibol del equipo representativo Tigres varonil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó el software G\*Power, el análisis arrojó una muestra ideal de 10 sujetos por grupo, utilizando las variables para muestra ideal del mismo software de  $\alpha = 0.05$  por lo que los intervalos de confianza fueron del 95%;  $1-\beta = 90\%$  y una  $d = 0.50$ . Se formaron dos grupos, el control, al cual no se le aplicó ningún tratamiento y el experimental que se sometió a los dos métodos de recuperación utilizados en el estudio.

Se inició el estudio con una participación de 27 sujetos, 13 para el grupo control y 14 para el grupo experimental, conforme pasaron las pruebas de evaluación y las concentraciones, se tuvieron que descartar sujetos debido a que presentaron alguna de las situaciones previstas en los criterios de exclusión o eliminación, al finalizar el estudio la muestra quedó conformada por 19 sujetos, nueve para el grupo control y 10 sujetos para el grupo experimental, los 10 sujetos del grupo experimental fueron expuestos a los dos métodos de recuperación en sus etapas correspondientes, por lo que en el apartado de resultados hacemos referencia a los grupos de los métodos utilizados (ZNAR y CWI) como los grupos experimentales.

Previo al desarrollo del estudio se realizó una junta informativa con los atletas y entrenadores, donde se les explicó el proceso del estudio, pruebas tanto físicas como biológicas a las que serían sometidos y las condiciones de la concentración así como días y horarios de entrada y salida de la concentración, la cual tuvo como objetivo controlar por 48 horas, el descanso, la alimentación y la actividad física realizada por los sujetos durante la realización del estudio, una vez que los atletas aceptaron participar, firmaron una carta de consentimiento informado donde aceptaron las condiciones del estudio y deslindan de cualquier inconveniente durante la realización a los responsables de este.

## **Criterios de inclusión, exclusión y eliminación**

### **Inclusión.**

- Ser mayor de edad
- Pertener al equipo representativo Tigres de la UANL
- Asistencia regular a los entrenamientos
- Contar con certificado médico
- No presentar lesiones musculares

### **Exclusión.**

- Haber tenido alguna cirugía en miembros inferiores
- Presentar alguna lesión previa al estudio
- Sufrir alguna lesión en el transcurso del estudio
- Incumplir con alguna prueba del estudio
- Incumplir con los días de concentración del estudio

### **Eliminación.**

- Sufrir una lesión en el transcurso del estudio
- No asistir a una de las concentraciones
- Incumplir las indicaciones durante la concentración
- No presentarse a las pruebas de control

## **Protocolo general**

La realización de este estudio tuvo una duración de 15 días, separado en tres diferentes etapas, la primera etapa o etapa de control, estuvo conformada por los primeros cinco días donde se realizaron las tomas basales de todas las variables para obtener los valores de interleucina 6 (IL-6), interleucina 10 (IL-10), factor de necrosis tumoral (TNF- $\alpha$ ), Creatin Kinasa (CK), aspartatoaminotransferasa (AST), alaninoaminotransferasa (ALT) y las pruebas de control, variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), termografía infrarroja (TI), escala visual análoga de dolor (EVA), antropometría, densitometría dual de rayos x (DXA) para conocer la composición corporal de los sujetos, así como una prueba de VO<sub>2</sub>Max para determinar la intensidad a la que se les aplicaría el test de fatiga, del día 6 al 8 se concentró a los

sujetos en las instalaciones de la realización del estudio para cumplir con la primera etapa experimental, posteriormente se les dieron cuatro días fuera de la concentración del día 9 al 12 y del día 13 al 15 se citó nuevamente a una concentración para la aplicación de la segunda etapa experimental.

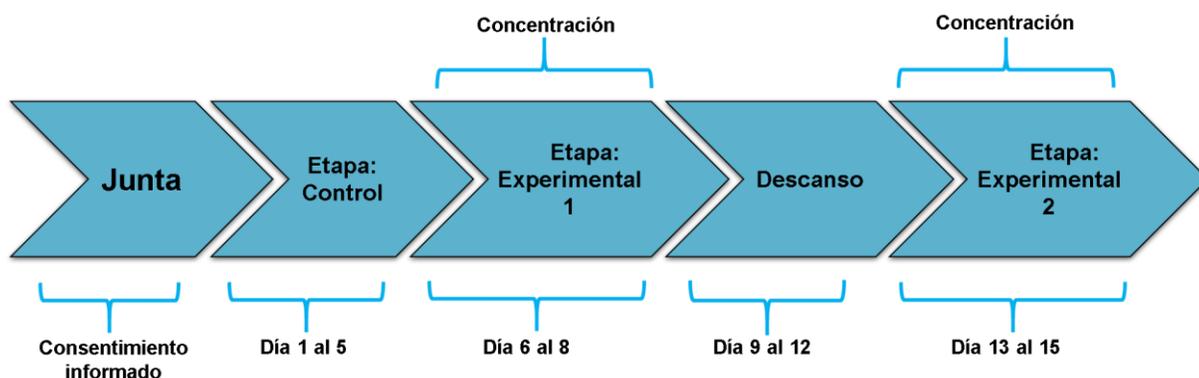


Figura 1. Descripción del protocolo general.

### **Prueba de DXA.**

La medición se realizó con la ayuda de un técnico especializado siguiendo el protocolo estandarizado del equipo Lunar Prodigy Advance enCORE, versión 16, previamente calibrado de acuerdo con las especificaciones del fabricante, se colocó al sujeto en posición supina dentro de los límites marcados en la superficie del equipo, con los pies juntos y las palmas en pronación a los lados del cuerpo. Se le puso una banda en los tobillos para que los pies no se movieran. Se seleccionó la opción del método de cuerpo completo y se inició el escaneo, las mediciones proporcionadas por este estudio fueron de tres compartimentos: masa grasa, masa magra (masa libre de grasa) y densidad mineral ósea (tejido óseo).

### **Antropometría.**

Se realizó una medición antropométrica con el fin de estimar la masa ósea, muscular, adiposa, residual y piel, a través de un fraccionamiento de 5 masas. La medición se llevó a cabo por antropometristas certificados nivel 1 y 2, siguiendo el protocolo establecido por la Sociedad Internacional para el avance de la

Cineantropometría (ISAK) evaluando el perfil completo, el cual consta de 42 mediciones incluyendo pliegues cutáneos, perímetros, longitudes y diámetros del sujeto, por medio del equipo de medición (cajón antropométrico, estadiómetro marca seca mod.220, báscula seca mod.220, cinta antropométrica Lufkin, plicómetro Slimguide, antropómetro RealMet, segmómetro RealMet) con el objetivo de conocer la composición corporal de los sujetos a estudiar.

### **Prueba de esfuerzo.**

Se tomó en reposo el  $VO_2$  durante un minuto. Se comenzó durante 1 minuto a 6 Km/h para estabilizar el  $VO_2$  y FC, posteriormente se aumentó a 8 Km/h con aumentos de 0.5 Km/h cada 30s hasta el agotamiento. 1% de inclinación durante toda la prueba. Se determinaron los umbrales ventilatorios mediante el modelo trifásico de Skinner-McLellan. El  $VO_{2max}$  se determinó mediante la metodología de la Plateau o de meseta. Esta prueba se realizó con un equipo COSMED de turbina como analizador metabólico de intercambio respiratorio modelo quark pft y una banda modelo treadmill 25M NF como ergómetro.

### **Procedimiento experimental**

Se realizaron dos protocolos experimentales. El protocolo experimental tuvo una duración de tres días donde se concentró a los atletas en las instalaciones de la Facultad de Organización Deportiva para la aplicación del protocolo y la monitorización de su recuperación, el objetivo de la concentración de los atletas fue el establecer horarios de alimentación y descanso, así como el control de la realización de actividades físicas para asegurarnos de que todos los atletas estuvieran bajo las mismas circunstancias durante la recuperación.

Durante el primer día se realizaron las tomas de sangre, VFC, termografía infrarroja y las escalas de percepción para obtener los valores basales de los marcadores biológicos, posteriormente realizaron el test de ejercicio intermitente de alta intensidad, al finalizar se tomaron nuevamente muestras de sangre, VFC, Termografía y las escalas de percepción para pasar a la aplicación del método de recuperación correspondiente.

Durante el segundo y tercer día, se controló la realización de actividad física, los sujetos solo realizaron actividades recreativas que no involucraban esfuerzo físico como juegos de mesa, videojuegos, lectura o ver películas, se establecieron horarios de descanso, alimentación e higiene personal y se les tomaron muestras sanguíneas a las 24 y 48 horas posteriores al test de ejercicio para la evaluación de la recuperación en los marcadores biológicos, al finalizar la primera etapa experimental se les dieron cuatro días de descanso a los sujetos fuera de la concentración y se les citó nuevamente a una concentración de tres días para repetir el protocolo para la segunda etapa experimental con otro método de recuperación.

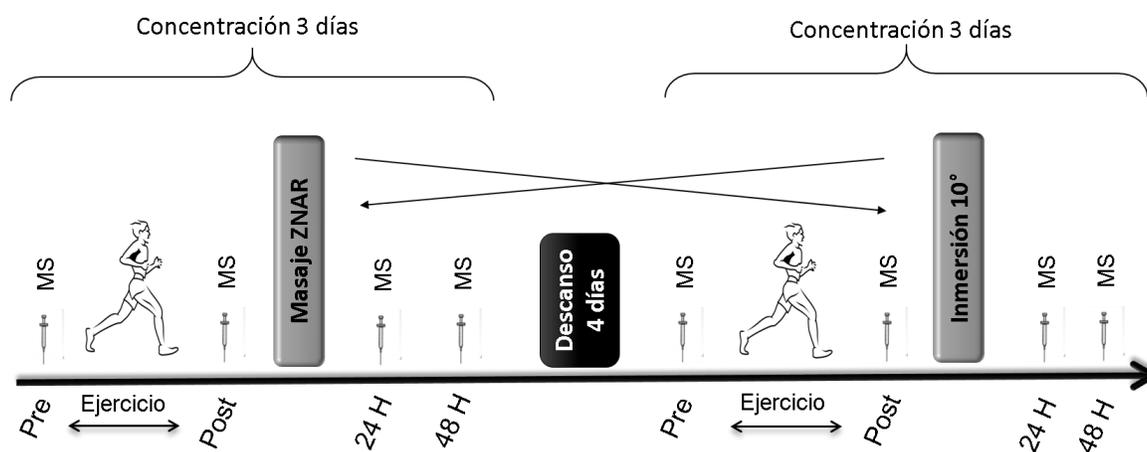


Figura 2. Representación gráfica del protocolo experimental. Pre = Antes del ejercicio. Post = Después del ejercicio. 24H = 24 horas después del ejercicio. 48H = 48 horas después del ejercicio. MS = Muestra sanguínea.  $\longleftrightarrow$  = Cambio de método de recuperación.

### Test de inducción a la fatiga.

Los sujetos realizaron el Loughborough Intermittent Shuttle Test modificado, LIST por sus siglas en inglés, los atletas recorrieron una distancia de 20 metros, tres veces caminando, 1 realizando un sprint a máxima velocidad, 3 trotando, 3 en un sprint al 95% y al final saltaron 3 vallas, esto se repitió durante 15 minutos, todo lo anterior correspondía a un bloque y en total realizaron 5 bloques, descansando 3 minutos entre cada bloque de 15 minutos (Magalhaes et al, 2009).

### **Aplicación del Masaje ZNAR.**

Se utilizó el masaje ZNAR para miembros inferiores, el cual consiste en la aplicación de hielo y la combinación de técnicas de masaje, aplicado de manera vigorosa por dos personas a manera de espejo, el protocolo específico de aplicación se describe en la Tabla 1.

### ***Materiales para la aplicación del masaje ZNAR.***

- Camilla para masaje (plegable) a la altura adecuada de los aplicadores
- Aceite
- 2 bolsas de plástico
- Hielo molido o en trozos pequeños para no lastimar al sujeto (800 g)
- Soportes para empeine (cojín)

### ***Duración del masaje ZNAR.***

El masaje ZNAR tuvo un tiempo total de aplicación de 15 minutos para ambas piernas, de los cuales 5 minutos fueron 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 fueron para el masaje en ambas piernas (5 minutos por la parte anterior y 5 minutos por la parte posterior).

### ***Características del masaje ZNAR.***

- Todas las técnicas se aplicaron de manera enérgica y rítmica
- Fue aplicado por 2 personas (1 para cada pierna)
- Los aplicadores deben estar perfectamente coordinados para la aplicación de las técnicas generando un efecto espejo.

### ***Recomendaciones para la aplicación del masaje ZNAR.***

- Los aplicadores deben estar perfectamente coordinados en la aplicación de las técnicas, el ritmo, frecuencia y presión de cada una de ellas, tener una capacitación previa sobre el masaje y su aplicación,

así como tener una buena condición física para mantener las frecuencias de las diferentes técnicas.

- Los aplicadores deben tener una altura similar para adecuar la camilla a una altura donde puedan mantener una postura adecuada al aplicar el masaje.
- La persona a la que se le aplicó el masaje debía tener ropa adecuada para recibir el masaje.
- Se le debe explicar al sujeto el proceso del masaje previo a recibirlo para que sepa que hacer al recibir las indicaciones de cambios de postura por el aplicador.
- Si la persona tiene mucho vello, se puede rebajar el mismo o utilizar abundante aceite para evitar lesiones en la piel.

#### ***Contraindicaciones del masaje ZNAR.***

- Personas alérgicas al hielo
- Piel sensible
- Afecciones de la piel (urticaria, acné)
- Heridas abiertas
- Varices tortuosas

#### **Inmersión parcial en agua fría (CWI).**

Se realizó una inmersión parcial en agua fría a una temperatura de 10° por un tiempo de 10 minutos, para esto se colocó hielo y agua en una tina de metal para hidroterapia buscando una temperatura de 10°, se introdujo al atleta en la tina con el agua a la altura de la cresta iliaca por un tiempo de 10 minutos, se midió la temperatura con un termómetro para estar introduciendo hielo a la tina y mantener la temperatura constante del agua. El sujeto entraba en la tina con short o licra, al finalizar se secó completamente al sujeto y se le pidió cambiar la ropa mojada por seca. La inmersión se realizó en un laboratorio a temperatura ambiente.

### ***Materiales para la aplicación.***

- Tina de metal para hidroterapia de cuerpo completo (H-15S whitehall)
- Agua
- Hielo en trozos pequeños

### ***Recomendaciones para el sujeto.***

- Utilizar traje de baño, licra o short
  - El sujeto puede utilizar calcetines y guantes
- Utilizar toalla y sandalias

### **Determinación de los marcadores biológicos.**

#### ***Toma de muestras.***

Se realizaron tomas de sangre venosa, se determinó el área adecuada para la punción en el brazo, en la zona ante cubital, se escogió la vena por palpación, se desinfectó con alcohol al 70° y se dejó secar, se colocó el compresor venoso y se le solicitó al sujeto cerrar su puño, se situó la aguja con el bisel hacia arriba en el área desinfectada para realizar la punción de forma suave paralelo a la vena en un ángulo inclinado para extraer la sangre en un tubo de EDTA (BD Vacutainer® K2 EDTA 10.8mg REF 367863 de 6ml), se retiró el compresor venoso antes de retirar la aguja, se retiró la aguja y al mismo tiempo se hizo presión en la zona de la punción con un algodón, se le colocó un parche y se le solicitó al sujeto mantener el brazo en flexión por cinco minutos, para impedir que continúe el flujo de sangre.

Los marcadores de daño muscular se analizaron a través de espectrofotometría de absorbancia con el fotómetro Cobas C111 y las citocinas de proceso inflamatorio por el método de ELISA a través del BIO-RAD.

#### ***Creatin Kinasa.***

##### Procedimiento

1. Preparar el equipo (Cobas C111) para el encendido, revisar conexión de los contenedores externos. Encender el equipo, ingresar usuario, contraseña y esperar que termine la iniciación del equipo hasta que pase a modo standby.

2. Rellenar contenedor con agua desionizada, vaciar el contenedor de deshechos, corroborar el cleaner, rellenar cubetas para mezcla y actualizar todo en el sistema.
3. Realizar el mantenimiento diario del equipo, insertando copa con etcher y activador en área de muestras.
4. Insertar disco de reactivos, escanear e insertar viales correspondientes al reactivo (CKL 05401593).
5. Calibrar el reactivo, insertando copa con CFAS universal en área de muestras al terminar la calibración revisar valor en insertos del equipo, validar resultados de la calibración.
6. Realizar los controles del reactivo, insertando copa con Presi control 1 y Presi control 2 en área de muestras, al terminar revisar los valores en los insertos, validar resultados.
7. Programar orden de muestra, introducir los datos de la muestra y seleccionar reactivo.
8. Colocar las muestras correspondientes en una copa en el área de muestras.
9. Iniciar el análisis de muestra y al finalizar validar los resultados.

### ***Alanino aminotransferasa.***

#### Procedimiento

1. Preparar el equipo (Cobas C111) para el encendido, revisar conexión de los contenedores externos. Encender el equipo, ingresar usuario, contraseña y esperar que termine la iniciación del equipo hasta que pase a modo standby.
2. Rellenar contenedor con agua desionizada, vaciar el contenedor de deshechos, corroborar el cleaner, rellenar cubetas para mezcla y actualizar todo en el sistema.
3. Realizar el mantenimiento diario del equipo, insertando copa con etcher y activador en área de muestras.
4. Insertar disco de reactivos, escanear e insertar viales correspondientes al reactivo (ALTL 04718569).

5. Calibrar el reactivo, insertando copa con CFAS universal en área de muestras al terminar la calibración revisar valor en insertos del equipo, validar resultados de la calibración.
6. Realizar los controles del reactivo, insertando copa con Presi control 1 y Presi control 2 en área de muestras, al terminar revisar los valores en los insertos, validar resultados.
7. Programar orden de muestra, introducir los datos de la muestra y seleccionar reactivo.
8. Colocar las muestras correspondientes en una copa en el área de muestras.
9. Iniciar el análisis de muestra y al finalizar validar los resultados.

### ***Aspartato aminotransferasa.***

#### Procedimiento

1. Preparar el equipo (Cobas C111) para el encendido, revisar conexión de los contenedores externos. Encender el equipo, ingresar usuario, contraseña y esperar que termine la iniciación del equipo hasta que pase a modo standby.
2. Rellenar contenedor con agua desionizada, vaciar el contenedor de deshechos, corroborar el cleaner, rellenar cubetas para mezcla y actualizar todo en el sistema.
3. Realizar el mantenimiento diario del equipo, insertando copa con etcher y activador en área de muestras.
4. Insertar disco de reactivos, escanear e insertar viales correspondientes al reactivo (ASTL 04657543).
5. Calibrar el reactivo, insertando copa con CFAS universal en área de muestras al terminar la calibración revisar valor en insertos del equipo, validar resultados de la calibración.
6. Realizar los controles del reactivo, insertando copa con Presi control 1 y Presi control 2 en área de muestras, al terminar revisar los valores en los insertos, validar resultados.
7. Programar orden de muestra, introducir los datos de la muestra y seleccionar reactivo.

8. Colocar las muestras correspondientes en una copa en el área de muestras.
9. Iniciar el análisis de muestra y al finalizar validar los resultados.

### ***Interleucina 6 (IL-6).***

#### Preparación de reactivo

- Buffer de cubierta (1x). Hacer 1:10 dilución de PBS (10X) en agua destilada.
- Anticuerpo de captura. Diluir el anticuerpo de captura (250X) 1:25 en buffer de cubierta (10X).
- 5X ELISA/ELISASPOT Diluyente. Diluir el diluyente concentrado (5X) 1:5 en agua destilada.
- ESTANDAR. Reconstituir el human IL-6 estándar por adición de agua destilada. El volumen de reconstitución se inicia en la etiqueta del vial. Permitir que el estándar se reconstituya por 10-30 minutos. Mezclarlo suavemente para asegurar una solución completa y homogénea. (concentración del estándar reconstituido = 200 pg/ml). Mezclar bien al hacer la disolución, el estándar tiene que ser utilizado inmediatamente después de hacer la reconstitución y no se puede almacenar.
- Anticuerpo de detección. Diluir el anticuerpo de detección (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).
- Diluir en concentrado HRP (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).

#### Procedimiento

1. Cubrir cada pozo de la placa Coat Corning™ Costar™ 9018 ELISA placa con 100 µl de anticuerpo de captura en buffer de cubierta (diluido como se describe en el punto 1 de la preparación de reactivos). Sellar y dejar incubar la placa durante toda la noche a 4°C.
2. Aspirar y lavar bien cada pozo 3 veces con >250 µl del buffer de lavado.

3. Dejar remojar cada pozo por 1 minuto entre cada lavado, esto incrementa el efecto de lavado, secar la placa con papel absorbente para quitar los residuos del buffer de lavado.
4. Bloquear cada pozo con 200  $\mu$ l del diluyente ELISA/ELISASPOT (1X)  
Incubar por 1 hora a temperatura ambiente.
5. Preparar el estándar.
6. (opcional) aspirar y lavar al menos una vez con el buffer de lavado.
7. Realizar 2 disoluciones seriadas del top estándar para hacer la curva del estándar para un total de 8 puntos. Para esto añade 100  $\mu$ l del diluyente de ELISA/ELISASPOT (1X) dejando los primeros pozos vacíos. Añade 200  $\mu$ l /pozo del top estándar al primer pozo vacío A1/A2. Transferir 100  $\mu$ l del top estándar del pozo A1/A2 al pozo B1/B2. Mezcla el contenido del pozo B1 el B2 para repetir aspiración y ejecución y transfiere 100  $\mu$ l a los pozos C1/C2. Tener cuidado de no rasgar la superficie de los pozos. continuar con este proceso 5 veces. Añade 100  $\mu$ l por pozo de muestra a los pozos apropiados. Añade 100  $\mu$ l del diluyente ELISA /ELISASPOT (1X) a los pozos en blanco. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 2 horas (o toda la noche a 4°C para mayor sensibilidad).
8. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
9. Añade 100  $\mu$ l del anticuerpo de detección diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 1 hora.
10. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
11. Añade 100  $\mu$ l del Avidin-HRP diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 30 minutos.
12. Aspirar y lavar como en el paso 2. asegurándose de dejar remojar cada pozo de 1 a 2 minutos. Repetir para un total de 5 a 7 lavados.
13. Añade 100  $\mu$ l de solución TMB 1X a cada pozo. Incubar a temperatura ambiente por 15 minutos.
14. Añadir 50  $\mu$ l de solución de paro a cada pozo. Leer la placa a 450 nm.

### ***Interleucina 10 (IL-10).***

#### Preparación de reactivo

- Buffer de cubierta (1x). Hacer 1:10 dilución de PBS (10X) en agua destilada.
- Anticuerpo de captura. Diluir el anticuerpo de captura (250X) 1:25 en buffer de cubierta (10X).
- 5X ELISA/ELISASPOT Diluyente. Diluir el diluyente concentrado (5X) 1:5 en agua destilada.
- ESTANDAR. Reconstituir el human IL-10 estándar por adición de agua destilada. El volumen de reconstitución se inicia en la etiqueta del vial. Permitir que el estándar se reconstituya por 10-30 minutos. Mezclarlo suavemente para asegurar una solución completa y homogénea. (concentración del estándar reconstituido = 200 pg/ml). Mezclar bien al hacer la disolución, el estándar tiene que ser utilizado inmediatamente después de hacer la reconstitución y no se puede almacenar.
- Anticuerpo de detección. Diluir el anticuerpo de detección (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).
- Diluir en concentrado HRP (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).

#### Procedimiento

1. Cubrir cada pozo de la placa Coat Corning™ Costar™ 9018 ELISA placa con 100 µl de anticuerpo de captura en buffer de cubierta (diluido como se describe en el punto 1 de la preparación de reactivos). Sellar y dejar incubar la placa durante toda la noche a 4°C.
2. Aspirar y lavar bien cada pozo 3 veces con >250 µl del buffer de lavado.
3. Dejar remojar cada pozo por 1 minuto entre cada lavado, esto incrementa el efecto de lavado, secar la placa con papel absorbente para quitar los residuos del buffer de lavado.
4. Bloquear cada pozo con 200 µl del diluyente ELISA/ELISASPOT (1X) Incubar por 1 hora a temperatura ambiente.

5. Preparar el estándar.
6. (opcional) aspirar y lavar al menos una vez con el buffer de lavado.
7. Realizar 2 disoluciones seriadas del top estándar para hacer la curva del estándar para un total de 8 puntos. Para esto añade 100 µl del diluyente de ELISA/ELISASPOT (1X) dejando los primeros pozos vacíos. Añade 200 µl /pozo del top estándar al primer pozo vacío A1/A2. Transferir 100 µl del top estándar del pozo A1/A2 al pozo B1/B2. Mezcla el contenido del pozo B1 el B2 para repetir aspiración y ejecución y transfiere 100 µl a los pozos C1/C2. Tener cuidado de no rasgar la superficie de los pozos. continuar con este proceso 5 veces. Añade 100 µl por pozo de muestra a los pozos apropiados. Añade 100 µl del diluyente ELISA /ELISASPOT (1X) a los pozos en blanco. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 2 horas (o toda la noche a 4°C para mayor sensibilidad).
8. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
9. Añade 100 µl del anticuerpo de detección diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 1 hora.
10. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
11. Añade 100 µl del Avidin-HRP diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 30 minutos.
12. Aspirar y lavar como en el paso 2. asegurándose de dejar remojar cada pozo de 1 a 2 minutos. Repetir para un total de 5 a 7 lavados.
13. Añade 100 µl de solución TMB 1X a cada pozo. Incubar a temperatura ambiente por 15 minutos.
14. Añadir 50 µl de solución de paro a cada pozo. Leer la placa a 450 nm.

### ***Factor de Necrosis tumoral Alpha (TNF- $\alpha$ ).***

#### Preparación de reactivo

- Buffer de cubierta (1x). Hacer 1:10 dilución de PBS (10X) en agua destilada.
- Anticuerpo de captura. Diluir el anticuerpo de captura (250X) 1:25 en buffer de cubierta (10X).
- 5X ELISA/ELISASPOT Diluyente. Diluir el diluyente concentrado (5X) 1:5 en agua destilada.
- ESTANDAR. Reconstituir el human TNF-  $\alpha$  estándar por adición de agua destilada. El volumen de reconstitución se inicia en la etiqueta del vial. Permitir que el estándar se reconstituya por 10-30 minutos. Mezclarlo suavemente para asegurar una solución completa y homogénea. (concentración del estándar reconstituido = 200 pg/ml). Mezclar bien al hacer la disolución, el estándar tiene que ser utilizado inmediatamente después de hacer la reconstitución y no se puede almacenar.
- Anticuerpo de detección. Diluir el anticuerpo de detección (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).
- Diluir en concentrado HRP (250X) 1:250 en el diluyente ELISA/ELISASPOT (1X).

#### Procedimiento

1. Cubrir cada pozo de la placa Coat Corning™ Costar™ 9018 ELISA placa con 100  $\mu$ l de anticuerpo de captura en buffer de cubierta (diluido como se describe en el punto 1 de la preparación de reactivos). Sellar y dejar incubar la placa durante toda la noche a 4°C.
2. Aspirar y lavar bien cada pozo 3 veces con >250  $\mu$ l del buffer de lavado.
3. Dejar remojar cada pozo por 1 minuto entre cada lavado, esto incrementa el efecto de lavado, secar la placa con papel absorbente para quitar los residuos del buffer de lavado.
4. Bloquear cada pozo con 200  $\mu$ l del diluyente ELISA/ELISASPOT (1X) Incubar por 1 hora a temperatura ambiente.

5. Preparar el estándar.
6. (opcional) aspirar y lavar al menos una vez con el buffer de lavado.
7. Realizar 2 disoluciones seriadas del top estándar para hacer la curva del estándar para un total de 8 puntos. Para esto añade 100 µl del diluyente de ELISA/ELISASPOT (1X) dejando los primeros pozos vacíos. Añade 200 µl /pozo del top estándar al primer pozo vacío A1/A2. Transferir 100 µl del top estándar del pozo A1/A2 al pozo B1/B2. Mezcla el contenido del pozo B1 el B2 para repetir aspiración y ejecución y transfiere 100 µl a los pozos C1/C2. Tener cuidado de no rasgar la superficie de los pozos. continuar con este proceso 5 veces. Añade 100 µl por pozo de muestra a los pozos apropiados. Añade 100 µl del diluyente ELISA /ELISASPOT (1X) a los pozos en blanco. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 2 horas (o toda la noche a 4°C para mayor sensibilidad).
8. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
9. Añade 100 µl del anticuerpo de detección diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 1 hora.
10. Aspirar y lavar como en el paso 2. Repetir para un total de 3 a 5 lavados.
11. Añade 100 µl del Avidin-HRP diluido a cada pozo. Cubrir la placa e incubar a temperatura ambiente por 30 minutos.
12. Aspirar y lavar como en el paso 2. asegurándose de dejar remojar cada pozo de 1 a 2 minutos. Repetir para un total de 5 a 7 lavados.
13. Añade 100 µl de solución TMB 1X a cada pozo. Incubar a temperatura ambiente por 15 minutos.
14. Añadir 50 µl de solución de paro a cada pozo. Leer la placa a 450 nm.

### **Procesamiento de los datos**

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.

Se realizó un análisis de porcentaje de cambio por tomas, para esto se obtuvo el porcentaje de cambio entre tomas con respecto a la basal.

## Resultados

Los resultados de este estudio son presentados siguiendo el orden de los objetivos específicos planteados para lo cual se reportan las siguientes secciones: (a) características descriptivas de la muestra, (b) comportamiento de las citocinas de proceso inflamatorio, (c) comportamiento de los marcadores biológicos de daño muscular y (d) comportamiento de las variables de control.

### a) Características descriptivas de la muestra

Para este estudio se consideraron 27 sujetos hombres de entre 18 y 25 años, de los cuales se eliminaron ocho, cuatro no completaron la segunda concentración del estudio debido a compromisos deportivos, dos de ellos se enfermaron durante el periodo de las pruebas de control y dos más sufrieron de una lesión muscular durante el proceso del estudio.

Solo 19 sujetos completaron las dos concentraciones del estudio y realizaron todas las pruebas solicitadas satisfactoriamente, por lo que al finalizar el estudio nuestra muestra quedo dividida en dos grupos, un grupo experimental con 10 sujetos los cuales fueron sometidos a dos protocolos diferentes de recuperación y un grupo control con nueve sujetos. Como parte de las variables de control se evaluaron las características antropométricas y de rendimiento de los atletas participantes, en la tabla 2 se muestran los valores obtenidos, mostrando que ambos grupos son homogéneos.

**Tabla 2**

#### *Características Físicas de la Muestra por Grupo*

Variable	Control Media $\pm$ DE	Experimental Media $\pm$ DE
Edad (años)	21.44 $\pm$ 2.07	21.57 $\pm$ 2.34
Peso (kg)	77.38 $\pm$ 6.44	82.40 $\pm$ 8.07
Estatuta (cm)	185 $\pm$ 10.71	186 $\pm$ 6.11
M. Adiposa (%)	25.48 $\pm$ 2.50	24.54 $\pm$ 3.88
M. Muscular (%)	37.22 $\pm$ 3.68	40.38 $\pm$ 3.81
VO <sub>2</sub> max (mil/kg/min)	48.52 $\pm$ 6.18	48.94 $\pm$ 2.29

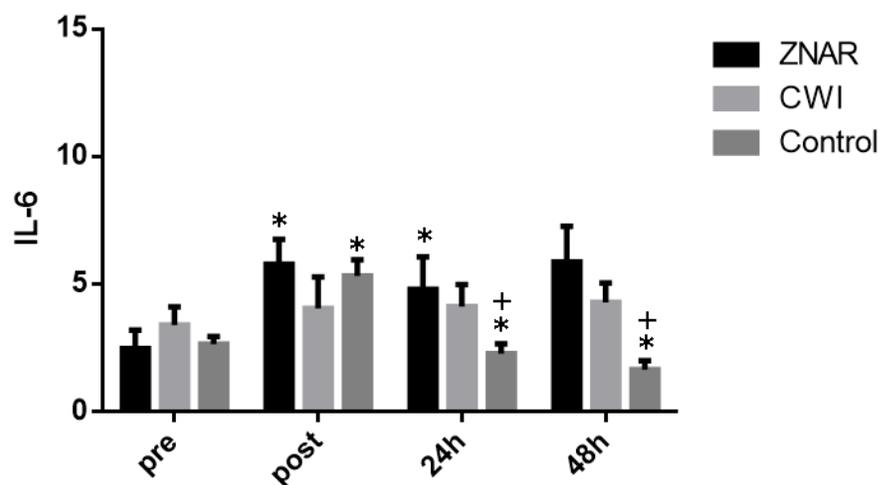
*Nota.* Los datos son presentados en media  $\pm$  desviación estándar.

## b) Citocinas del proceso inflamatorio

### Comportamiento de la interleucina 6 (IL-6).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico del proceso inflamatorio se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 3 muestra los resultados del marcador biológico de la interleucina 6 (IL-6) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.



*Figura 3.* Comportamiento de la IL-6 por grupos  
ZNAR = masaje; 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

La figura 3 en el grupo experimental ZNAR presentó en el comportamiento de la IL-6 una media de  $2.48 \pm 0.71$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) mostró valores de  $5.77 \pm 0.97$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $4.79 \pm 1.27$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $5.86 \pm 1.39$ , los valores de la IL-6 se elevaron posterior a la actividad física, descendieron a las 24 horas y aumentaron nuevamente a las 48 horas, se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma pre vs la toma post y la toma de recuperación 24h.

En la figura 3 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la IL-6 presentó una media de  $3.40 \pm 0.71$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) valores de  $4.05 \pm 1.22$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $4.12 \pm 0.85$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $4.28 \pm 0.76$ , los valores de la IL-6 se elevaron posterior a la actividad física, presentaron un ligero descenso a las 24 horas y un ligero aumento a las 48 horas, en este grupo no se encontraron diferencias significativas entre sus tomas.

La figura 3 en el grupo control presentó en el comportamiento de la IL-6 una media de  $2.65 \pm 0.30$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $5.32 \pm 0.62$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $2.28 \pm 0.37$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $1.65 \pm 0.35$ , los valores de la IL-6 se elevaron posterior al ejercicio y descendieron a las 24 y 48 horas, se encontraron diferencias significativas de  $p < .05$  en este grupo en las tomas post ,24h y 48h con respecto a la toma pre, así como en las tomas de recuperación de las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

La figura 4 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

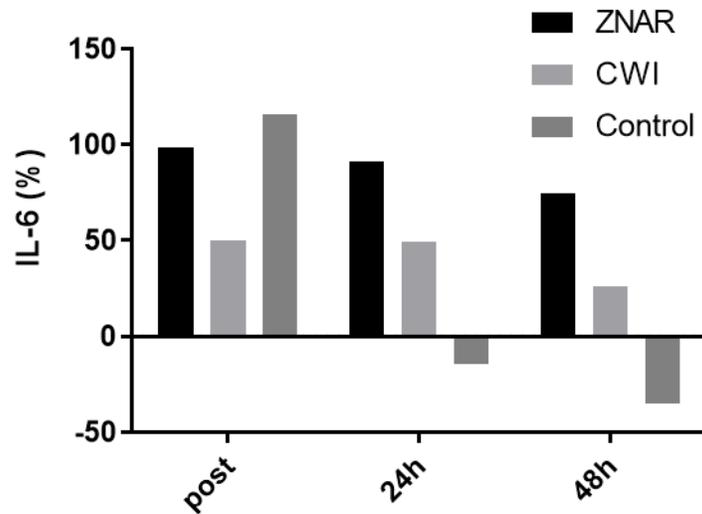


Figura 4. Porcentaje de cambio de la IL-6 por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin  
 tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h =  
 recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 4 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 3.0 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 98.87 %, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 91.24 % y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 74.38 %.

La figura 4 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 3.0 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el cambio fue de 49.73 %, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de 49.27 % y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 26.38%.

En porcentaje de cambio la figura 4 en el grupo control presentó una media de 2.57 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) un cambio de 116.28 %, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el cambio fue de -14.55 % y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de -34.90 %.

## Comportamiento de la interleucina 10 (IL-10).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico del proceso inflamatorio se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 5 muestra los resultados del marcador biológico de la interleucina-10 (IL-10) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

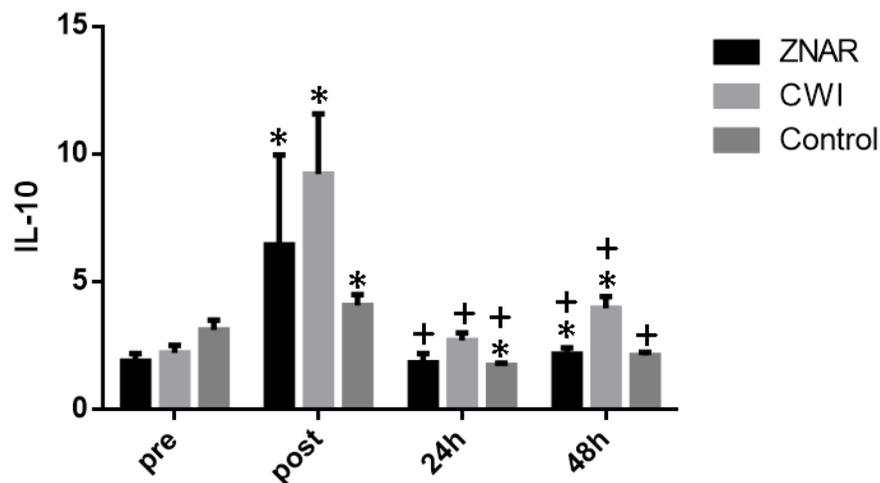


Figura 5. Comportamiento de la IL-10 por grupos

ZNAR = masaje; 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

La figura 5 en el grupo experimental ZNAR mostró en el comportamiento de la IL-10 una media de  $1.89 \pm 0.30$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $6.44 \pm 3.52$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $1.82 \pm 0.36$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $2.16 \pm 0.25$ , los valores de la IL-10 se elevaron posterior a la actividad física, descendieron a las 24 horas y aumentaron nuevamente

a las 48 horas, se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma post y 48 horas con respecto a la toma pre y en la toma de las 24 y 48 horas con respecto a post.

En la figura 5 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la IL-10 presentó una media de  $2.21 \pm 0.30$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $9.21 \pm 2.35$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $2.71 \pm 0.28$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $3.96 \pm 0.45$ , los valores de la IL-10 se elevaron posterior a la actividad física, presentaron un descenso a las 24 horas y un ligero aumento a las 48 horas, se encontró diferencia significativa de  $p < .05$  en la toma post y 48 horas con respecto a la toma pre, y a las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

En la figura 5 en el grupo control el comportamiento de la IL-10 presentó una media de  $3.11 \pm 0.39$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $4.07 \pm 0.41$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $1.73 \pm 0.09$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $2.11 \pm 0.132$ , los valores de la IL-10 se elevaron posterior al ejercicio y descendieron a las 24 y 48 horas, se encontraron diferencias significativas de  $p < .05$  en las tomas post y 24 horas con respecto a la toma pre y en la toma de las 48 horas con respecto a la toma post.

La figura 6 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

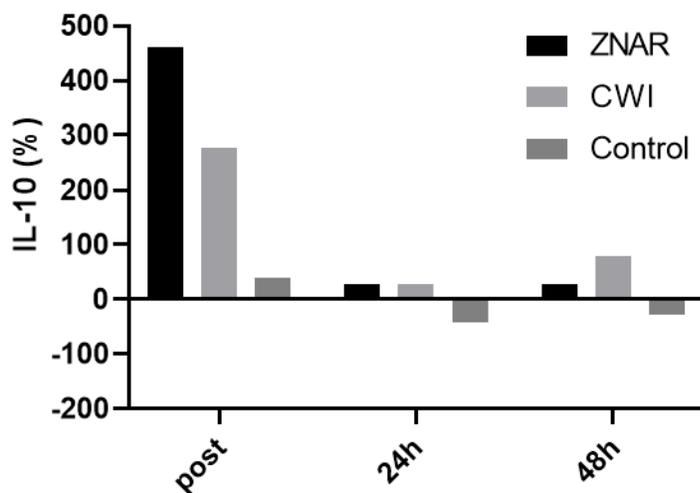


Figura 6. Porcentaje de cambio de la IL-10 por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.

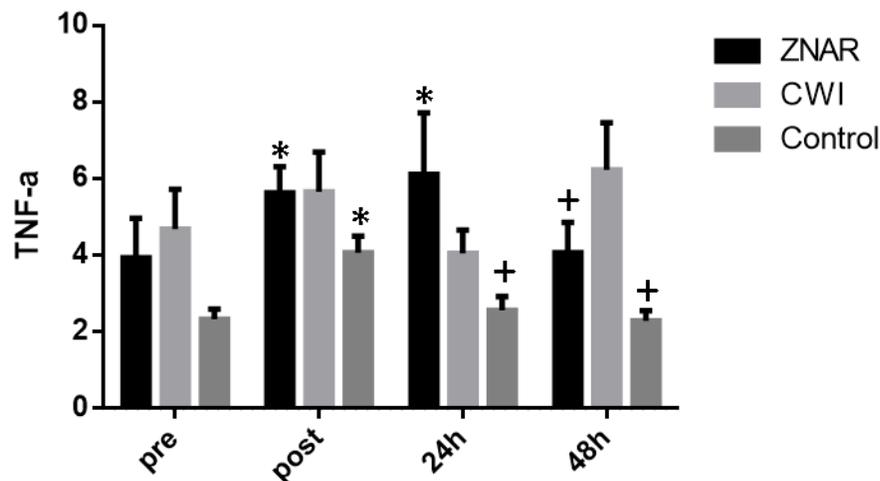
En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 6 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 2 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 460.91 %, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 26.51 % y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 27.91 %.

La figura 6 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 2 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) cambio fue de 277.16 %, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de 28.23 % y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 78.11%.

En porcentaje de cambio la figura 6 en el grupo control presentó una media de 2.96 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) un cambio de 39.48%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el cambio fue de -41.76% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de -27.97%.

## Comportamiento del factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- $\alpha$ ).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico del proceso inflamatorio se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda, dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.



*Figura 7.* Comportamiento de la TNF-  $\alpha$  por grupos  
ZNAR = masaje; 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

La figura 7 muestra los resultados del marcador biológico del factor de necrosis tumoral Alpha (TNF- $\alpha$ ) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

En la figura 7 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento de la TNF- $\alpha$  presentó una media de  $3.92 \pm 1.03$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $5.62 \pm 0.68$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $6.11 \pm 1.60$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $4.05 \pm 0.79$ , los valores de la TNF- $\alpha$  se elevaron posterior a la actividad física y hasta 24 horas de recuperación,

posteriormente descendieron a las 48 horas, se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma post y 24 horas con respecto a la toma pre y en la toma de las 48 horas con respecto a la toma post.

En la figura 7 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la TNF- $\alpha$  presentó una media de  $4.68 \pm 1.03$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $5.65 \pm 1.04$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) presentó valores de  $4.04 \pm 0.60$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $6.23 \pm 1.21$ , los valores de la TNF- $\alpha$  se elevaron posterior a la actividad física, presentaron un descenso a las 24 horas y un ligero aumento a las 48 horas, en este grupo no se encontraron diferencias significativas entre sus tomas.

En la figura 7 en el grupo control el comportamiento de la TNF- $\alpha$  presentó una media de  $2.33 \pm 0.26$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $4.06 \pm 0.43$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $2.56 \pm 0.36$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $2.28 \pm 0.27$ , los valores de la TNF- $\alpha$  se elevaron posterior al ejercicio y descendieron a las 24 y 48 horas, se encontraron diferencias significativas de  $p < .05$  en este grupo en la toma post con respecto a la toma pre y en las tomas de las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

La figura 8 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

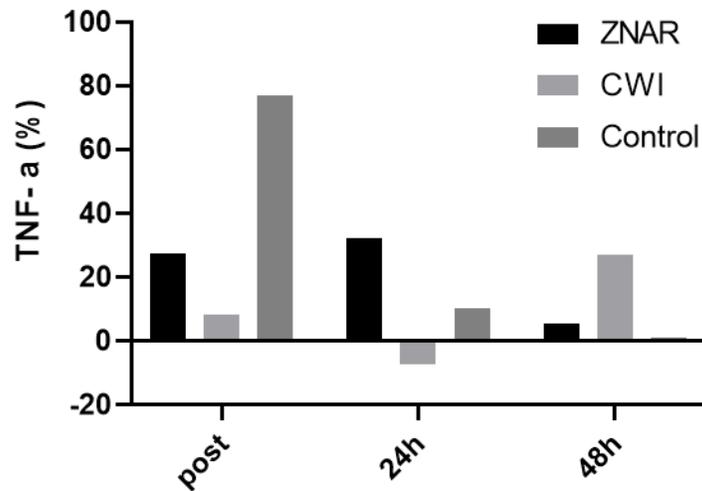


Figura 8. Porcentaje de cambio de la TNF- $\alpha$  por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 8 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 4.18 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 27.37%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 32.04% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 5.56%.

La figura 8 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 4.18 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el cambio fue de 8.42%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de -7.42% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 26.92%.

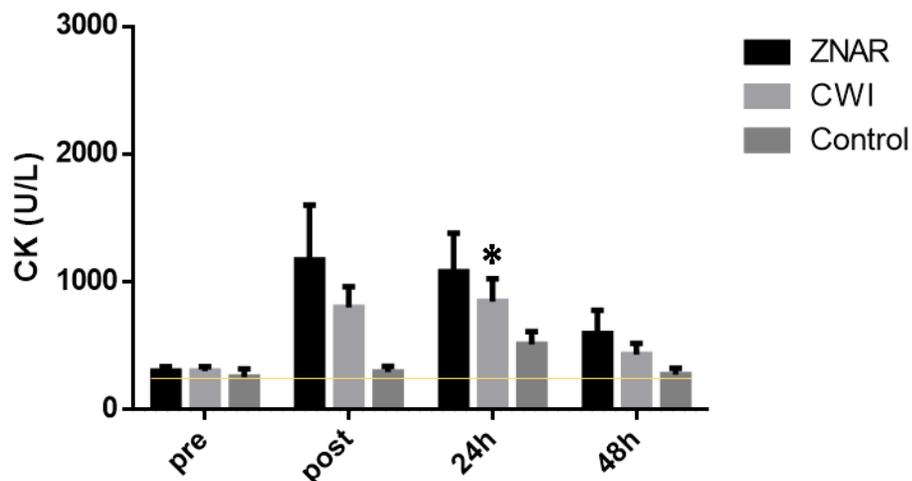
En porcentaje de cambio la figura 8 en el grupo control presentó una media de 2.24 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) mostró un cambio de 76.93%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el cambio fue de 10.30% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de -0.64%.

### c) Marcadores de daño muscular

#### Comportamiento de la Creatin Kinasa (CK).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico de daño muscular se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 9 muestra los resultados del marcador biológico de la CK presentados en las diferentes tomas y su comportamiento en los tres grupos del estudio a través de las medias, la línea representa el valor de referencia.



*Figura 9.* Comportamiento de la CK por grupos  
ZNAR = masaje; 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

En la figura 9 en el grupo experimental ZNAR la CK presentó una media de  $302.038 \pm 34.14$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta

intensidad (post) valores de  $1171.44 \pm 429.06$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $1079.77 \pm 301.71$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $597.46 \pm 182.39$ , estos valores muestran un aumento después de la actividad física en la toma post y disminuyen en la toma de las 24 y 48 horas, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en este grupo.

La figura 9 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la CK presentó una media de  $302.038 \pm 34.14$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) valores de  $802.310 \pm 159.04$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $847.080 \pm 177.67$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $430.310 \pm 88.16$ , los valores se elevan posterior a la actividad física y se mantienen elevados hasta las 24 horas mostrando una diferencia significativa  $p < .05$  en la toma 24h vs la pre, los valores descienden hasta las 48 horas.

La figura 9 en el grupo control el comportamiento de la CK presentó una media de  $252.76 \pm 66.25$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) valores de  $294.32 \pm 45.59$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $511.06 \pm 100.12$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $273.98 \pm 50.48$ , los valores aumentaron después de la actividad física y se mantuvieron elevados hasta las 24 horas, disminuyendo hasta las 48 horas, no se encontraron diferencias significativas en este grupo.

La figura 10 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

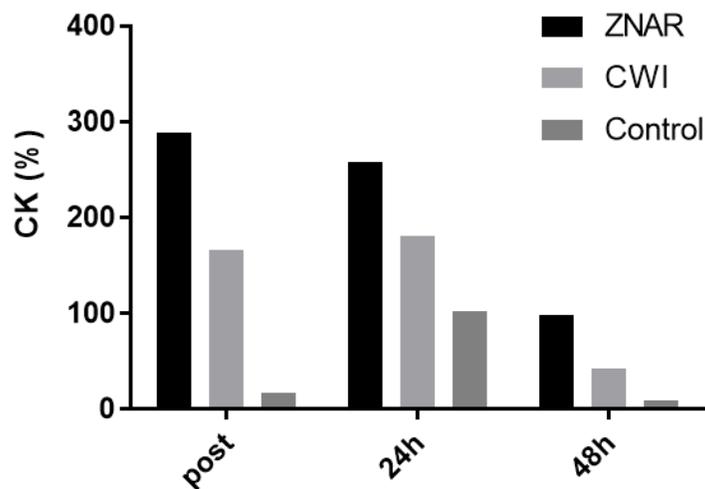


Figura 10. Porcentaje de cambio de la CK por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin  
 tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h =  
 recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 10 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 302 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 287.84%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 257.49% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 97.80%.

La figura 10 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 302 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) cambio fue de 165.63%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de 180.45% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 42.46%.

En porcentaje de cambio en la figura 10 para el grupo control presentó una media de 252.76 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) un cambio de 16.442%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el cambio fue de 102.18% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 8.38%.

## Comportamiento de la alanino aminotransferasa (ALT).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico de daño muscular se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 11 muestra los resultados del marcador biológico de la ALT presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente, la línea representa los valores de referencia.

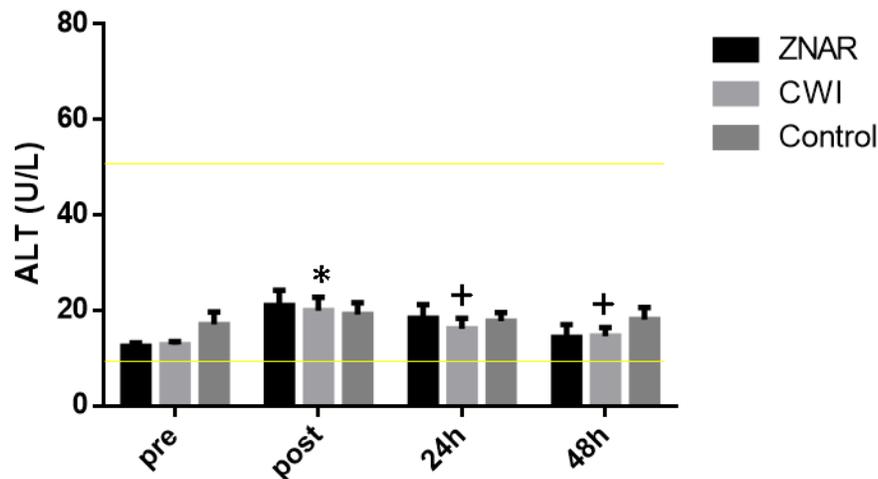


Figura 11. Comportamiento de la ALT por grupos

ZNAR = masaje; 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; + =  $p < .05$  vs post

La figura 11 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento de la ALT presentó una media de  $12.44 \pm 0.70$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la

actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $21.02 \pm 3.18$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $18.40 \pm 2.85$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $14.30 \pm 2.70$ , los valores se elevaron posterior a la actividad física y descendieron a las 24 y 48 horas, no se encontraron diferencias significativas en este grupo.

En la figura 11 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la ALT presentó una media de  $12.75 \pm 0.70$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $19.97 \pm 2.79$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $16.10 \pm 2.25$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $14.58 \pm 1.79$ , los valores se elevaron posterior a la actividad física y descendieron a las 24 y 48 horas, dando como resultado una diferencia significativa  $p < .05$  en la toma post con respecto a la toma de pre y en la tomas de recuperación de las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

En la figura 11 en el grupo control el comportamiento de la ALT presentó una media de  $17 \pm 2.70$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) mostró valores de  $19.16 \pm 2.45$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $17.77 \pm 1.78$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $18.08 \pm 2.52$ , los valores se elevaron posterior al ejercicio y descendieron a las 24 y 48 horas, no se encontraron diferencias significativas en este grupo.

La figura 12 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

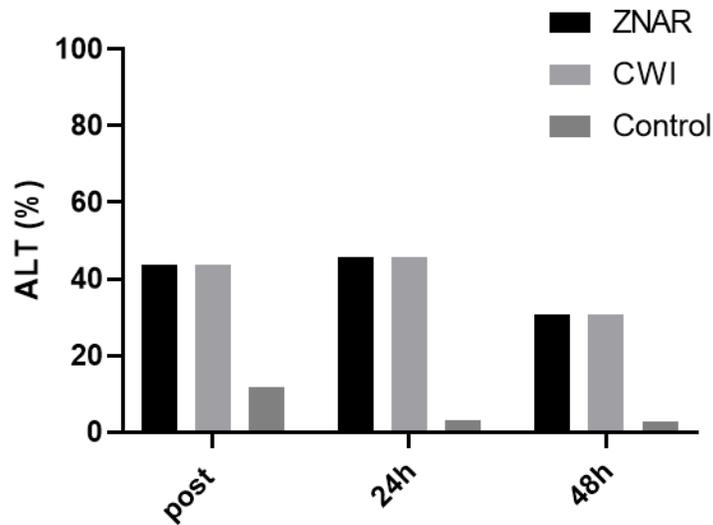


Figura 12. Porcentaje de cambio de la ALT por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin  
 tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h =  
 recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 12 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 12.21U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 61.14%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 45.58% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 30.76%.

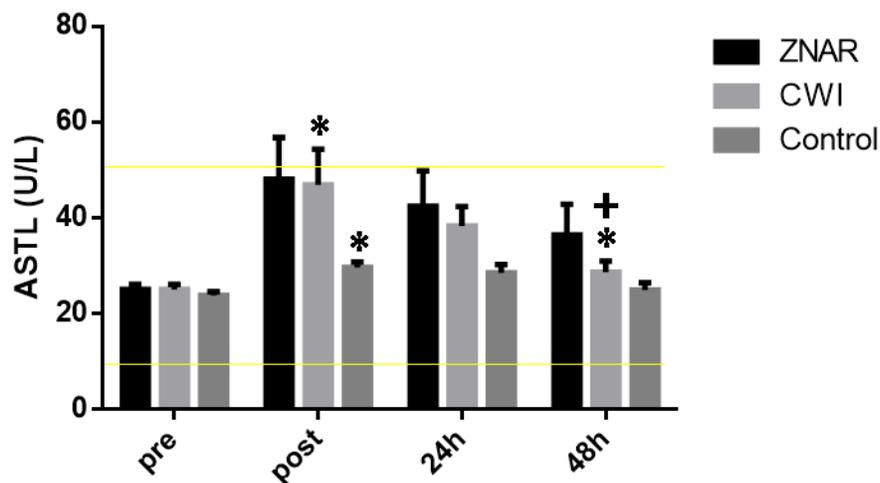
La figura 12 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 12.21 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) cambio fue de 84.64%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de 23.72% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 28.96%.

En porcentaje de cambio en la figura 12 para el grupo control presentó una media de 16.68 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) un cambio de 11.71%.

## Comportamiento del aspartato aminotransferasa (AST).

Para evaluar el comportamiento de este marcador biológico de daño muscular se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 13 muestra los resultados del marcador biológico de la ASTL presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente, las líneas representan los valores de referencia.



*Figura 13.* Comportamiento de la ASTL por grupos  
ZNAR = masaje; 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; + =  $p < .05$  vs post

En la figura 13 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento de la ASTL presentó una media de  $25 \pm 1.10$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) valores de  $48.12 \pm 8.66$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) presentó valores de  $42.40 \pm 7.46$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $36.43 \pm 6.4$ , los valores se elevaron después

de la actividad física y descendieron a las 24 horas, no se encontraron diferencias significativas en las tomas de este grupo.

En la figura 13 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la ASTL presentó una media de  $25 \pm 1.10$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) valores de  $46.90 \pm 7.44$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $38.27 \pm 4.10$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $28.64 \pm 2.34$ , los valores se elevaron después de la actividad física y descendieron a las 24 horas, dando como resultado una diferencia significativa  $p < .05$  en la toma post vs la toma pre y en la toma de recuperación de las 48 horas vs la toma post.

En la figura 13 en el grupo control el comportamiento de la ASTL presentó una media de  $23.74 \pm 0.7$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $29.61 \pm 1.13$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $28.48 \pm 1.76$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $24.90 \pm 1.51$ , dando como resultado una diferencia significativa  $p < .05$  en la toma post vs la toma pre.

La figura 14 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

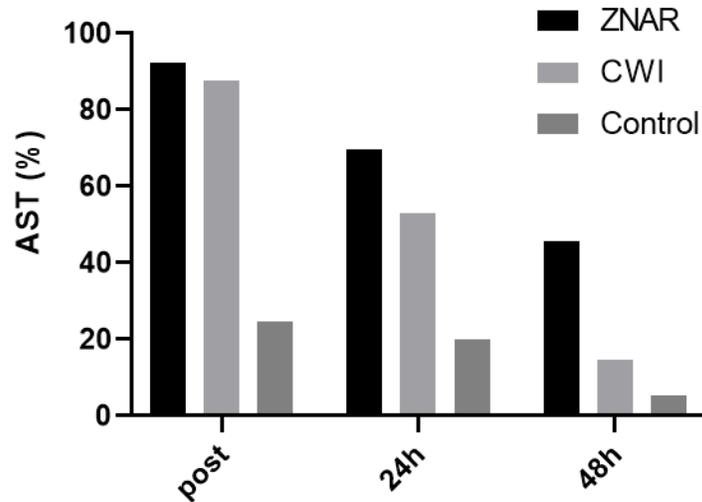


Figura 14. Porcentaje de cambio de la AST por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 14 el grupo experimental ZNAR presentó una media de 25 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) el porcentaje de cambio fue de 92.48%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de 69.6% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de 45.72%.

La figura 14 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó una media de 25 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) cambio fue de 87.6%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) se presentó un cambio de 53.08% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 14.56%.

En porcentaje de cambio en la figura 14 para el grupo control presentó una media de 23.74 U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) un cambio de 24.70%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el cambio fue de 19.98% y en la toma de las 48 horas (48h) un cambio de 5.42%.

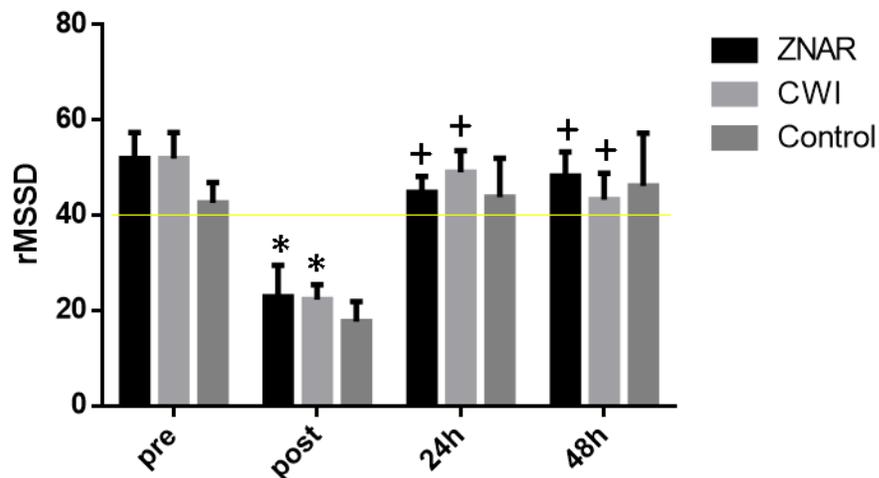
#### d) Variables de control

##### Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).

##### *Comportamiento de la rMSSD.*

Para evaluar el comportamiento de este marcador de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se realizaron cuatro tomas, la primera en estado de reposo (pre), la segunda dos horas posteriores a la realización del ejercicio de alta intensidad y antes del método de recuperación (post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 15 muestra los resultados de la rMSSD presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente, la línea representa el valor de referencia.



*Figura 15.* Comportamiento de la rMSSD por grupos  
ZNAR = masaje; 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; + =  $p < .05$  vs post

En la figura 15 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento de la rMSSD presentó una media de  $51.92 \pm 5.43$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $22.89 \pm 6.61$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $44.81 \pm 3.31$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $48.20 \pm 5.09$ , los valores de la rMSSD disminuyeron posterior al ejercicio, aumentaron a las 24 y 48 horas. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma post con respecto a la toma pre y en las tomas de las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

En el grupo experimental CWI en la figura 15 el comportamiento de la rMSSD presentó una media de  $51.92 \pm 5.43$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) mostró valores de  $22.29 \pm 3.16$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $49.02 \pm 4.51$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $43.31 \pm 5.53$ , los valores de la rMSSD disminuyeron posterior a ejercicio, se elevaron a las 24 horas y disminuyeron a las 48 horas. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma post con respecto a la toma pre y en las tomas de las 24 y 48 horas con respecto a la toma post.

En la figura 15 en el grupo control el comportamiento de la rMSSD presentó una media de  $42.64 \pm 4.28$  U/L en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $17.71 \pm 4.18$  U/L, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $43.83 \pm 8.16$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $46.17 \pm 11.07$ , los valores de la rMSSD disminuyeron al finalizar el ejercicio, aumentaron a las 24 y 48 horas, no se encontraron diferencias significativas en este grupo.

## Comportamiento de la escala visual análoga de dolor.

Para evaluar el comportamiento de la percepción al dolor muscular se utilizó la escala visual análoga de dolor (EVA) en cuatro tomas, la primera posterior a la actividad física (pre), la segunda posterior a la aplicación del método de recuperación (Post intervención), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente.

La figura 16 muestra los resultados de la escala visual análoga de dolor (EVA) para la evaluación de la percepción del dolor muscular presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

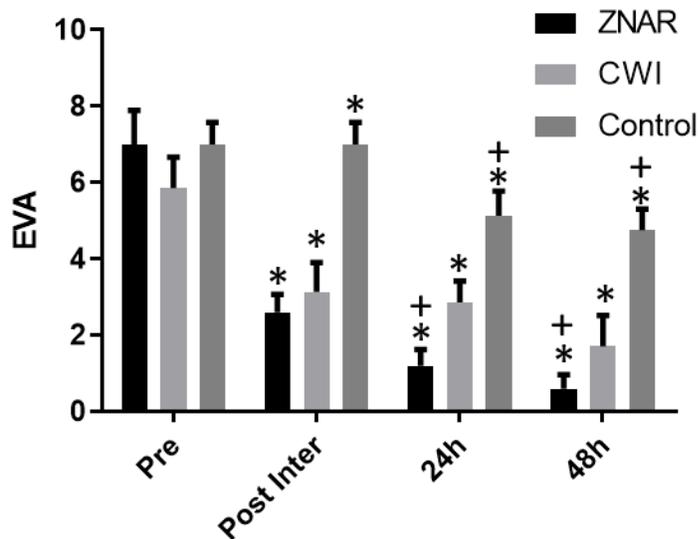


Figura 16. Comportamiento de la EVA por grupos  
ZGAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Post test = al finalizar el ejercicio, Post rec = Posterior al método de recuperación, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
\* =  $p < .05$  vs Pre; + =  $p < .05$  vs Post inter

En la figura 16 en el grupo experimental ZGAR el comportamiento de la EVA presentó una media de  $7 \pm 0.9$  en la toma posterior a la actividad física (Pre), posterior a la aplicación del método de recuperación (Post intervención) presentó valores de  $2.60 \pm 0.47$ , posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas

(24h) valores de  $1.20 \pm 0.43$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $0.60 \pm 0.37$ , los valores de la EVA aumentaron posterior a la actividad física y posterior a la aplicación del masaje disminuyeron progresivamente hasta las 48 horas. Se encontró diferencia significativa  $p < .05$  en las tomas post intervención 24 y 48 horas con respecto a la toma pre y en las tomas de las 24 y 48 horas con respecto a la toma Post intervención.

En la figura 16 en el grupo experimental CWI el comportamiento de la EVA presentó una media de  $5.86 \pm 0.81$  en la toma posterior a la actividad física (pre), posterior a la aplicación del método de recuperación (post intervención) presentó valores de  $3.14 \pm 0.76$ , posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $2.86 \pm 0.56$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $1.71 \pm 0.81$ , los valores de la EVA aumentaron posterior a la actividad física y posterior a la aplicación de la inmersión disminuyeron progresivamente hasta las 48 horas, dando como resultado una diferencia significativa  $p < .05$  en las tomas post intervención, 24 y 48 horas con respecto a la toma Pre.

En la figura 16 en el grupo control el comportamiento de la EVA presentó una media de  $7 \pm 0.58$  en la toma posterior a la actividad física (Pre), posterior a la aplicación del método de recuperación (Post intervención) presentó valores de  $7 \pm 0.58$ , posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $5.13 \pm 0.64$  y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $4.75 \pm 0.56$ , los valores de la EVA aumentaron posterior a la actividad física, se mantuvieron igual en la toma post intervención y descendieron a las 24 horas, dando como resultado una diferencia significativa  $p < .05$  en las tomas 24h y 48h con respecto a la toma Post intervención, así como en las tomas Post intervención, 24h y 48h con respecto a la toma Pre.

La figura 17 muestra el porcentaje de cambio entre toma de cada sujeto con respecto a la toma basal siendo la toma basal el 0%.

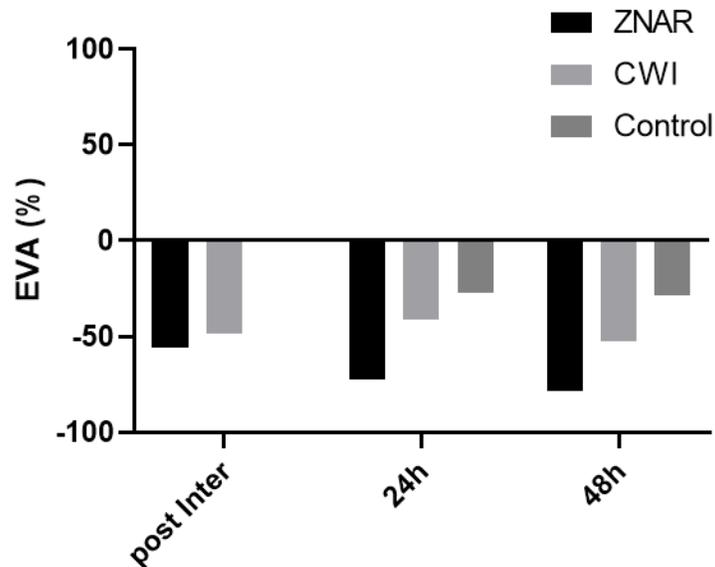


Figura 17. Porcentaje de cambio de la EVA por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin  
 tratamiento, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h =  
 recuperación 48 horas.

En cuanto al porcentaje de cambio por sujeto en la figura 17 el grupo experimental ZNAR presentó al finalizar la intervención de recuperación (post inter) - 55.70%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de -72.37% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de - 78.70%.

La figura 17 en cuanto al porcentaje de cambio en el grupo experimental CWI presentó al finalizar la intervención de recuperación (post inter) -48.58%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de -41.41% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de -52.5%.

En porcentaje de cambio la figura 17 en el grupo control presentó al finalizar la intervención de recuperación (post inter) 0%, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) el porcentaje de cambio fue de -27.38% y en la toma de las 48 horas (48h) fue de -28.53%.

## Comportamiento de la termografía infrarroja.

Para evaluar el comportamiento de la temperatura de la piel de miembros inferiores en el atleta se utilizó la termografía infrarroja (TI) en cuatro tomas, la primera antes de la actividad física (Pre), la segunda posterior a la actividad física (Post), la tercera y cuarta a las 24 (24h) y 48 (48h) horas de recuperación respectivamente. Para analizar esta variable se tomaron tres regiones de interés (ROI) en ambas piernas, muslo central anterior derecho e izquierdo (MCDA y MCIA), Muslo central posterior derecho e izquierdo (MCDP y MCIP) y poplíteo derecho e izquierdo (PD y PI).

La figura 18 muestra los resultados de la temperatura del muslo central derecho anterior (MCDA) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

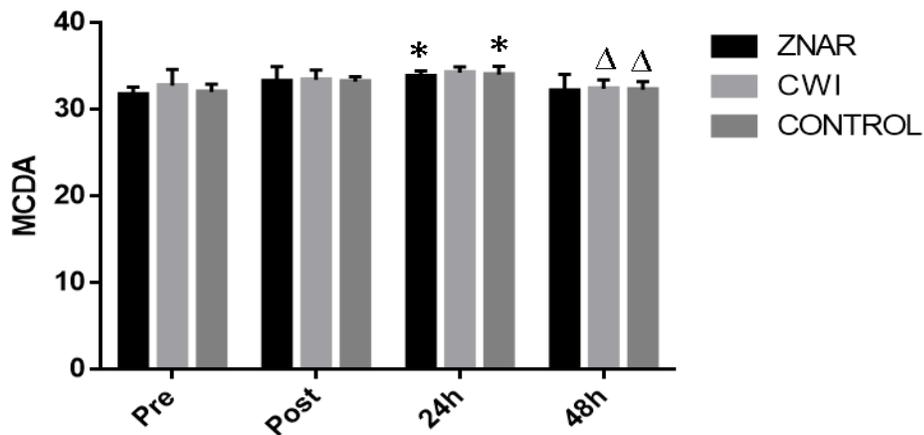


Figura 18. Comportamiento de la temperatura del MCDA por grupos ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.

\* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 18 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del MCDA presentó una media de  $31.7 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad

física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.2 \pm 1.7$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.8 \pm 0.6$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.1 \pm 1.8$  °C, la temperatura del MCDA aumentó 1.5° después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando hasta 2.1° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 1.7° hasta las 48 horas solo .4° por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de 24 horas con respecto a la toma pre.

En el grupo experimental CWI en la figura 18 el comportamiento del MCDA presentó una media de  $32.7 \pm 1.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.4 \pm 1.3$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34.2 \pm 0.6$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.4 \pm 1.4$  °C, la temperatura del MCDA aumentó .7° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 1.5° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 1.8° hasta las 48 horas solo -.3° por debajo de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 18 el comportamiento del MCDA presentó una media de  $32.5 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.2 \pm 0.5$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34 \pm 0.9$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.3 \pm 0.9$  °C, la temperatura del MCDA aumentó 1.2° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 2° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 1.7° hasta las 48 horas solo .3° sobre la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal y 48 horas vs 24 horas.

La figura 19 muestra los resultados de la temperatura del muslo central izquierdo anterior (MCIA) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

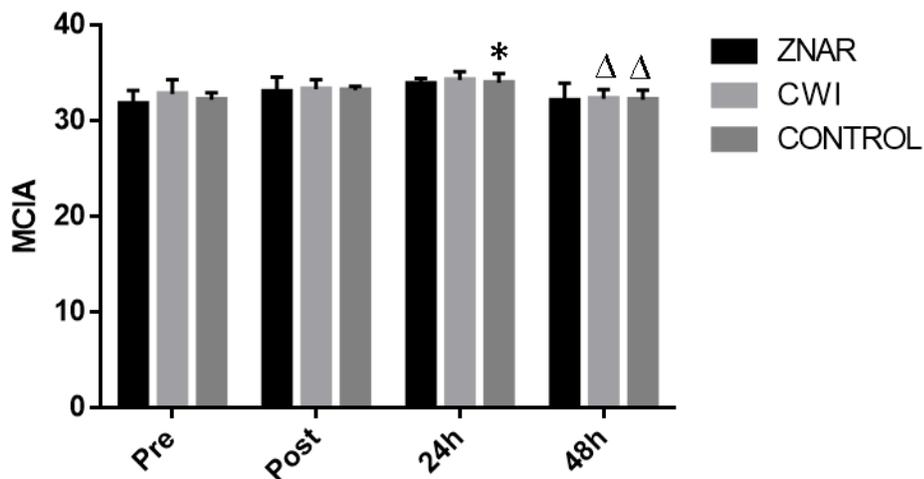


Figura 19. Comportamiento de la temperatura del MCIA por grupos ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
\* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 19 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del MCIA presentó una media de  $31.8 \pm 1.3$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33 \pm 1.5$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.9 \pm 0.5$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.1 \pm 1.8$  °C, la temperatura del MCIA aumentó  $1.2^\circ$  después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando hasta  $2.1^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.8^\circ$  hasta las 48 horas, solo  $.3^\circ$  por encima de la temperatura basal. No se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en este grupo.

En el grupo experimental CWI en la figura 19 el comportamiento del MCIA presentó una media de  $32.8 \pm 1.4$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.3 \pm 0.9$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34.3 \pm 0.8$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.3 \pm 0.9$  °C, la temperatura del MCDA aumentó  $.5^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $1.5^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $2^\circ$  hasta las 48 horas,  $-.5^\circ$  por debajo de la temperatura basal. Se

encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 19 el comportamiento del MCIA presentó una media de  $32.2 \pm 0.7$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.2 \pm 0.4$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34 \pm 0.9$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.2 \pm 1$  °C, la temperatura del MCDA aumentó 1° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 1.8° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 1.8° hasta las 48 horas regresando a la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal y 48 horas vs 24 horas.

La figura 20 muestra los resultados de la temperatura del muslo central derecho posterior (MCDP) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

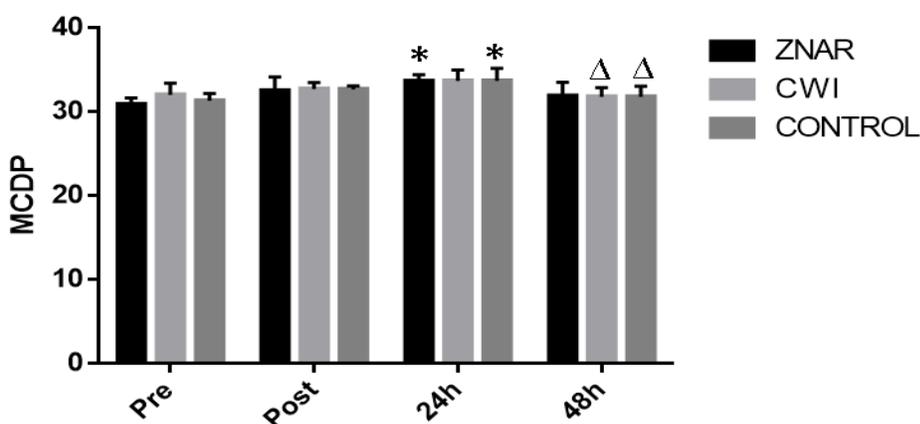


Figura 20. Comportamiento de la temperatura del MCDP por grupos ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
\* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 20 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del MCDP presentó una media de  $30.9 \pm 0.7$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.5 \pm 1.6$  °C, posteriormente en

las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.6 \pm 0.7$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.9 \pm 1.6$  °C, la temperatura del MCDP aumentó  $1.6^\circ$  después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando hasta  $2.7^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.7^\circ$  hasta las 48 horas,  $1^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencia significativa de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal (Pre).

En el grupo experimental CWI en la figura 20 el comportamiento del MCDP presentó una media de  $31.3 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.7 \pm 0.4$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.7 \pm 1.5$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $31.8 \pm 1.2$  °C, la temperatura del MCDP aumentó  $1.5^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $2.4^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.9^\circ$  hasta las 48 horas,  $.5^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 20 el comportamiento del MCDP presentó una media de  $31.3 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.7 \pm 0.4$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.7 \pm 1.5$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $31.8 \pm 1.2$  °C, la temperatura del MCDP aumentó  $1.4^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $2.4^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.9^\circ$  hasta las 48 horas,  $.5^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal y 48 horas vs 24 horas.

La figura 21 muestra los resultados de la temperatura del muslo central izquierdo posterior (MCIP) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

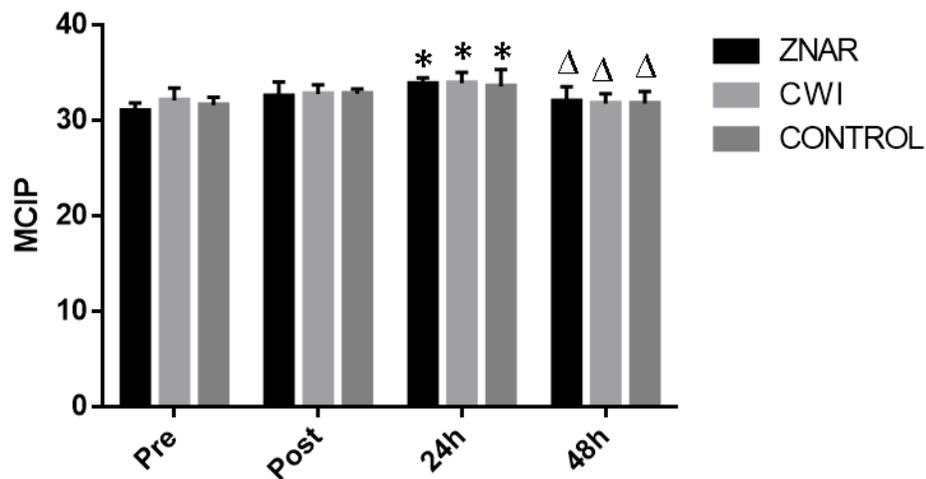


Figura 21. Comportamiento de la temperatura del MCIP por grupos ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
 \* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 21 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del MCIP presentó una media de  $31 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.5 \pm 1.4$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.8 \pm 0.6$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32 \pm 1.5$  °C, la temperatura del MCIP aumentó 1.5° después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando hasta 2.8° con respecto a la temperatura basal, disminuyo 1.8° hasta las 48 horas, 1° por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencia significativa de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal (Pre) y en la toma de las 48 horas vs 24 horas.

En el grupo experimental CWI en la figura 21 el comportamiento del MCIP presentó una media de  $32.1 \pm 1.2$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.8 \pm 0.9$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.9 \pm 1.1$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $31.8 \pm 1$  °C, la temperatura del MCIP aumentó .7° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 1.8° con respecto a la temperatura basal, disminuyo 2.1° hasta las 48 horas, -.3° por debajo de la temperatura basal. Se

encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas con respecto a la toma basal (Pre) y en la de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 21 el comportamiento del MCIP presentó una media de  $31.6 \pm 0.8$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $32.8 \pm 0.5$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.6 \pm 1.7$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $31.8 \pm 1.2$  °C, la temperatura del MCIP aumentó  $1.2^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $2^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.8^\circ$  hasta las 48 horas,  $.2^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal y 48 horas vs 24 horas.

La figura 22 muestra los resultados de la temperatura del hueso poplíteo derecho (PD) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

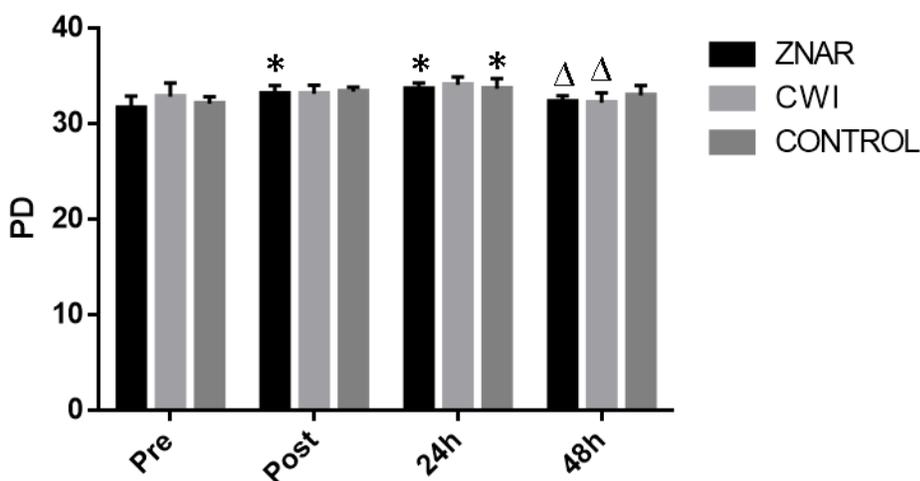


Figura 22. Comportamiento de la temperatura del PD por grupos  
 ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a  $10^\circ$ , Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
 \* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 22 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del PD presentó una media de  $31.6 \pm 1.2$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.1 \pm 0.8$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.6 \pm 0.6$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.3 \pm 0.6$  °C, la temperatura del PD aumentó  $1.5^\circ$  después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando a  $2^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.3^\circ$  hasta las 48 horas,  $.7^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencia significativa de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas y en la toma Post vs la basal (Pre) y en la toma de las 48 horas vs 24 horas.

En el grupo experimental CWI en la figura 22 el comportamiento del PD presentó una media de  $32.8 \pm 1.4$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.1 \pm 0.9$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34.1 \pm 0.8$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.2 \pm 1$  °C, la temperatura del PD aumentó  $.3^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $1.3^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.9^\circ$  hasta las 48 horas,  $-.6^\circ$  por debajo de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 22 el comportamiento del PD presentó una media de  $32.1 \pm 0.7$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.4 \pm 0.4$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.7 \pm 1$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $33 \pm 1$  °C, la temperatura del PD aumentó  $1.3^\circ$  después del ejercicio y aumentó a las 24 horas  $1.6^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $.7^\circ$  hasta las 48 horas,  $.9^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas vs la basal (Pre).

La figura 23 muestra los resultados de la temperatura del hueso poplíteo izquierdo (PI) presentados en las diferentes tomas y su comportamiento de acuerdo con el grupo correspondiente.

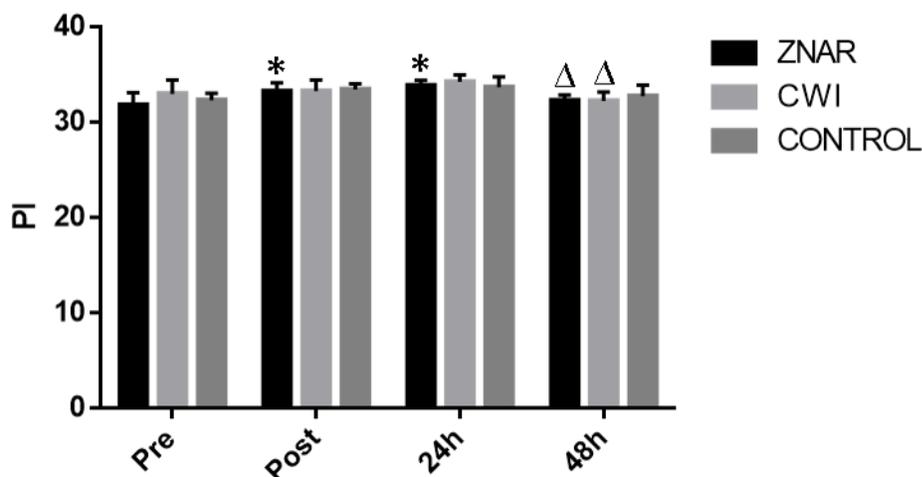


Figura 23. Comportamiento de la temperatura del PI por grupos ZNAR = Masaje, CWI = Inmersión en agua fría a 10°, Control = Sin tratamiento, Pre = basal, Post = Posterior al ejercicio, 24h = Recuperación 24 horas, 48h = recuperación 48 horas.  
\* =  $p < .05$  vs pre;  $\Delta$  =  $p < .05$  vs 24h.

En la figura 23 en el grupo experimental ZNAR el comportamiento del PI presentó una media de  $31.8 \pm 1.2$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.2 \pm 0.9$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.8 \pm 0.5$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.3 \pm 0.5$  °C, la temperatura del PI aumentó  $1.4^\circ$  después del ejercicio y se mantuvo elevada hasta las 24 aumentando a  $2^\circ$  con respecto a la temperatura basal, disminuyó  $1.5^\circ$  hasta las 48 horas,  $.5^\circ$  por encima de la temperatura basal. Se encontró diferencia significativa de  $p < .05$  en la toma de las 24 horas y en la toma Post vs la basal (Pre) y en la toma de las 48 horas vs 24 horas.

En el grupo experimental CWI en la figura 23 el comportamiento del PI presentó una media de  $33 \pm 1.4$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.3 \pm 1$  °C, posteriormente en las

tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $34.2 \pm 0.9$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.2 \pm 0.9$  °C, la temperatura del PI aumentó .3° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 1.2° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 2° hasta las 48 horas, -.8° por debajo de la temperatura basal. Se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en la de 48 horas con respecto a la toma de las 24 horas.

En el grupo control en la figura 23 el comportamiento del PI presentó una media de  $32.3 \pm 0.7$  °C en la toma basal (pre), al finalizar la actividad física de alta intensidad (post) presentó valores de  $33.4 \pm 0.5$  °C, posteriormente en las tomas de recuperación a las 24 horas (24h) valores de  $33.7 \pm 1$  °C y en la toma de las 48 horas (48h) valores de  $32.7 \pm 1$  °C, la temperatura del PI aumentó 1.1° después del ejercicio y aumentó a las 24 horas 1.4° con respecto a la temperatura basal, disminuyó 1° hasta las 48 horas, .4° por encima de la temperatura basal. No se encontró diferencias significativas de  $p < .05$  en este grupo.

## Discusión

La discusión se presenta siguiendo el orden de los objetivos específicos planteados en el estudio para lo cual se reportan las siguientes secciones: (a) primero con las citocinas del proceso inflamatorio, (b) posteriormente con los marcadores de daño muscular y (c) las variables de control, en cada una de las variables se presentará al inicio lo correspondiente al grupo del masaje ZNAR, seguido del grupo de la Inmersión (CWI), finalizando con el grupo control, esto a manera de dar respuesta a los objetivos específicos planteados al inicio del estudio, en cada apartado.

### a) Citocinas del proceso inflamatorio

#### IL -6.

La IL-6 es una glicoproteína pluripotencial que tiene acciones inflamatorias y proinflamatorias, sin embargo, se conoce principalmente como mediador de la respuesta inflamatoria aguda, debido a que ejerce un control parcial sobre la TNF- $\alpha$  al inducir la liberación de su receptor soluble y actuar como amplificador de su señal inflamatoria. Tras el daño muscular inducido por el ejercicio se produce de manera local en el músculo dañado (Cordova y Alvarez, 2012; Hunter y Jones, 2015).

En relación con esta citocina el grupo experimental ZNAR de nuestro estudio presentó un aumento posterior al ejercicio, una disminución a las 24 horas y un ligero aumento a las 48 horas, estos son similares a los reportados por Crane y colaboradores (2012) donde evaluaron el efecto de 10 minutos de masaje en el proceso inflamatorio causado por un ejercicio aeróbico, al realizar biopsias antes, inmediatamente después del masaje y a las dos horas y media después del masaje, este estudio mostró que la IL-6 presentaba valores más bajos que el grupo control después de la aplicación del masaje, por lo que concluyeron que el masaje atenuaba la producción de esta citocina, a pesar de que los tiempos de la tomas en los

estudios no son similares, podrían estar relacionados, posiblemente indicando que la disminución de los valores presentados a las 24 horas puede dar inicio desde la aplicación del masaje.

En cuanto al grupo experimental de la inmersión (CWI) los resultados presentaron un ligero aumento posterior al ejercicio el cual se mantuvo hasta las 48 horas, estos resultados son similares a los encontrados por Wilson y colaboradores (2017) aplicaron la inmersión en agua fría a 8° y la crioterapia de cuerpo entero a -85° posterior a un maratón y en ningún tratamiento encontraron una atenuación de los valores de esta citocina del proceso inflamatorio en ambos se mantuvo elevada hasta las 24 horas, encontrando también que ninguno de estos métodos de crioterapia fue más efectivo que el placebo para la recuperación, también son similares a lo reportado por Freitas y colaboradores (2018) donde tras una inmersión a 10° los valores descienden hasta las 48 horas.

El grupo control presentó un aumento posterior a la actividad física y un descenso a las 24 que se mantuvo hasta las 48 horas. Estos resultados son similares a los encontrados por Crane y colaboradores (2012) en su grupo control, así como lo reportado por Pournot y colaboradores (2011) en donde su grupo de recuperación pasiva presentó un comportamiento similar al nuestro y sin diferencia significativa contra su grupo experimental.

#### **IL-10.**

La IL-10 es una proteína producida por linfocitos T,B y monocitos, denominada también factor inhibidor de la síntesis de proteínas, inhibe la respuesta inflamatoria y la síntesis de proteínas proinflamatorias como la IL-6 y TNF-  $\alpha$ , sus efectos son inmunosupresor y antiinflamatorio, considerado inhibidor universal de las respuestas inflamatorias, sin embargo el comportamiento de esta citocina antiinflamatoria en respuesta al proceso inflamatorio inducido por el ejercicio ha sido muy poco estudiado (Cordova y Alvarez, 2012; Hunter y Jones, 2015).

En cuanto a esta citocina tanto los grupos experimentales como el grupo control tuvieron un comportamiento similar, sus valores aumentaron posterior a la

actividad física y disminuyeron a las 24 horas, estos resultados concuerdan con los presentados por Freitas y colaboradores (2018) donde esta citocina no muestra diferencias entre el grupo control y el experimental en sus diferentes tomas, mostrando que esta citocina no se vio influenciada por los tratamientos utilizados en este estudio.

### **TNF- $\alpha$ .**

Esta citocina es producida por los macrófagos residentes en los tejidos en respuesta a la infección o el daño tisular, actúa como mediador local aumentando adhesividad de células endoteliales de los vasos, activación leucocitaria y estimulación de producción de la IL-6 (Córdova y Álvarez, 2012; Hunter y Jones, 2015).

En esta citocina el grupo experimental ZNAR se presentó un aumento después del ejercicio que se mantuvo hasta las 24 horas y descendió hasta las 48 estos resultados son diferentes a los que presenta Crane y colaboradores (2012), a pesar de que las tomas de ambos estudios son realizadas en diferentes momentos, en el estudio se muestra una atenuación en la producción de esta citocina con relación al grupo control en la toma inmediatamente después del masaje y a las tres horas un descenso en los valores, lo que podría sugerir que a las 24 horas los valores estuvieran a la baja, contrario a lo reportado en nuestros resultados.

El grupo experimental de la inmersión mostró un aumento posterior al ejercicio, un descenso a las 24 horas y nuevamente un aumento a las 48 horas. Estos resultados concuerdan con los de Wilson y colaboradores (2018) donde no se encuentra una atenuación de esta citocina del proceso inflamatorio, se presenta un aumento en los grupos experimentales y en el control. Estos resultados también son similares a los de De Freitas y colaboradores (2019) donde encontraron que al aplicar de manera subsecuente durante cinco días la inmersión en voleibolistas, no se conseguía una atenuación en esta citocina y no encontraron diferencia significativa en el comportamiento de la citocina contra el grupo control, por lo que concluyeron que el aplicar diariamente la inmersión en voleibolistas para

contrarrestar los procesos inflamatorios provocados por el entrenamiento no resulta relevante.

El resultado principal de nuestro estudio en cuanto al proceso inflamatorio fue que, a pesar de mostrarse ligeras alteraciones en los diferentes grupos, tanto los grupos experimentales como el control tenían un patrón de comportamiento similar y los valores de las diferentes citocinas no fueron tan elevados, incluso se mantuvieron dentro de los parámetros de referencia para el proceso inflamatorio, lo que podría deberse a la actividad física realizada por los sujetos para inducirlos a la fatiga, el test buscaba reflejar las actividades que realiza un voleibolista, sin embargo, de acuerdo al estudio realizado por Souglis, Bogdanis y Giannopoulou (2015) quienes compararon el comportamiento del proceso inflamatorio de jugadores de élite en fútbol, basquetbol, handball y voleibol encontraron que el voleibol mostró tener un aumento después de la actividad física y una recuperación a las 13 horas, por lo que podríamos sugerir diferentes momentos para la evaluación de ese comportamiento, también reportaron que el voleibol fue de los que presentaron menores alteraciones en el proceso inflamatorio en cuanto a estos deportes de conjunto, siendo el fútbol el que presentó una mayor alteración del proceso inflamatorio el cual no mostró una recuperación hasta dos días después de la actividad física.

Debido a los resultados del estudio, respondiendo a nuestro primer objetivo al cuantificar los efectos del masaje ZNAR en el proceso inflamatorio inducido por el ejercicio, se encuentra que el masaje no altera dicho proceso de manera favorable para la recuperación del atleta.

En respuesta al objetivo número dos al cuantificar el efecto de la inmersión en agua fría sobre el proceso inflamatorio, encontramos que este no es efectivo para aminorar el proceso inflamatorio posterior a la actividad física de alta intensidad.

Por lo que en respuesta a nuestro tercer objetivo podemos concluir que los resultados de nuestro estudio no encuentran efectiva la aplicación de la inmersión en agua fría o el masaje ZNAR para atenuar el proceso inflamatorio inducido por la actividad física de alta intensidad.

### **c) Marcadores biológicos de daño muscular**

#### **Creatin kinasa.**

Los resultados de nuestro estudio demuestran un cambio en el comportamiento de la CK con respecto a la toma de reposo, en los tres grupos, los valores se elevaron posterior a la actividad física como respuesta al ejercicio de alta intensidad, indicando la presencia del daño muscular focalizado generado por los atletas de los diferentes grupos (Brancaccio et al, 2008).

El grupo experimental del masaje ZNAR presenta una disminución en los valores que se presentan a las 24 horas posterior a la aplicación del método de recuperación, a las 48 horas se mantiene la disminución de los valores, estos resultados difieren de los obtenidos por Howatson y colaboradores (2005) donde aplicaron un masaje con hielo por 15 minutos a 12 sujetos posterior a un ejercicio excéntrico en brazo, los valores de la CK se mantuvieron elevados hasta las 48 horas y descendieron hasta las 72 horas, en este estudio concluyeron que el masaje con hielo no tuvo efecto sobre los niveles de la CK después del daño muscular inducido, un estudio similar realizado por Isabell y colaboradores (1992) analizó la aplicación de un masaje con hielo de 15 minutos a 22 basquetbolistas en el brazo tras realizar repeticiones de contracciones máximas y encontraron que los valores de CK en el grupo experimental se mantuvieron elevados hasta las 120 horas, llegando a la conclusión de que el masaje con hielo no era favorable para la recuperación, de igual forma Zainuddin y colaboradores (2005) al aplicar un masaje con hielo a 10 sujetos en miembros superiores por 10 minutos después de una actividad excéntrica, encontrando que los valores de CK del grupo experimental como del control permanecieron elevados hasta las 48 horas, sin embargo concluyeron que el masaje podría ser efectivo para la atenuación de la producción de CK, ya que aunque se comportó de la misma forma que el control, el grupo experimental mostraba valores menores que los del control.

También contrario a nuestros resultados Kargarfard y colaboradores (2015) al aplicar un masaje de 30 minutos en miembros inferiores, posterior a ejercicios de sentadilla con pesos máximos, encontraron que el grupo control y el experimental mantenían los valores de CK elevados hasta las 24 horas y solo el grupo experimental tenía un descenso de los valores a las 48 horas, mientras el control seguía elevado hasta las 72 horas, concluyeron que la aplicación del masaje post ejercicio podría ayudar a la recuperación al encontrar esta disminución en los valores de CK a las 48 horas, mostrando una recuperación más rápida que el grupo control. Contrario a estos resultados y similares a los de nuestro estudio Alonso (2016) al analizar a 11 corredores y aplicar el masaje ZNAR en miembros inferiores posterior a una carrera de 10k, encontró una disminución de la CK en el grupo experimental a las 24 horas, concluyendo que el masaje favorecía la recuperación de la CK posterior al ejercicio.

En cuanto al grupo experimental de la inmersión en agua fría los valores de nuestro estudio se mantuvieron elevados después de la actividad física hasta las 24 horas y presentan una disminución a las 48 horas, Howatson, Goodall y Someren (2009) analizaron a 16 sujetos tras una inmersión por 12 minutos a 15 grados, en su estudio se encontró el pico más elevado de CK a las 24 horas y su disminución a las 48 horas, estos resultados son similares a los de nuestro estudio, de igual manera Ingram y colaboradores (2009) analizaron a 11 sujetos después de un test de sprints para inducir a la fatiga y la aplicación de la inmersión por 15 min a una temperatura de 10°, se encontró el pico de la CK a las 24 horas y una disminución a las 48, no se encontraron diferencias entre los grupos experimentales y el control, todos tuvieron el mismo comportamiento.

En cuanto a nuestro grupo control a pesar de que los valores no se mostraron tan elevados como los presentados por los grupos experimentales, su comportamiento fue normal según lo reportado en diversos artículos a través de las diferentes tomas al presentar su pico a las 24 horas y el descenso a las 48 horas.

## **Aminotransferasas.**

### ***Alanino aminotransferasa.***

Nuestros resultados muestran un comportamiento similar de los dos grupos con tratamientos de recuperación, un ligero aumento posterior al ejercicio y una disminución a las 24 y 48 horas, el grupo control muestra un ligero aumento posterior al ejercicio, un descenso a las 24 horas y nuevamente un ligero aumento a las 48 horas, sin embargo, a pesar de estas ligeras variaciones los cambios en los valores presentados de este marcador en los tres grupos se comportan de una manera muy similar y se mantienen dentro de los valores de referencia, por lo que los tratamientos utilizados en este estudio no representaron influencia en el marcador.

### ***Aspartato aminotransferasa.***

Nuestros resultados muestran un comportamiento similar de los dos grupos con tratamientos de recuperación, un aumento posterior al ejercicio y una disminución a las 24 y 48 horas, el grupo control muestra un ligero aumento posterior al ejercicio, mantiene sus valores elevados a las 24 horas y tiene un ligero descenso a las 48 horas, sin embargo, a pesar de estas ligeras variaciones los cambios en los valores presentados en los tres grupos de este marcador se mantienen dentro de los valores de referencia, por lo que los tratamientos utilizados en el estudio no representaron influencia en el marcador.

Para las aminotransferasas nuestros resultados son similares a los de Lippi y colaboradores (2011) mostrando un aumento posterior al ejercicio y una recuperación a las 36 horas, sin embargo, esta modificación se dio dentro de los parámetros normales por lo que los resultados no son significativos, de igual forma se encontró una variabilidad entre cada sujeto, esto al encontrar que no todos los sujetos presentaban la elevación en estas aminotransferasas, a pesar de que se considera a estas aminotransferasas marcadores de daño muscular, se ha mostrado que su sensibilidad es menor a la de la creatin kinasa (Brancaccio et al., 2006).

El resultado principal de nuestro estudio en lo que respecta a los marcadores del daño muscular fue que, los tratamientos de recuperación utilizados alteraron las concentraciones de CK sin embargo estas no se presentaron en las concentraciones de las aminotransferasas, confirmando así que la CK es un marcador con mayor sensibilidad para la medición del daño muscular (Brancaccio et al., 2010), de igual forma se observó que el grupo control presentó valores menores en las concentraciones de CK en las diferentes tomas con relación a los grupos experimentales, esto se pudo deber a que los atletas que conformaban el grupo control tenían mayor experiencia deportiva, presentan valores similares a los reportados para atletas de esta disciplina (Souglis, Bogdanis, Giannopoulou, Papadopoulos y Apostolidis, 2015).

Vaile y colaboradores (2007) consideran que esta modificación de los valores de CK con respecto a los métodos con crioterapia se deben al efecto de vasoconstricción inicial y posteriormente de vasodilatación provocado por el tiempo de exposición al frío, lo que propicia un aumento del flujo sanguíneo y con esto mejorando el metabolismo en la zona, aumentando la oxigenación de los tejidos y favoreciendo la eliminación de desechos. Debido a un efecto similar podríamos atribuir la modificación de la CK debido al masaje ZNAR al buscar la potencialización de estos efectos al generar una vasoconstricción con la crioterapia y favorecer la vasodilatación con el masaje, al utilizar mayormente la técnica de frotación la cual favorece el aumento del flujo sanguíneo y la combinación con las otras técnicas para favorecer la eliminación de desechos.

Debido a estos resultados y respondiendo a nuestro primer objetivo al cuantificar los efectos del masaje ZNAR en el daño muscular inducido por el ejercicio, se encontró que el masaje altera dicho proceso de manera favorable para la recuperación del atleta, al presentar una disminución de los valores de la CK a las 24 horas acelerando dicha recuperación, contrario a la mayoría de los artículos que analizan este marcador tras la aplicación del masaje que presentan una recuperación posterior a las 48 horas.

En respuesta al objetivo número dos al cuantificar el efecto de la inmersión en agua fría sobre el daño muscular, encontramos que este método no es efectivo para aminorar el daño muscular posterior a la actividad física de alta intensidad, ya que el comportamiento de recuperación se da de manera similar al del grupo control al iniciar a las 48 horas. Por lo que en respuesta a nuestro tercer objetivo podemos concluir que el masaje ZNAR es un método de recuperación más efectivo que la inmersión en agua fría para la recuperación del daño muscular inducido por la actividad física de alta intensidad.

#### **d) Variables de control**

##### **Variabilidad de la frecuencia cardiaca.**

###### ***rMSSD.***

En esta variable los tres grupos tuvieron un comportamiento similar, posterior a la realización de la actividad física se presentó un descenso en los valores, lo que corresponde a un comportamiento normal, ya que al realizar la actividad física de alta intensidad se produce una elevación de la frecuencia cardiaca y una disminución de la variabilidad de la frecuencia cardiaca debido a un incremento en la actividad nerviosa simpática (Hernández-Cruz et al., 2017; Ramos-Campos et al., 2017) posteriormente los valores aumentaron en las tomas de recuperación de las 24 y 48 horas a los valores basales en los tres grupos, nuestros resultados muestran una reactivación parasimpática posterior a la aplicación de ambos métodos, al presentarse esta recuperación de forma similar con ambos métodos nuestros resultados coinciden con los de Bastos y colaboradores (2012) al concluir que la aplicación de la inmersión en agua fría y la recuperación activa no presentan diferencias significativas de su efecto posterior a los 90 minutos, sin embargo, encuentran que la inmersión en agua fría presenta una aceleración en la recuperación parasimpática al presentarse a los 30 min, este estudio analiza los valores de la VFC en diferentes periodos de tiempo desde su aplicación, los tres grupos tuvieron una modificación de los valores dentro de los rangos de referencia.

Con estos resultados podemos concluir que los métodos de recuperación utilizados en este no presentan tener un efecto significativo sobre los valores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca que justifique su aplicación con el objetivo de una modulación o activación parasimpática.

### **Escala visual análoga de dolor.**

La cuantificación de la percepción del dolor muscular posterior al ejercicio es la evaluación subjetiva más común que se realiza para determinar la efectividad de los métodos de recuperación, medida a través de la escala visual análoga de dolor o EVA, ya que el dolor muscular de aparición tardía, dolor muscular retrasado o DOMS (Delayed onset muscle soreness) por sus siglas en inglés, relaciona a los mecanismos del daño mecánico del tejido muscular y aparece como una consecuencia del daño muscular inducido por el ejercicio (Hotfiel et al., 2018).

Los resultados de nuestro estudio muestran que ambos métodos de recuperación utilizados, modifican la percepción al dolor muscular inmediatamente después de su aplicación, sin embargo, el grupo del masaje ZNAR presentó una mejor recuperación al disminuir los valores de la percepción del dolor considerablemente desde su aplicación y continuar la atenuación en el transcurso de las tomas, contrario al grupo de la inmersión en el cual se mantuvo la percepción con valores similares en las tomas de recuperación.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Delextrat y colaboradores (2012) al analizar a 16 sujetos, 8 mujeres y 8 hombres, posterior a un juego de basquetbol y la aplicación de un masaje de 30 minutos e inmersión en agua fría a 11° donde encontraron una disminución similar en la percepción al dolor con ambos métodos de recuperación en los hombres, contrario a esto las mujeres presentaron una mejor recuperación de la percepción al dolor con la inmersión, tras estos resultados sería relevante en futuros estudios agregar mujeres a la muestra.

Nuestros resultados del grupo experimental ZNAR y del grupo control son similares a los de Kargarfard y colaboradores (2016) ya que al analizar a 30 sujetos

tras la aplicación de ejercicios excéntricos en piernas y aplicarles un masaje por 30 min, encontraron que el grupo del masaje presentaba una disminución en la percepción al dolor muscular inmediatamente después de su aplicación, no así el grupo control que no recibió masaje que continuó presentando dolor muscular hasta las 48 horas. De igual manera los resultados de este estudio coinciden con los de Nunes y colaboradores (2016) tras la aplicación de un masaje de siete minutos a triatletas posterior a un Ironman, encontraron una disminución de la percepción al dolor en el grupo experimental, así mismo nuestros resultados difieren con los de Derminhan y colaboradores (2015) al comparar el masaje con hielo vs la inmersión en agua fría, donde no encontraron una disminución de los valores de percepción hasta las 72 horas.

El dolor muscular percibido por el atleta es de los síntomas de mayor preocupación en cuanto al tema de recuperación deportiva, al ser este considerado un indicador del daño muscular y llegando en algunas ocasiones a imposibilitar al atleta para la realización de una nueva carga de trabajo, aunado a la insatisfacción del atleta al presentar estos síntomas, es por esto que el beneficio de la disminución del dolor es un punto primordial para atletas y entrenadores a la hora de decidir qué método de recuperación utilizar, la atenuación de este dolor a través de la aplicación del masaje se atribuye al efecto de analgesia que genera la técnica de frotación al aumentar la temperatura y favorecer la circulación (Calleja – González., et al 2018).

En cuanto a la percepción del dolor provocado por el daño muscular posterior al ejercicio, el resultado principal de nuestro estudio fue que a pesar de que ambos métodos de recuperación utilizados modifican favorablemente la disminución del dolor inmediatamente posterior a su aplicación, el masaje ZNAR continúa disminuyendo esta sensación de dolor en días posteriores. Debido a esto y en apoyo a la respuesta de nuestro tercer objetivo podemos considerar al masaje ZNAR como un método de recuperación más efectivo.

### **Termografía infrarroja.**

La medición de la temperatura de la piel a través de la termografía infrarroja se realizó utilizando tres regiones de interés (ROI) en cada pierna, muslo central anterior

derecho e izquierdo (MCDA y MCIA), Muslo central posterior derecho e izquierdo (MCDP y MCIP) y poplíteo derecho e izquierdo (PD y PI).

Para esta variable tanto en los grupos experimentales como en el grupo control, se mostró un aumento de temperatura posterior a la actividad física, esto derivado del aumento de flujo sanguíneo que se da como consecuencia del proceso inflamatorio inducido por el daño muscular ocasionado por la actividad física realizada, resultando en este aumento de la temperatura local de la piel (Al-Nakhli, Petrofsky, Laymon y Berk, 2012).

De igual manera, el comportamiento del grupo control y los grupos experimentales en la toma de recuperación de las 24 horas se comportaron de manera similar, mostraron continuar con un ligero aumento de la temperatura, sin embargo, a pesar de que los tres grupos mostraban una recuperación a las 48 horas solo los valores del grupo de la inmersión estaban por debajo de los valores basales. Nuestros resultados difieren a los de Adamczyk y colaboradores (2016) al analizar la temperatura de los ROI similares a los de nuestro estudio (muslo central) posterior a la aplicación de la inmersión en agua fría y masaje, a pesar de que su toma de temperatura se realizó 30 minutos después de la aplicación del método de recuperación encontraron una recuperación en ambos grupos y siendo mejor la del grupo de la inmersión en agua fría.

Silva y colaboradores (2017) analizaron los cambios de temperatura tras la aplicación de la inmersión 30 min después y en tomas de recuperación de 24 y 48 horas, encontrando disminuciones considerables en la toma de los 30 minutos, sin embargo, concluyeron que no tuvo influencia en las tomas de recuperación debido al comportamiento similar con el grupo control, estos resultados son similares a los de nuestro estudio, por lo que aun que se presentan alteraciones en la temperatura estas en las tomas de recuperación no tienen mucha relevancia, Fernández – cuevas y colaboradores (2014) señalan que los cambios en la temperatura de la piel al ser influenciados por muchos factores, su respuesta a los estímulos tanto de entrenamiento como de recuperación pueden variar entre sujetos debido a las características propias del sujeto. Por lo que se podría sugerir protocolos de

evaluación con termografía en tiempos más cortos para identificar los cambios por los diferentes medios de recuperación y su posterior correlación con otras variables para determinar si esta tecnología podría reflejar en la temperatura esta recuperación, sin embargo tal y como lo señala Adamczyk y colaboradores (2016) por los resultados mostrados hasta el momento la termografía parece ser un auxiliar en el proceso de seguimiento de la recuperación para el registro de las alteraciones por cada estímulo.

Calleja-Gonzales y colaboradores (2020) señalan que a pesar de la utilización de diferentes métodos de recuperación de manera común por los atletas, la literatura actual sobre la eficacia de estas prácticas es cuestionable y limitada, así mismo señalan que uno de los nuevos retos en el tema de la recuperación es combinar estrategias para potenciar su efectividad, en este sentido nuestro estudio aporta información relevante sobre la efectividad de este nuevo método de recuperación en diferentes variables fisiológicas.

Los resultados de nuestro estudio muestran que el masaje ZNAR beneficia el proceso de recuperación en menor tiempo que la inmersión parcial en agua fría, al favorecer la recuperación de valores fisiológicos analizados, por lo que se acepta la hipótesis planteada en el estudio.

## **Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio y respondiendo a nuestro primer objetivo al cuantificar los efectos del masaje ZNAR concluimos que este, no altera el proceso inflamatorio ocasionado por la actividad física de alta intensidad, al no encontrarse cambios en las citocinas liberadas en este proceso, sin embargo, atenúa el aumento de la creatin kinasa favoreciendo la recuperación posterior al ejercicio intermitente de alta intensidad en un menor tiempo, así mismo actúa de manera favorable en la disminución de la percepción al dolor muscular inmediatamente después de su aplicación.

En respuesta a nuestro segundo objetivo y con base en nuestros resultados, concluimos que la inmersión parcial en agua fría por un tiempo de 10 minutos a una temperatura de 10°, no influye en la alteración de las citocinas del proceso inflamatorio, en cuanto al daño muscular al presentar una recuperación a las 48 concluimos que no es un método efectivo de recuperación, sin embargo, su aplicación puede favorecer la atenuación de la percepción al dolor muscular así como ayudar a la recuperación de la temperatura.

Con base en los resultados obtenidos del estudio, al comparar las respuestas en las diferentes variables fisiológicas analizadas al aplicar ambos métodos de recuperación y en respuesta a nuestro tercer objetivo, concluimos que el masaje ZNAR es un método de recuperación más efectivo que la inmersión en agua fría para la recuperación del daño muscular y el dolor inducidos por la actividad física de alta intensidad.

Al obtener estos resultados que indican que el masaje ZNAR favorece la recuperación de variables fisiológicas y muestra una mejora en los niveles de daño muscular y percepción al dolor, se debe aclarar que estos se derivan de una sola aplicación, los efectos en estas variables de la aplicación continua de este masaje son inciertos, por lo que la recomendación de aplicación del masaje ZNAR es utilizarlo de manera previa o posterior a una competencia y en periodos prolongados de acumulación de carga en entrenamientos.

## Referencias bibliograficas

- Adamczyk, J. G., Krasowska, I., Boguszewski, D., y Reaburn, P. (2016). The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. *Journal of thermal biology*, 60, 20-25.
- Akimov, E. B., Andreev, R. S., Arkov, V. V., Kirdin, A. A., Saryanc, V. V., Sonkin, V. D., y Tonevitsky, A. G. (2009). Thermal "portrait" of sportsmen with different aerobic capacity. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 14, 7-16.
- Alonso, Z. (2016). *Influencia del masaje con crioterapia (ZNAR) sobre la recuperación posterior a una competencia en corredores de fondo (tesis de maestría)*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Al-Nakhli, H. H., Petrofsky, J. S., Laymon, M. S., y Berk, L. S. (2012). The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (59), e3551.
- Arnaiz-Lastras, F. J. (2017). *Monitoring the acute effects of recovery, training and competition on football players skin temperature with infrared thermography (tesis de doctorado)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ascensao, A., Leite, M., Rebelo, A., Magalhaes, S. y Magalhaes, 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. y Maehlum, S. (2007). *Lesiones deportivas: Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación*. Madrid. Editorial Panamericana
- Banfi, G., Lombardi, G., Colombini, A. y Melegati, G. (2010). Whole-Body Cryotherapy in Athletes. *Sports Med*; 40 (6)
- Barnett, A. (2006). Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. *Sports Medicine*, 36(9), pp.781-796. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200636090-00005>

- Bastos, F. N., Vanderlei, L. C. M., Nakamura, F. Y., Bertollo, M., Godoy, M. F., Hoshi, R. A., ... y Pastre, C. M. (2012). Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *International journal of sports medicine*, 33(11), 873-879.
- Biriukov, A. (2003). *El masaje deportivo*. Editorial paidotribo.
- Bleakley, A., Bieuzen, F., Davison, G. y Costello, J. (2014). Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5 25–36
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., yMaffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 96–97. <http://doi.org/10.1136/bjism.2005.020719>
- Brancaccio, P., Lippi, G., yMaffulli, N. (2010). Biochemicalmarkers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 757–767. <http://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- Brancaccio, P., Maffulli, N. y Limongelli, F. (2008). Creatin kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81-82(1), pp.209-230.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to rome?. *Frontiers in physiology*,5 (73).
- Calleja-González, J., Terrados, N., Martín-Acero, R., Lago-Peñas, C., Jukic, I., Mielgo-Ayuso, J., ... y Ostojic, S. (2018). Happiness vs. Wellness during the recovery process in high performance sport. *Frontiers in physiology*, 9, 1598.
- Calleja-González, J., Mielgo-Ayuso, J., Marques-Jiménez, D., Ostojic, S. M., Jukic, I., Huyghe, T., y Terrados, N. RECOVERY IN SPORTS: CHALLENGES 2020.
- Cafarelli, E. y Flint, F. (1992). The Role of Massage in Preparation For and Recovery From Exercise. *Sports Medicine*, 14(1), pp.1-9. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1641539>
- Cejuela, R. y Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of human sport & exercise*, 6 (2), pp. 218-232 Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17808/1/jhse\\_Vol\\_VI\\_N\\_II\\_218-232.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17808/1/jhse_Vol_VI_N_II_218-232.pdf)

- Cheung, K., Hume, P. y Maxwell, L. (2003). Delayed Onset Muscle Soreness. *Sports Medicine*, 33(2), pp.145-164. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12617692>
- Córdova, A. y Álvarez, M. (2012). *Inmunidad en el deporte*. Gymnos
- Costello, J. T., Algar, L. A. y Donnelly, A. E. (2010). Effects of whole-body cryotherapy (-110 °C) on proprioception and indices of muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 22(2), 190–198.
- Crane, J., Ogborn, D., Cupido, C., Melov, S., Hubbard, A., Bourgeois, J. y Tarnopolsky, M. (2012). Massage Therapy Attenuates Inflammatory Signaling After Exercise-Induced Muscle Damage. *Science Translational Medicine*, 4(119). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22301554>
- Dawson, B., Gow, S., Modra, S., Bishop, D. y 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), pp.210-221. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S144024400580012X>
- Dawson, K., Dawson, L., Thomas, A y Tiidus, P. (2011). Effectiveness of regular proactive massage therapy for novice recreational runners. *Physical Therapy in Sport*, 12 (2011) 182e187
- De Freitas, V. H., Ramos, S. P., Bara-Filho, M. G., Freitas, D. G., Coimbra, D. R., Cecchini, R., ... y Nakamura, F. Y. (2019). Effect of cold water immersion performed on successive days on physical performance, muscle damage, and inflammatory, hormonal, and oxidative stress markers in volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2), 502-513.
- Demirhand, B., Yaman, M., Cengiz, A., Saritas, N. y Gunay, M. (2015). Comparison of Ice Massage versus Cold-Water Immersion on Muscle Damage and DOMS Levels of Elite Wrestlers. *Anthropologist*, 19(1), 123-129
- Delextrat, A., Calleja-González, J., Hippocrate, A. y 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.
- Drucker, R. (2005). *Fisiología médica*. México. Editorial manual moderno.

- Ernst, E. (1998). Does post-exercise massage treatment reduce delayed onset muscle soreness? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 32(3), pp.212-214. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9773168>
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C. B., Lastras, J. A., Carmona, P. M. G., Cano, S. P., García-Concepción, M. Á., y Sillero-Quintana, M. (2015). Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28-55.
- García, E. y Seco, J. (2003). *Fisioterapia deportiva: técnicas físicas*. Madrid: Gymnos.
- Guyton, A. y Hall, J. (2000). *Textbook of medical physiology*. 1st ed. Philadelphia: Saunders.
- Halson, S. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), pp.139-147. Recuperado de [https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-014-0253-z?\\_\\_hstc=196135283.0bb2ae1552d2dda845881b6516c33848.1482796800081.1482796800082.1482796800083.1&\\_\\_hssc=196135283.1.1482796800084&\\_\\_hsfp=528229161](https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-014-0253-z?__hstc=196135283.0bb2ae1552d2dda845881b6516c33848.1482796800081.1482796800082.1482796800083.1&__hssc=196135283.1.1482796800084&__hsfp=528229161)
- Hauswirth, C., Louis, J., Bieuzen, F., Pournot, H., Fournier, J., Filliard, J. R. y Brisswalter, J. (2011). Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PloS one*, 6(12), e27749.
- Hemmings, B. (2000). Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(2), pp.109-114. Recuperado de <http://bjsm.bmj.com/content/34/2/109.full>
- Hernández-Cruz, G., Quezada-Chacón, J. T., González-Fimbres, R. A., Flores-Miranda, F. J., Naranjo-Orellana, J. y Rangel-Colmenero, B. R. (2017). Effect of consecutive matches on heart rate variability in elite volleyball players. *Revista de psicología del deporte*, 26(2), 9-14.

- Hernandez-reif, M., Field, T., Krasnegor, J. y Theakston, H. (2001). Lower Back Pain is Reduced and Range of Motion Increased After Massage Therapy. *International Journal of Neuroscience*, 106(3-4), pp.131-145. Recuperado de <http://isharonline.org/content/lower-back-pain-reduced-and-range-motion-increased-after-massage-therapy>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>th</sup> ed.). McGraw-Hill
- Hinds, T., Mcewan, I., Perkes, J., Dawson, E., Ball, D. y George, K. (2004). Effects of Massage on Limb and Skin Blood Flow after Quadriceps Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), pp.1308-1313. Recuperado de [http://physiosandringham.com.au/wp-content/uploads/2012/11/TessaHinds\\_massage\\_bloodflow\\_post-exercise1.pdf](http://physiosandringham.com.au/wp-content/uploads/2012/11/TessaHinds_massage_bloodflow_post-exercise1.pdf)
- Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., ... y Heiss, R. (2018). Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and diagnostics. *Sportverletzung· Sportschaden*, 32(04), 243-250.
- Howatson, G., Gaze, D. y van Someren, K. A. (2004). The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15, 416-422.
- Hunter, CA. y Jones, SA. (2015). IL-6 as a keystone cytokine in health and disease. *Nature immunology*. 16(5):448-57.
- Huter-Becker, A., Schewe, H. y Heipertz, W. (2005). *Terapia física*. Barcelona: editorial paidotribo.
- Ihsan, M., Watson, G. y Abbiss, C. (2016). What are the Physiological Mechanisms for Post-Exercise Cold Water Immersion in the Recovery from Prolonged Endurance and Intermittent Exercise?. *Springer International Publishing*, 10.1007/s40279-016-0483-3
- Ingram, J., Dawson, B., Goodman, C., Wallman, K. y Beilby, J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 417-421.

- Ironson, G., Field, T., Scafidi, F., Hashimoto, M., Kumar, M., Kumar, A., Price, A., Goncalves, A., Burman, I., Tetenman, C., Patarca, R. y Fletcher, M. (1996). Massage Therapy is Associated with Enhancement of the Immune System's Cytotoxic Capacity. *International Journal of Neuroscience*, 84(1-4), pp.205-217. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8707483>
- Isabell, W., Durrant, E., Mirer, W. y Anderson, S. (1992). The Effects of Ice Massage, Ice Massage with Exercise, and Exercise on the Prevention and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. *Journal of Athletic Training*, 27(3), 208-217.
- Issurin, V. (2012). *Entrenamiento Deportivo Periodización en Bloques*. Barcelona. Editorial Paidotribo.
- Kargarfard, M., Lam, E., Shariat, A., Shaw, I., Shaw, B. y Tamrin, S. (2015). Efficacy of massage on muscle soreness, perceived recovery, physiological restoration and physical performance in male bodybuilders. *Journal of Sports Sciences*, 34(10), pp.959-965. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26334128>
- Kumar, V., Abbas, A. y Aster, J. (2015). *Robbins y Cotran. Patología estructural y funcional*. Editorial Elsevier.
- Law, L. A. F., Evans, S., Knudtson, J., Nus, S., Scholl, K. y Sluka, K. A. (2008). Massage reduces pain perception and hyperalgesia in experimental muscle pain: a randomized, controlled trial. *The Journal of Pain*, 9(8), 714-721.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W. y Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), pp.233-240. Recuperado de <http://bjsm.bmj.com/content/early/2011/09/21/bjsports-2011-090061.short>
- Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F. y 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.
- Martin, D., Carl, K. y Lehnertz, K. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona. Editorial Paidotribo.

- Montero, F. J., Peinado, P. J., Ortega, A, y Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, II, pp.65-87.
- Moraska, A. (2005). Sports massage a comprehensive review. *Journal of sports medicine y Physical Fitness*, 45(3), pp370-380.
- Moreira, D. G., Costello, J. T., Brito, C. J., Adamczyk, J. G., Ammer, K., Bach, A. J., ... y Ferreira, J. J. (2017). Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology*, 69, 155-162.
- Morelli, M. (1991).H-reflex modulation during manual muscle massage of human triceps surae. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(11), pp.915-919. Recuperado de [http://www.archives-pmr.org/article/0003-9993\(91\)90011-7/abstract](http://www.archives-pmr.org/article/0003-9993(91)90011-7/abstract)
- Morelli, M., Seaborne, D. y Sullivan, S. (1990). Changes in H-Reflex Amplitude During Massage of Triceps Surae in Healthy Subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*, 12(2), pp.55-59. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18787257>
- Nelson, N. (2013). Delayed onset muscle soreness: Is massage effective?. *Journal Of Bodywork And Movement Therapies*, 17(4), 475-482.
- Nunes, G. S., Bender, P. U., de Menezes, F. S., Yamashitafuji, I., Vargas, V. Z. y Wageck, B. (2016). Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance Ironman triathlon: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 62(2), 83-87.
- Novakovac, P. y Sifta, P. (2010). Comparison of Effects of Various Methods of Recovery of Muscle after Applied Exercise. *IFMBE Proceedings*, 31, 1040-1043.
- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. y Meyer, T. (2016). Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. *Sports Med*, 46(2), pp.183-204. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26744335>
- Pournot, H., Bieuzen, F., Louis, J., Fillard, J. R., Barbiche, E. y Hausswirth, C. (2011). Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS one*, 6(7), e22748.

- Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., Ávila-Gandía, V., Marín-Pagán, C., Luque, A. y Alcaraz, P. E. (2017). Heart rate variability to assess ventilatory thresholds in professional basketball players. *Journal of sport and health science*, 6(4), 468-473.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. y Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (1). *Archivos de medicina del deporte*, 25(123), pp.41-47 Recuperado de [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Variabilidad\\_41\\_123.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Variabilidad_41_123.pdf)
- Rumpler, B. y Schutt, K. (1992). *El masaje*. Madrid: Editorial paidotribo.
- Sharma, G. y Mohamad, M., (2014). Effect of Ice Massage on Lower Extremity Functional Performance and Weight Discrimination Ability in Collegiate Footballers. *Asian J Sports Med*, 5(3): e23184.
- Shell, S. J., Slattery, K., Clark, B., Broatch, J. R., Halson, S., Kellmann, M. y Coutts, A. J. (2020). Perceptions and use of recovery strategies: Do swimmers and coaches believe they are effective?. *Journal of Sports Sciences*, 1-8.
- Shulman, K. (1996). The Effectiveness of Massage Therapy Intervention on Reducing Anxiety in the Workplace. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 32(2), pp.160-173.
- Silva, Y. A., Santos, B. H., Andrade, P. R., Santos, H. H., Moreira, D. G., Sillero-Quintana, M., y Ferreira, J. J. A. (2017). Skin temperature changes after exercise and cold water immersion. *Sport Sciences for Health*, 13(1), 195-202.
- Siqueira, A. F., Vieira, A., Bottaro, M., Ferreira-Júnior, J. B., de Toledo Nóbrega, O., de Souza, V. C., ... y Durigan, J. L. Q. (2018). Multiple cold-water immersions attenuate muscle damage but not alter systemic inflammation and muscle function recovery: a parallel randomized controlled trial. *Scientific reports*, 8(1), 1-12.

- Smith, L., Keating, M., Holbert, D., Spratt, D., McCammon, M., Smith, S. y Israel, R. (1994). The Effects of Athletic Massage on Delayed Onset Muscle Soreness, Creatine Kinase, and Neutrophil Count: A Preliminary Report. *Journal of Ortopedic & Sports Physical Therapy*, 19(2), pp.93-99. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8148868>
- Souglis, A., Bogdanis, G. C., Giannopoulou, I., Papadopoulos, C. H., y 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.
- Stanley, J., Peake, J. M. y Buchheit, M. (2013). Consecutive days of cold water immersion: effects on cycling performance and heart rate variability. *European journal of applied physiology*, 113(2), 371-384.
- Suay, F. (2003). *El síndrome de sobreentrenamiento: una visión desde la psicobiología de deporte*. Barcelona. Editorial paidotribo.
- Tiidus, P. (2015). Alternative treatments for muscle injury: massage, cryotherapy, and hyperbaric oxygen. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 8:162–167.
- Tiidus, P. (1997). Manual Massage and Recovery of Muscle Function Following exercise: A Literature Review. *Journal of Ortopedic & Sports Physical Therapy*, 25(2), pp.107-102.
- Tiidus, P. y Shoemaker, J. (1995). Effleurage Massage, Muscle Blood Flow and Long-Term Post-Exercise Strength Recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 16(07), pp.478-483. Recuperado de [http://www.worldcat.org/title/effleurage-massage-muscle-blood-flow-and-long-term-post-exercise-strength-recovery/oclc/5560019487&referer=brief\\_results](http://www.worldcat.org/title/effleurage-massage-muscle-blood-flow-and-long-term-post-exercise-strength-recovery/oclc/5560019487&referer=brief_results)
- Torres Lacomba, M. y Salvat Salvat, I. (2006). *Guía de masoterapia para fisioterapeutas*. 1st ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Tortora, G. y Derrickson, B. (2013). *Principios de anatomía y fisiología*. Panamericana
- Vetter, N. (2007). Editor's Choise. *British Medical Bulletin*, 84(1), pp.1-4.
- Viru, A. y Viru, M. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona. Editorial paidotribo.

- Wilmore, J. y Costill, D. (2010). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Paidotribo.
- Weerapong, P., Hume, P. y Kolt, G. (2005). The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Medicine*, 35(3), pp.235-256. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15730338>
- Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P. y Nosaka, K. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of athletic training*, 40(3), 174.
- Ziemann, E., Olek, R. A., Kujach, S., Grzywacz, T., Antosiewicz, J., Garszka, T. y Laskowski, R. (2012). Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *Journal of Athletic Training*, 47(6), 664–672.





**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Organización Deportiva**

Protocolo de Investigación

**"Influencia del masaje de recuperación "ZNAR" sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios"**

Investigador principal: Dr. Germán Hernández Cruz. Coordinador del Estudio: Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero. Co-investigador: MAFyD. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos



**1. Descripción de la intervención:**

El protocolo tendrá una duración de 20 días, se realizarán valoración tanto invasivas, como no invasivas. La intervención comenzara con la obtención de muestras sanguíneas basales de los sujetos para la obtención de parámetros como creatin kinasa, aspartato aminotransferasa, alanino aminotransferasa, interleucina 6, interleucina 10 y factor de necrosis tumoral alfa, así como mediciones de variabilidad de la frecuencia cardiaca y electromiografía de superficie. Se realizarán pruebas de ergo espirometría máximas, contracción voluntaria máxima y de composición corporal. Posteriormente se aplicará un protocolo de ejercicio controlado a máxima intensidad y al finalizar, se realizarán las pruebas contracción voluntaria máxima y electromiografía de superficie para posteriormente se aplicaran dos métodos de recuperación, el masaje de recuperación ZNAR y la inmersión parcial en agua fría a 15° C. Finalmente se volverán a realizar las tomas de variabilidad de la frecuencia cardiaca y la obtención de muestras sanguíneas para los parámetros como creatin kinasa, aspartato aminotransferasa, alanino aminotransferasa, interleucina 6, interleucina 10 y factor de necrosis tumoral alfa, para analizar su recuperación a las 24 y 48 horas.

**2. Muestras**

El protocolo requiere de 9 tomas de sangre capilar por sujeto durante ambas intervenciones. Dichas tomas ser realizarán para corroborar la evolución del participante. Los demás procedimientos que se llevarán a cabo son de carácter no invasivo siendo éstos, medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, mediciones corporales de antropometría y Absorcimetría con rayos X de doble energía, así como valoración de la percepción al esfuerzo y al dolor muscular.

**3. Participación**

La participación de los sujetos en esta investigación es totalmente voluntaria y sin remuneración, así mismo, no conllevará ningún costo para el participante. El sujeto tendrá la libertad tanto de rechazar la participación, así como el abandono de la investigación en cualquier momento sin sanción o pérdida de los beneficios a que tendría derecho antes de iniciar la investigación. Al término de la investigación se le hará entrega de un informe de manera individual al participante. Toda información suministrada para los registros es totalmente confidencial. Esta es una investigación financiada con recursos institucionales (UANL). L

**4. Enfermedades o lesiones**

Al ser un estudio totalmente controlado y esperando que dentro de la intervención no se sufra algún daño que pueda repercutir en una enfermedad, lesión o la muerte. En caso de la pérdida de la vida o muerte, los Investigadores quedan deslindados de toda responsabilidad. Así mismo,



**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Organización Deportiva**

Protocolo de Investigación

**"Influencia del masaje de recuperación "ZNAR" sobre el proceso inflamatorio y el daño muscular en atletas universitarios"**



Investigador principal: Dr. Germán Hernández Cruz. Coordinador del Estudio: Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero. Co-investigador: MAFyD. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos  
 puede comunicarse con el comité de Bioética en Ciencias de la Salud, COBICIS, UANL. Para que esta política aplique, Usted debe seguir las indicaciones del personal encargado de la aplicación de las mediciones, y no realizar acciones que contribuya o cause una lesión. Usted no renuncia a ninguno de sus derechos legales al firmar esta forma.

**5. Confidencialidad / Aviso de Privacidad**

De acuerdo con la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, los registros obtenidos mientras usted está en este estudio, como los llamados datos personales y datos sensibles, así como los registros de variables de estudio y de salud relacionados, permanecerán con carácter estrictamente confidencial en todo momento.

Su uso será exclusivo para el propósito de esta investigación. No se realizará transferencia de sus datos personales o sensibles a terceros. Queda excluido todo uso de sus datos recabados, con fines comerciales o de mercadotecnia. Al firmar la forma de consentimiento usted acuerda proporcionar el acceso a sus datos para el estudio actual. Se tomarán precauciones necesarias para proteger su información personal, sin incluir su nombre en ningún formato del patrocinador, reportes, publicaciones o en alguna revelación futura.

Si usted se retira del estudio, el Investigador Principal ya no compilará más su información personal, pero se podrán procesar los datos obtenidos. Usted tiene derecho al acceso, rectificación, cancelación u oposición a la divulgación de sus datos. Para ejercer este derecho Ud. deberá contactar al Investigador Principal o al Comité de Bioética quienes le comunicarán los procedimientos, requisitos y plazos, así como, en su momento, por vía telefónica, de cualquier cambio en este Aviso de Privacidad.

**6. Beneficios esperados**

Se espera encontrar una estrategia más eficiente, viable y de bajo costo para la recuperación post ejercicio para los deportistas.

**FIRMAS**

Yo he leído o me han leído todas y cada una de las 4 páginas de esta forma de consentimiento y los riesgos descritos. Voluntariamente acepto y me ofrezco para formar parte de este estudio. Firmando esta forma de consentimiento, certifico que toda la información que yo he dado, incluyendo el historial médico, es verdadera y correcta hasta donde es de mi conocimiento. Estoy en el entendido de que recibiré una copia de esta forma de consentimiento firmada.

\_\_\_\_\_  
 Nombre con letras de molde del Atleta.

\_\_\_\_\_  
 Firma

\_\_\_\_\_/ Día \_\_\_\_/ Mes \_\_\_\_/ Año \_\_\_\_/

Fecha



## Anexo 2. Imágenes del protocolo

### *Concentración*



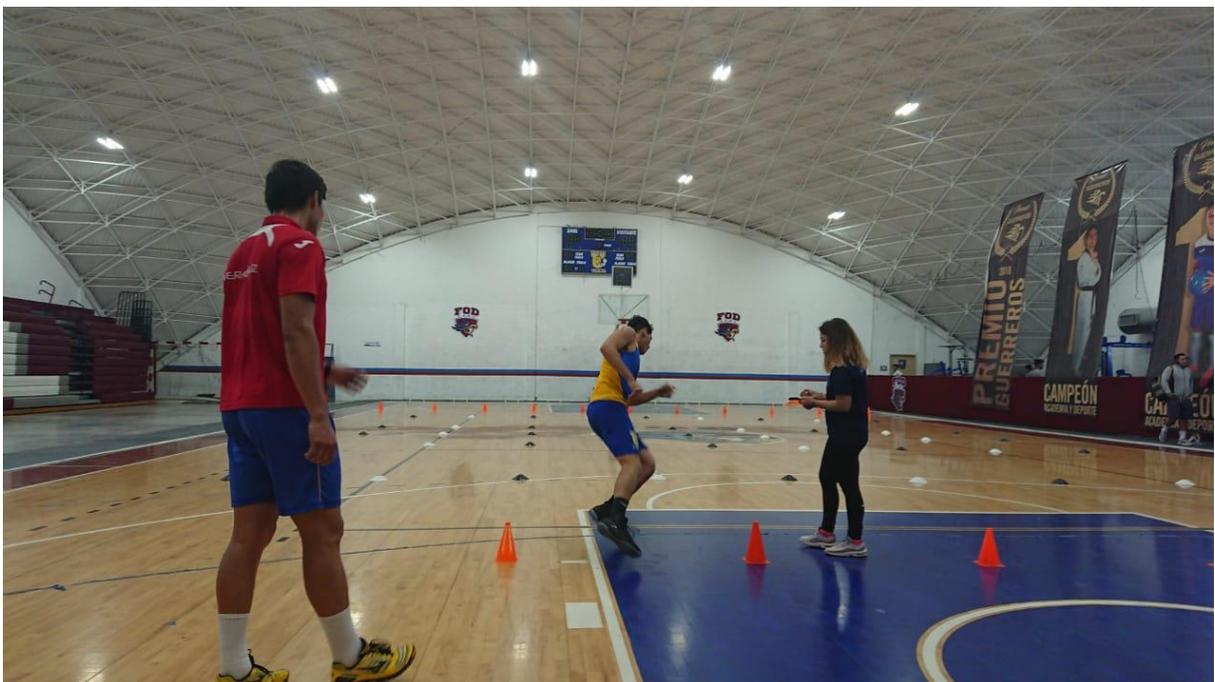
### *Explicación*



*Test de fatiga*



*Test de fatiga*



*Test de fatiga*



*Test de fatiga*



*Inmersión*



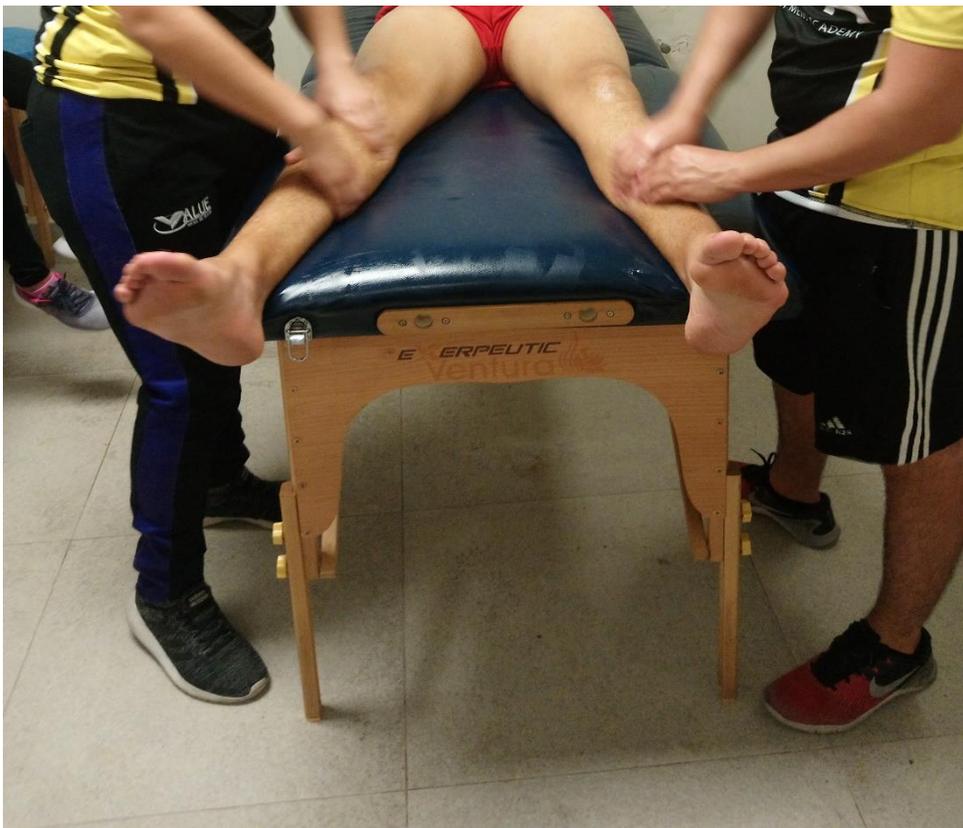
*Inmersión*



*Aplicación de hielo masaje ZNAR*



*Aplicación del masaje ZNAR*



*Toma de muestra*



toma de termografía



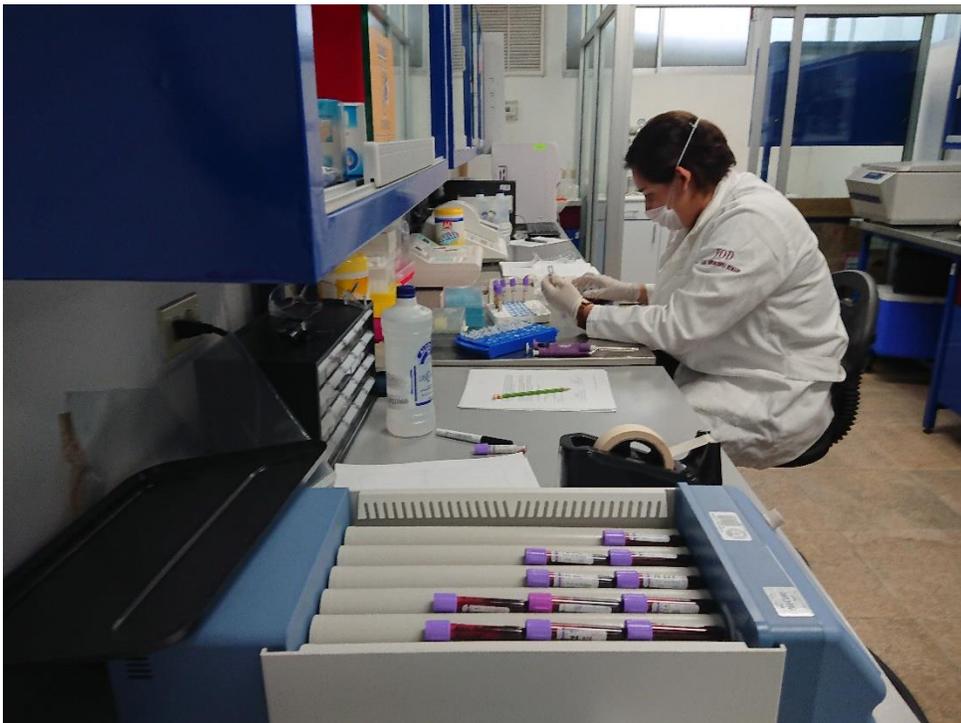
Toma de VFC



*Análisis de citocinas*



*Separación de muestras*



*Análisis de marcadores de daño muscular*

