

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA



**EFECTOS DE DISTINTAS TÉCNICAS DE RECUPERACION MUSCULAR TRAS
EL EJERCICIO INTENSO EN KARATECAS.**

AUTOR: CANDEL LEAL, DANIEL.

Nº expediente: 1000

TUTORA: Yolanda Nadal Nicolás

Departamento de cirugía y patología. Área de Fisioterapia.

Curso académico 2018 - 2019

Convocatoria de JUNIO

ÍNDICE.

	Página
RESUMEN.	1
ABSTRACT.	2
1. INTRODUCCIÓN.	3
1.1. KARATE.	3
1.2. DAÑO MUSCULAR.	4
1.3. KSAT TEST.	4
1.4. TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN MUSCULAR.	4
1.4.1.CRIOTERAPIA.	4
1.4.2.PRESOTERAPIA.	5
1.4.3.RECUPERACIÓN PASIVA.	7
2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.	7
3. OBJETIVOS.	7
4. MATERIAL Y MÉTODO.	8
4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.	8
4.2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.	8
4.3. METODOLOGÍA DE LAS VARIABLES A ESTUDIO.	9
4.3.1.VARIABLE DEL SPRINT DE 3 METROS.	9
4.3.2.VARIABLE DEL CMJ.	9
4.4. KSAT TEST.	10
4.5. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	10
4.5.1.PRESOTERAPIA.	10
4.5.2.CRIOTERAPIA.	10
4.5.3.TRATAMIENTO CONTROL.	11

5. RESULTADOS.	11
5.1. METODOLOGÍA DE LA OBTENCIÓN ESTADÍSTICA.	11
5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	11
6. DISCUSIÓN.	12
7. INDICACIONES Y DIRECCTRICES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.	14
8. SEGOS Y LIMITACIONES.	14
9. CONCLUSIONES.	15
10. ANEXO.	17
CONSENTIMIENTO INFORMADO	23
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	26



RESUMEN.

Introducción. El kárate tiene gran impacto en nuestro país. Debido a la carga de entrenamientos y competiciones, es necesario optimizar los tiempos de recuperación para que puedan llevarse a cabo en las mejores condiciones físicas. Mediante este estudio, evaluaremos la crioterapia y la presoterapia, como tratamientos para reducir los efectos producidos por el ejercicio intenso.

Objetivos. Valorar las diferencias de los resultados obtenidos tras la aplicación de dos métodos de recuperación muscular, la presoterapia y la crioterapia, con un grupo control de recuperación pasiva en karatekas varones entrenados y objetivar si estos métodos aceleran la recuperación después de realizar un ejercicio intenso.

Material y método. Se realizó un estudio cuasi experimental, donde se compararon los datos obtenidos en las variables de CMJ y Sprint de 3m, separados según el método de recuperación muscular aplicado y con un grupo control de recuperación pasiva. Las variables fueron medidas antes y después del protocolo de fatiga basado en KSAT-TEST, POST-TRATAMIENTO, 24h, 48h y 72h. Los sujetos a estudio fueron 10 karatekas del club deportivo Shingitai de Elche.

Resultados. Los datos significativos obtenidos no demuestran que la crioterapia y la presoterapia acorten los tiempos de recuperación con respecto al grupo control. Tampoco aclaran en qué momento es mejor aplicar cada técnica y si una da mejores resultados que la otra.

Conclusión. Según los datos obtenidos post- tratamiento en crioterapia, no es aconsejable realizar actividad física después de la crioterapia, ya que el rendimiento disminuye.

Palabras clave: Inmersión en agua fría, compresión neumática intermitente, recuperación, fatiga muscular.

ABSTRACT.

Introduction. Karate has great impact in our country. Due to the load of training and competitions, it is necessary to optimize the recovery times so that they can be carried out in the best physical conditions. Through this study, we will assess cryotherapy and pressotherapy, as treatments to reduce the effects produced by strenuous exercise.

Objectives. Assess the differences in the results obtained after the application of two methods of muscle recovery, pressotherapy and cryotherapy, with a control group of passive recovery in trained male karateka and objectify if these methods accelerate recovery after an strenuous exercise.

Material and method. A quasi-experimental study was carried out, comparing the data obtained in the CMJ and Sprint variables of 3m, separated according to the applied muscle recovery method and with a passive recovery control group. The variables were measured before and after the fatigue protocol based on KSAT-TEST, POST-TREATMENT, 24, 48 and 72h. The subjects to study were 10 karateka of the Shingitai sports club of Elche.

Results. The significant data obtained does not show that cryotherapy and pressotherapy shorten recovery times with regard to the control group. They also do not clarify when it is better to apply each technique and if one gives better results than the other.

Conclusion. According to the data obtained post-treatment in cryotherapy, it is not advisable to perform physical activity after cryotherapy, since the performance decreases.

Key words: Cold-water immersion, intermittent pneumatic compression, recovery, muscle fatigue.

1. INTRODUCCIÓN.

La recuperación entre las sesiones de entrenamiento y las competiciones es un determinante clave para la adaptación del entrenamiento a largo plazo y el desempeño exitoso. Una recuperación inadecuada después del ejercicio puede impedir a los atletas entrenar con la intensidad requerida o completar las cargas requeridas durante las sesiones de entrenamiento posteriores. También puede aumentar el riesgo de lesiones, enfermedades y sobreentrenamiento. El reconocimiento de la importancia de la recuperación ha estimulado un intenso interés en la eficacia de varias estrategias para promover una recuperación más rápida del ejercicio intenso. (Roberts, 2014).

En este trabajo de investigación participaron karatecas a los que se les valoraron la recuperación de la fatiga muscular después del ejercicio intenso mediante métodos de recuperación muscular como presoterapia y crioterapia, con el objetivo de observar los efectos de cada uno de ellos en karatecas competidores.

1.1. KARATE.

El karate es uno de los deportes más populares en todo el mundo. Varios estudios han demostrado que el perfil metabólico global es predominantemente aeróbico. Por lo tanto, la evaluación de la condición física es importante para evaluar la efectividad del programa de entrenamiento físico y la preparación de los karatekas para competir. (Chaabene, 2015). En la actualidad la práctica masiva del kárate en España es ya un hecho consumado, hay más de 65.000 federados en kárate y España se presenta como una potencia mundial en todas las modalidades y pruebas, tanto en hombres y mujeres, las cuales se proclamaron campeonas del mundo en 1994. Este deporte debutará a nivel olímpico en Tokio 2020. (Real Federación Española de Kárate).

Creemos que el gran número de federados en esta disciplina en España es motivo suficiente para llevarnos a realizar este trabajo en karatecas y valorar como reducir el daño muscular en estos deportistas después del ejercicio intenso.

1.2. DAÑO MUSCULAR.

Se entiende por daño muscular al resultado, tras el ejercicio intenso, del estrés mecánico de las fibras musculares, los procesos inflamatorios y el daño causado por los metabolitos por la acumulación de residuos metabólicos. (heapy, 2018).

Como consecuencia, si la intensidad del ejercicio supera a la que se realiza normalmente, suele generar un dolor que comienza aproximadamente 24h después del ejercicio y alcanza su punto máximo a las 72h. Este dolor se caracteriza por una disminución de la fuerza muscular y un aumento de las concentraciones de componentes intramusculares en el plasma. (Petrofsky, 2015)

Para poder evaluar periódicamente la condición física en la disciplina del Kárate y poder medir mejor las cargas de entrenamiento según la condición física del deportista se propone usar el método del KSAT TEST (Chaabene, 2015), el cual ha sido el método utilizado en nuestra investigación.

1.3. KSAT TEST.

La prueba de laboratorio en cinta de correr constituye el principal estudio empleado para evaluar el nivel de aptitud aeróbica en los karatecas. Este método de evaluación suele proporcionar validez y fiabilidad, pero su procedimiento requiere mucho tiempo y personal altamente capacitado. Además, las pruebas de laboratorio suelen ser ejercicios, como la carrera lineal, que no son específicos del deporte. Se ha propuesto la prueba aeróbica específica de karate (KSAT) para evaluar la condición física aeróbica de los karatecas, ya que esta consiste en una secuencia de golpes y combinaciones de patadas a un saco de boxeo intercalando periodos de descanso, obteniendo así el máximo nivel fisiológico del sujeto al realizar técnicas de karate específicas mediante la reducción de los periodos de recuperación. (Chaabene, 2015).

1.4. TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN MUSCULAR.

1.4.1. CRIOTERAPIA.

La crioterapia es la aplicación del frío con fines terapéuticos. El enfriamiento del cuerpo para acelerar la recuperación y el rendimiento son métodos muy utilizados por entrenadores y atletas. La

inflamación ocurre inmediatamente después de producirse daño muscular a causa del ejercicio intenso y se prolonga en el tiempo. Una atenuación de esta inflamación puede tener efectos beneficiosos en la recuperación del rendimiento muscular. (Abaidia, 2017).

En varios artículos se expone que los beneficios de la crioterapia son los siguientes:

- Induce a una menor frecuencia cardíaca debido a una disminución del estrés térmico. Tiene un efecto vasoconstrictor periférico y aminora las respuestas inflamatorias por reducción del metabolismo celular. (Piras 2019) (Yeung, 2016).
- Decrece el grado de dolor y aumenta la percepción de recuperación de 24 a 48h después del ejercicio. (Abaidia, 2017) (Yeung, 2016).
- La presión hidrostática (PH) por inmersión en agua a cualquier temperatura puede ofrecer un beneficio fisiológico y de rendimiento. (Anderson, 2018).
- La PH ejercida sobre el cuerpo cuando se sumerge en agua fría causa cambios en el fluido intracelular, reduciendo la inflamación y el edema, y por tanto, preservando la función y manteniendo el rendimiento muscular. (Yeung, 2016).
- Atenúa tanto la temperatura de la piel como la disminución de la oxigenación de los tejidos durante el ejercicio posterior. (Yeung, 2016).

La inmersión en agua fría (IAF), método empleado en este estudio, consiste en sumergir una parte o la totalidad del cuerpo (excepto la cabeza) en un baño de agua a temperatura inferior a 15°C durante un periodo de 10 a 12 minutos. (Abaidia, 2017).

1.4.2.PRESOTERAPIA.

La compresión neumática intermitente (CNI) ha sido utilizada como otra modalidad de recuperación muscular tras el ejercicio intenso. Históricamente ha sido utilizada para la prevención postoperatoria de la insuficiencia venosa y el desarrollo de trombosis venosa profunda. Sin embargo, hay poca información sobre la efectividad de esta modalidad para la recuperación post-ejercicio. (Hoffman, 2016).

La CNI ha ganado popularidad recientemente como una modalidad de recuperación después del ejercicio, con varios atletas que han apoyado anecdóticamente su uso para mejorar la recuperación después del ejercicio. No obstante, los hallazgos sobre la eficacia de las prendas de compresión para mejorar la recuperación siguen siendo equívocos. (Cochrane, 2013).

La presoterapia consiste en la aplicación de presiones de forma secuencial por medio de unidades fabricadas comercialmente. Estos dispositivos consisten en mangas inflables para las extremidades inferiores y superiores, conectadas por un tubo a un compresor computerizado programable. Las fundas inflables tienen múltiples celdas que permiten un uso independiente de las mismas, control de la presión, tiempo y duración del pulso. Estos compartimentos se inflan y desinflan neumáticamente con ayuda de un sistema peristáltico de compresión de pulsos, donde la secuencia continúa a lo largo de las extremidades hasta que transcurra el tiempo de tratamiento. (Cochrane, 2013).

Distintos autores argumentan que la presoterapia produce diversos beneficios:

- Aumenta el retorno venoso y linfático y reduce la hinchazón. Mejora la hemodinámica y la isquemia de las extremidades y la cicatrización de las úlceras. Los beneficios para mejorar el rendimiento son la reducción de la hinchazón y el dolor muscular y provocar cambios en la hemodinámica local, lo que puede aumentar el flujo sanguíneo para acelerar la eliminación de residuos metabólicos. Las prendas de compresión pueden actuar como soporte mecánico para mantener las estructuras musculares en su lugar y reducir la cantidad de movimiento, mitigando la respuesta inflamatoria y atenuando el daño a tejidos blandos. (Cochrane, 2013).
- Mejora la flexibilidad, el dolor muscular, la hinchazón muscular y el linfedema. Además, mejora la capacidad contráctil local en un modelo de recuperación aguda de un protocolo de fatiga muscular. También actúa como una forma de "masaje" mecánico en las extremidades, y puede ser superior en la alteración del flujo sanguíneo de las extremidades por lo que puede tener un efecto sobre el BLa y la recuperación. (Martin, 2015).

(Tabla 1. Parámetros utilizados en CNE y CNI en los estudios revisados).

1.4.3. RECUPERACIÓN PASIVA.

La recuperación pasiva hace referencia a la inactividad post-ejercicio, a la ejecución de nada fuera de lo ordinario y al retorno intrínseco al estado de homeostasis tras la realización de actividad física intensa.

Dormir es probablemente la forma más básica e importante de recuperación pasiva que puede adoptar el atleta. Una buena conciliación del estado de sueño durante siete a nueve horas puede proporcionar un tiempo de adaptación invaluable para el ajuste físico, neurológico, inmunológico y emocional de los deportistas. La reducción voluntaria o involuntaria del tiempo dedicado al sueño es contraproducente por ocasionar un importante agotamiento del sistema nervioso, la disminución de la capacidad de trabajo y de las capacidades de defensa. (Barnett, 2006)

2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.

Numerosos estudios revisados han hablado de las distintas propiedades fisiológicas y físicas que nos aportan las técnicas de presoterapia y crioterapia, todas ellas favorables para predecir un resultado positivo en cuanto a conseguir acelerar el proceso de recuperación normal del cuerpo. Nuestra hipótesis se basa en que mediante el tratamiento con presoterapia o con crioterapia podemos conseguir mejores marcas en el salto con contramovimiento (CJM) y en el Sprint 3m que en el grupo control de recuperación pasiva, lo que nos llevaría a saber si la presoterapia y la crioterapia realmente aceleran la recuperación muscular. Por lo tanto, nuestra pregunta de hipótesis es: ¿Son la crioterapia y la presoterapia dos tratamientos que aceleren la recuperación muscular después de un ejercicio intenso?

3. OBJETIVOS.

A. Valorar las diferencias de los resultados obtenidos tras la aplicación de dos métodos de recuperación muscular, la presoterapia y la crioterapia, con un grupo control de recuperación pasiva en karatekas varones entrenados.

A.1. Evaluar que método es más efectivo.

A.2. Discernir en qué momento producen los mejores resultados las distintas técnicas.

B. Objetivar si la crioterapia y la presoterapia realmente son técnicas efectivas para la recuperación muscular.

4. MATERIAL Y MÉTODO.

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Se trata de un estudio cuasi experimental. El estudio tuvo lugar en la clínica NadalFisioterapia dentro del término municipal de Elche. La duración del estudio fue de 21 días y los días de intervención fueron viernes, sábado, domingo y lunes. La población a estudio fueron karatecas varones del club deportivo Shingitai de Elche. Se pidió consentimiento al comité de ética e investigación de la Universidad de Alicante.

Los criterios de inclusión fueron:

- Estar en posesión mínima de Cinturón Negro primer DAN.
- Aceptar la condición de no entrenar durante los días de intervención.
- No poder recibir durante los días de intervención ningún método de tratamiento para la recuperación muscular.
- No padecer ninguna patología o algún proceso que pudiera alterar los datos del estudio.

Las variables del estudio fueron:

- Counter Movement Jump (CMJ).
- Sprint de 3 metros.

4.2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.

Se contactó con el club deportivo Shingitai de Elche para informar del estudio que queríamos realizar y todos los interesados fueron citados en la clínica Nadal Fisioterapia para informar directamente a los posibles candidatos del proceso que se llevaría a cabo en el estudio. Los posibles sujetos fueron informados de que las intervenciones tendrían lugar desde el viernes al lunes de cada semana del estudio y que durante esos días no podrían entrenar ni recibir ningún tipo de tratamiento para la recuperación muscular para no alterar los resultados del estudio. Se captaron 10 sujetos para la

muestra del estudio y se les hizo firmar el consentimiento informado. El rango de edad de los participantes del estudio estuvo entre 18 y 35 años.

El procedimiento a seguir durante los días de intervención fue el siguiente:

Se les citó viernes y se les tomaron los datos del resultado de las 2 variables, sprint de 3m y del CMJ por este orden, en basal (la marca la denominaremos PRE TEST). Seguidamente realizaron el KSAT test y se volvió a medir las 2 variables (POST TEST). Por último, se realizó la primera intervención con uno de los tratamientos de recuperación sorteado de forma aleatoria y se les volvió a medir las variables a estudio (POST TRATAMIENTO). A las 24h (sábado), 48h (domingo) y 72h (lunes) se volvieron a medir las variables a estudio. Todos los participantes del estudio recibieron tratamiento con crioterapia, presoterapia y el tratamiento control, uno cada semana del estudio.

4.3. METODOLOGÍA DE LAS VARIABLES A ESTUDIO.

4.3.1.VARIABLE DEL SPRINT DE 3 METROS.

El procedimiento a seguir fue marcar el inicio y el final de la distancia de la prueba (3m) y mediante la señal, preparados, listos, ya, el sujeto a estudio tuvo que realizar la prueba en menor tiempo posible y el tiempo se recogió mediante el uso de fotocélulas que fueron utilizadas por recomendaciones bibliográficas en el estudio realizado por (Heredia Jimenez, 2009). El sprint se realizó dos veces y se recogió el registro más bajo de tiempo.

4.3.2.VARIABLE DE CJM.

Se basa en un salto vertical con una metodología específica. En el suelo hay un espacio delimitado donde está situada la plataforma que registra la distancia efectuada, donde debe tomar el impulso y caer el participante. Los sujetos practicaron antes de la prueba una vez para familiarizarse con el método de salto. El resultado del test se registró en la plataforma tipo "Ergojump" donde se realizó el salto según el método descrito por Bosco. (Bosco, 1983) (Figura 1. CMJ). Éste se realizó 2 veces y se recogió para el estudio la mejor marca.

4.4. KSAT TEST.

La prueba fue diseñada con dos señales auditivas, la primera para indicar a los participantes cuándo comenzar los ejercicios y la segunda para indicar cuándo deben descansar (7 segundos después). El participante golpeó con la máxima intensidad en todos los golpes. (Figura 2. Golpes utilizados en KSAT test). El tiempo para completar los ciclos de ejercicios permaneció igual, 7 segundos, mientras que el tiempo de recuperación entre ciclos disminuyó progresivamente (20s, 15s, 13s, etc.) como viene descrito en (Figura 3. Resultados KSAT test). Cuando el participante no pudo completar el ciclo con el conjunto de movimientos dos veces en el intervalo de 7 segundos o cuando hubo una clara disminución en la intensidad de las técnicas, se obtuvo el resultado final de la prueba. (Chaabene, 2015). (Figura 3. Resultados KSAT test).

4.5. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

4.5.1.PRESOTERAPIA.

El tratamiento consistió en la aplicación de aire mediante compresión neumática en piernas, abdomen y brazos de distal a proximal con una duración de 20 segundos por zona. En piernas las cámaras estaban a la altura de pies, gemelos, poplíteo, y muslos. En los brazos estaban divididas en brazo y antebrazo y en el abdomen en dos zonas. El ciclo completo duró 2 minutos, comenzando después un nuevo ciclo de distal a proximal. El tiempo total de duración fue de 30 minutos. Para el tratamiento se siguió el programa preestablecido por el fabricante para la recuperación muscular. La máquina utilizada fue el equipo de presoterapia modelo IR-9102.

4.5.2.CRIOTERAPIA.

Se realizó mediante la inmersión completa del cuerpo, excepto la cabeza, en agua a temperatura de 10° y con una duración de 15 minutos. Siguiendo recomendación bibliográfica según Hohenauer. (Hohenauer, 2015)

4.5.3. TRATAMIENTO CONTROL.

Recuperación pasiva con paciente en camilla en decúbito supino durante 20 minutos, siguiendo recomendaciones bibliográficas de Heapy. (Heapy, 2018)

5. RESULTADOS.

5.1. METODOLOGÍA DE LA OBTENCIÓN ESTADÍSTICA.

Los resultados estadísticos se han obtenido agrupando las marcas alcanzadas por los participantes en el estudio, con mediciones pretest, post-test, post-tratamiento y tras las 24, 48 y 72 horas posteriores, diferenciando por un lado los datos del CMJ y por otro los del sprint de 3M. Como referencia para la comparación de los resultados, se ha elegido la marca basal (pre-test). Esta ha sido restada de cada uno de los marcadores posteriores (post-test, post-tratamiento,...), tras lo que se ha averiguado la media y la desviación típica, distribuidas según la técnica de recuperación muscular utilizada (crioterapia, presoterapia y grupo control). Finalmente se han obtenido los intervalos de confianza al 95%, comprobando si incluían o no el valor "0", y así determinar si los datos son significativos o no. (TABLA 2. INTERVALOS DE CONFIANZA PARA ANALIZAR LOS RESULTADOS)

Estos datos estadísticos se han realizado en base a la metodología de interpretación estadística utilizada por Cochrane. (Cochrane, 2013)

5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En el grupo de Crioterapia se ha producido una reducción significativa del CMJ en la medición Post-tratamiento con respecto al Pretest [IC 95% = (-8.61, -4.19)]. En el grupo Control se ha producido una reducción significativa del CMJ tanto en la medición Post-tratamiento con respecto al Pretest [IC 95% = (-4.13, -0.38)] y en la medición 24h con respecto al pretest [IC 95% = (-3.49, -0.87)].

En cuanto a Sprint 3M se ha producido en el grupo de Crioterapia un incremento significativo entre el Post test con respecto al pretest [IC 95% = (0.01, 0.07)], y también entre Post tratamiento con respecto al pretest [IC 95% = (0.03, 0.11)]. En cuanto a la Presoterapia observamos una reducción significativa entre las 72h con el pretest [IC 95% = (-0.12, -0.01)].

Al observar el solapamiento de los intervalos en cada medición vemos que:

- Post test frente a Pretest: No se observan diferencias significativas entre los tres grupos considerados porque para cada variable, sus intervalos de confianza, están solapados.
- Post tratamiento frente a Pretest: Se observa que la reducción de CMJ ha sido significativamente mayor en Crioterapia [IC 95% = (-8.61, -4.19)] frente a Presoterapia [IC 95% = (-0.03, 0.04)] y grupo control [IC 95% = (-4.13, -0.38)]. Respecto a Sprint no hay diferencias significativas.
- 24h frente a Pretest: No se observan diferencias significativas entre los tres grupos considerados porque para cada variable sus intervalos de confianza están solapados.
- 48h frente a Pretest: No se observan diferencias significativas entre los tres grupos considerados porque para cada variable sus intervalos de confianza están solapados.
- 72h frente a Pretest: No se observan diferencias significativas entre los tres grupos considerados porque para cada variable sus intervalos de confianza están solapados.

(TABLA 2. INTERVALOS DE CONFIANZA PARA ANALIZAR LOS RESULTADOS)

6. DISCUSIÓN.

Históricamente, en el ámbito clínico, el propósito de la CNI ha sido mejorar el tiempo de recuperación mediante reducción del edema, disminución de la presión venosa, aumento de la velocidad venosa y promover el flujo sanguíneo de la piel. La expectativa era que la CNI aliviara el trauma posterior al ejercicio intenso. Sin embargo, los hallazgos obtenidos en nuestro estudio y el de Cochrane contradicen nuestra hipótesis sobre que la CNI acelera el rendimiento muscular tras el ejercicio intenso. Esto podría deberse a factores específicos, como por ejemplo, que la recuperación muscular y el rendimiento después del ejercicio intenso son multifactoriales y es probable que incluyan la reparación y adaptación de los tejidos, así como la resíntesis del glucógeno muscular. Por el contrario, la recuperación postoperatoria y las diversas patologías requieren de un tratamiento específico y especializado. En este estudio y en el de Cochrane se evaluaron personas sanas, por lo que es aceptable que las respuestas fisiológicas de la CNI podrían ser muy distintas en un entorno

saludable en comparación con pacientes que padecen una afectación patológica, que puede ser un requisito para que la CNI sea eficaz. (Cochrane, 2013).

En el estudio realizado por Heapy (Heapy, 2018), donde tampoco obtuvieron resultados significativos con respecto a la CNI como tratamiento para acortar los tiempos de recuperación, se señaló como posible factor causal la dieta que los sujetos a estudio siguieron durante los días previos a las pruebas y durante éstas, señalando que este hecho pudo haber impactado en los resultados. En nuestro estudio no hicimos ningún seguimiento de la alimentación que seguían los deportistas, lo cual podría verse reflejado en los resultados.

Un estudio realizado por Yeung (Yeung, 2016), utilizó la IAF comparándola con un grupo control para comprobar su efectividad sobre el rendimiento en dos sesiones de ejercicios en un mismo día. En su estudio señala que los efectos fueron la disminución de la frecuencia cardíaca y temperatura de la piel, un aumento de la oxigenación muscular en el grupo de inmersión en agua fría y también una disminución de la percepción de dolor a las 24h después del ejercicio. Sin embargo, no hubo cambios significativos sobre el rendimiento muscular en la segunda sesión de ejercicio. Una de nuestras conclusiones obtenidas es que nada más aplicar el tratamiento de crioterapia se producen datos significativos respecto a la reducción de las capacidades físicas del deportista, lo cual podría corroborar que realizar dos sesiones de entrenamiento el mismo día no es viable.

Otra investigación en la que se realizó IAF durante 12 minutos a 14°C y 5°C, comparándolo con un grupo control (Anderson, 2018) tuvo un efecto insignificante sobre el dolor muscular antes de las 72h. Tampoco se consiguió un beneficio adicional para la recuperación después de realizar ejercicio intenso. Además, puntualiza que la inmersión a 5°C fue más efectiva que la de 14°C en la restauración de la potencia máxima a las 24 y 48h después del ejercicio, y que el grupo control 24 y 72h después del ejercicio. En nuestro estudio la IAF se aplicó a una temperatura de 10°C durante 15 minutos y tampoco obtuvimos datos significativos sobre beneficios de recuperación muscular. Esto podría corroborar también la afirmación de Cochrane donde resaltaba que debe haber reparación y adaptación de los tejidos, así como resíntesis del glucógeno muscular para producirse recuperación muscular. (Cochrane, 2013).

Crowe et al. (Crowe, 2017) afirman que las disminuciones en el flujo sanguíneo después de la IAF pueden ser perjudiciales para el rendimiento cuando el atleta necesita competir de nuevo, ya que la disminución en la temperatura muscular se ha relacionado con una reducción en la potencia y en la fuerza muscular. En nuestros hallazgos concluimos también que en los datos post-tratamiento con crioterapia se pudieron producir una reducción de las capacidades físicas del deportista debido a que los resultados que fueron obtenidos tanto en el CMJ como en el Sprint de 3m señalaron una reducción significativa.

7. INDICACIONES Y DIRECTRICES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.

Este diseño de estudio ha sido escogido por numerosos autores. Aunque la bibliografía en la CNI y en la IAF es escasa en cuanto a estudios favorables para conseguir acelerar la recuperación muscular, han sido numerosos los efectos fisiológicos que ayudan al optimismo. En el estudio para la recuperación muscular se podría incluir un mayor control de la dieta o incluso contrataría un dietista para supervisar la alimentación durante el estudio, y así dar por sentado que esta variable no repercute negativamente en los resultados. La recuperación muscular es un proceso multifactorial (Cochrane, 2013), por lo que se podría considerar que si se quiere valorar si una técnica acelera o no la recuperación muscular, se debería aplicar la misma dieta en todos los sujetos a estudio para que ese resultado fuese lo más evidente posible. No he encontrado ningún estudio donde se controle totalmente y podría ser muy interesante que se pudiera hacer en un futuro.

8. SESGOS Y LIMITACIONES.

Durante el proceso de realización del estudio y viendo los resultados hemos encontrado limitaciones y posibles situaciones que han podido verse reflejadas en los resultados. Las marcas realizadas por los sujetos a estudio tanto en el Sprint de 3m como en el CMJ, tuvieron en algunos casos picos llamativos que pudieron alterar las medias estudiadas. Para reducir este tipo de situación se tomó de muestra dos marcas por sujeto, validándose finalmente la mejor de las dos, aunque se mantuvieron las alteraciones de los resultados. Posiblemente se trate de un sesgo de no respuesta, que se produce cuando el grado

de motivación de un sujeto que participa voluntariamente en una investigación puede variar sensiblemente en relación con otros sujetos.

La metodología de la realización del CMJ posiblemente no permitió realizar las marcas a un nivel óptimo. El CMJ no es un ejercicio habitual en el entrenamiento para karatecas, por lo que alguno de los sujetos no tuvo la adaptación necesaria para realizar la prueba a una intensidad correcta. Antes de tomar las marcas definitivas se practicó una vez pero igual no fue suficiente.

El número de sujetos a estudio fue una limitación. No se pudo conseguir un tamaño mayor de la muestra y esto podría haber influido en los resultados obtenidos. Otra limitación ha sido la escasa bibliografía que existe sobre los tratamientos para la recuperación muscular con CNI y IAF. También lo fue el no saber qué presión se aplicó con el equipo de presoterapia, pese a ponernos en contacto con el fabricante y no obtuvimos respuesta.

9. CONCLUSIONES.

Las conclusiones según los resultados recopilados no dejan claro si la crioterapia o la presoterapia aceleran la recuperación muscular, ya que los datos significativos que se han obtenido en los resultados van en dirección contraria a la esperada. En vez de producirse un aumento del registro en los distintos momentos de medición, en el caso del CMJ, se produjo un decremento que no nos aporta información relevante.

En el caso de los registros hallados en el Sprint de 3m, se observó que la presoterapia en su medición de 72h, con respecto al pretest, se obtuvieron datos significativos ya que la marca ha sido menor que en el post-test con respecto al pretest. Por tanto, se puede sostener que a las 72h se alcanza beneficios de recuperación muscular con esta técnica, pero estos datos no son concluyentes porque la posible mejoría no se confirma con los datos obtenidos en el CMJ en el mismo periodo de tiempo.

En los datos referentes a la IAF podemos apreciar que en el post-tratamiento con respecto al pretest se producen datos significativos negativos tanto en los registros del Sprint de 3m como en el del CMJ, por lo que después de aplicar la IAF no sería recomendable realizar actividad física, ya que el rendimiento se ve afectado.

Por estos motivos, no podemos sacar conclusiones positivas de los resultados ni aceptar nuestra hipótesis sobre que la presoterapia y la crioterapia puedan acelerar el proceso de recuperación muscular en deportistas después de un ejercicio intenso. Los hallazgos tampoco aclaran en qué momento es más efectivo el tratamiento con estas dos técnicas ni si son técnicas efectivas para recuperación muscular después de un trabajo intenso.



10. ANEXO.

TABLA 1 DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN CNE Y CNI EN LOS ESTUDIOS REVISADOS.

Estudio descrito	Presión del manguito	Ciclo de trabajo	Ciclo de descanso	Número de cámaras	Tiempo total tratamiento
Heapy, 2018	80 mmHg	40 segundos 8 – 10s x cámara	15 segundos	4	20 minutos
Hoffman, 2016	80 mmHg	40 segundos 8 – 10s x cámara	15 segundos	4	20 minutos
Cochrane, 2013	Mixto Cámara 1: 70 mmHg Cámara 2,3 y 4: 80 mmHg Cámara 5: 60 mmHg	2.5 minutos 30 segundos x cámara	30 segundos	5	30 minutos
Martin, 2015	70mmHg	5 minutos 1 minuto x cámara	30 segundos	5	30 minutos

TABLA 2. INTERVALOS DE CONFIANZA PARA ANALIZAR LOS RESULTADOS.

CMJ	Post-test – Pretest	Post-tratamiento – Pretest	24h – Pretest	48h – Pretest	72h – Pretest
Crioterapia	IC 95% = (-1.23, 2.15)	IC 95% = (-8.61, -4.19)	IC 95% = (-2.57, 0.29)	IC 95% = (-2.33, 0.19)	IC 95% = (-2.99, 1.01)
Preso	IC 95% = (-1.6, 2.82)	IC 95% = (-3.01, 0.71)	IC 95% = (-4.59, 1.05)	IC 95% = (-1.77, 0.83)	IC 95% = (-2.33, 0.77)
Control	IC 95% = (-1.09, 3.13)	IC 95% = (-4.13, -0.38)	IC 95% = (-3.49, -0.87)	IC 95% = (-1.87, 0.03)	IC 95% = (-3.55, 0.09)
<u>Sprint 3M</u>	Post-test – Pretest	Post-tratamiento – Pretest	24h – Pretest	48h – Pretest	72h – Pretest
Crioterapia	IC 95% = (0.01, 0.07)	IC 95% = (0.03, 0.11)	IC 95% = (-0.08, 0.08)	IC 95% = (-0.03, 0.07)	IC 95% = (-0.04, 0.07)
Preso	IC 95% = (-0.05, 0.02)	IC 95% = (-0.03, 0.04)	IC 95% = (-0.07, 0.06)	IC 95% = (-0.09, 0.01)	IC 95% = (-0.12, -0.01)
Control	IC 95% = (-0.07, 0.04)	IC 95% = (-0.02, 0.05)	IC 95% = (-0.09, 0.01)	IC 95% = (-0.08, 0.02)	IC 95% = (-0.05, 0.02)

FIGURA 1: CMJ.



El salto CMJ se realiza partiendo el sujeto desde una posición erguida y con las manos en las caderas. A continuación se realiza un salto hacia arriba por medio de una flexión seguida lo más rápidamente de una extensión de piernas. La flexión de las rodillas debe llegar hasta un ángulo de 90 grados y hay que evitar que el tronco efectúe una flexión con el fin de eliminar cualquier influencia positiva al salto que no provenga de las extremidades inferiores. Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento de contacto con la plataforma se debe apoyar en primer lugar la zona del metatarso y posteriormente la parte posterior del pie. (Bosco, 1983)

FIGURA 2:GOLPES UTILIZADOS EN KSAT TEST.



El protocolo de prueba del KSAT test consiste en un conjunto secuencial de combinaciones de golpes directos y patadas giratorias en un saco de boxeo suspendido. La combinación incluía un puñetazo directo con brazo delantero, Kizami zuki (Figura A) seguido de una patada, Mawashi Geri, con pierna trasera derecha (Figura B), un puñetazo directo con brazo trasero, Yako Suki (Figura C) y patada, Mawashi Geri, con pierna trasera izquierda (Figura D). El tiempo para completar este conjunto de movimientos con precisión y sin prisas, dos veces, se fijó en 7 segundos.(Chaabene, 2015).

FIGURA 3: RESULTADOS KSAT TEST.

Los resultados del KSAT-TEST se obtuvieron a partir de la siguiente tabla:

Table 1. Final test protocol exercises, cycles, activity periods, rest periods, exercise times and the cumulative time of the test protocol.

Exercise	Cycles	Activity (s)	Rest (s)	Exercise Total (s)	Cumulative (s)
1	10	7	20	270	0
2	6	7	15	132	270
3	6	7	13	120	402
4	6	7	11	108	522
5	6	7	9	96	630
6	6	7	7	84	726
7	6	7	5	72	810
8	6	7	4	66	882
9	6	7	3	60	948
10	6	7	2	54	1008
11	15	7	1	120	1062
<i>Total</i>				<i>1182</i>	

En la primera ronda de ejercicios se realizan 10 ciclos, donde los participantes debían completar la secuencia de golpes, dos veces, en 7 segundos como viene descrita en (**FIGURA 2: GOLPES UTILIZADOS EN KSAT TEST**). En esta primera ronda el tiempo de descanso, entre cada secuencia de golpes, fue de 20 segundos.

En la segunda ronda de ejercicios, se realizaron 6 ciclos completando la secuencia en 7 segundos y con un tiempo de descanso, entre secuencias, de 15 segundos. Y así sucesivamente con los valores descritos en la tabla.

Finalmente los resultados se anotaban según los ciclos completados, la ronda a la que llegó el deportista y el tiempo total de la prueba que ha alcanzado. Por ejemplo: Ciclo 5 de la ronda 6, 707 segundos.

(Nunan, 2006)

LEYENDA DE TÉRMINOS.

BLa: Concentración de lactato en sangre.

CMJ: Salto con contramovimiento (Counter Movement Jump).

CNE: Compresión neumática externa.

CNI: Compresión neumática intermitente.

IAF: Inmersión en agua fría.

KSAT: Prueba aeróbica específica de karate.

PH: Presión hidrostática.



**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO DE EFECTOS DE DISTINTAS
TÉCNICAS DE RECUPERACION MUSCULAR TRAS EL EJERCICIO INTENSO EN
KARATECAS.**

D. como paciente mayor
de edad, con domicilio en DNI nº
.....

DECLARO:

Que Dña. Yolanda Nadal Nicolás y/o D. Daniel Candel Leal, me han explicado:

1.- Identificación, descripción y objetivos del procedimiento.

Investigadores del Área de Fisioterapia de la Universidad Miguel Hernández de Elche, pretenden realizar un estudio sobre los efectos de dos tipos técnicas de recuperación (presoterapia o crioterapia) sobre parámetros físicos y fisiológicos en karatekas. Los resultados que se obtengan servirán para poder establecer líneas de intervención paliativas para reducir los efectos musculares tras el ejercicio intenso.

El procedimiento que se propone consiste en realizar un protocolo de fatiga mediante un test específico de la modalidad deportiva y un posterior tratamiento de recuperación. Se llevará a cabo diferentes evaluaciones de test de rendimiento deportivo: sprint y salto.

2.- Beneficios que se espera alcanzar

Yo no recibiré ninguna compensación económica ni otros beneficios por ser evaluado/a. En cualquier caso, si la investigación tuviera éxito, podría ayudar a planificar estrategias de recuperación deportiva optimizadas para la mejora de parámetros de salud y rendimiento deportivo.

3.- Alternativas razonables

La decisión de participar el trabajo experimental o y de completar los datos sobre la evaluación *es totalmente voluntaria*, pudiendo negarme a recibirla e incluso pudiendo revocar mi consentimiento en cualquier momento, sin tener que dar explicación alguna y sin perjuicio para mi consideración personal.

4.- Consecuencias previsibles de su realización y de la no realización

Si decido libre y voluntariamente realizar el protocolo de fatiga, así como la posterior estrategia de recuperación y ser evaluado tanto anterior como posteriormente, tendré derecho a decidir ser o no informado de los resultados de la investigación, si es que ésta se lleva finalmente a cabo.

5.- Riesgos frecuentes y poco frecuentes

No se esperan riesgos de lesión ni alteraciones de la salud de los sujetos.

6.- Riesgos y consecuencias en función de la situación clínica personal del paciente y con sus circunstancias personales o profesionales.

Ninguno

7.- Protección de datos personales y confidencialidad.

La información sobre mis datos personales y de salud será incorporada y tratada en una base de datos informatizada cumpliendo con las garantías que establece la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal y la legislación sanitaria.

La cesión a otros centros de investigación, se realizará mediante un procedimiento de disociación por el que se generará un código de identificación que impida que se me pueda identificar directa o indirectamente.

Asimismo, se me ha informado que tengo la posibilidad de ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición al tratamiento de datos de carácter personal, en los términos previstos en la normativa aplicable.

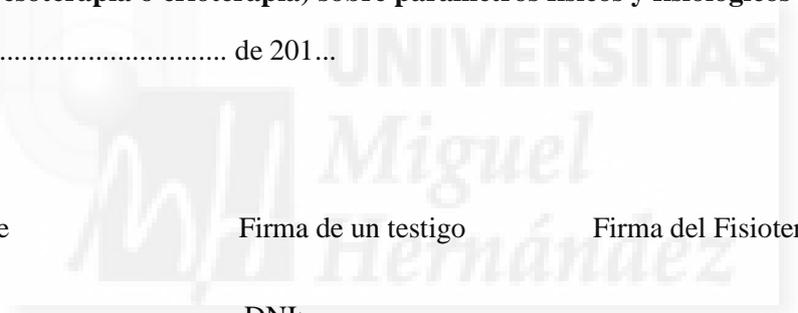
Si decidiera revocar el consentimiento que ahora presto, los datos obtenidos de la exploración en ese momento seguirán formando parte de la investigación.

8.- Responsable del proyecto

El responsable del proyecto de investigación es Dña. Yolanda Nadal Nicolás, profesora del Área de Fisioterapia de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y en tales condiciones estoy de acuerdo y **CONSIENTO participar en el estudio sobre los efectos de dos tipos técnicas de recuperación (presoterapia o crioterapia) sobre parámetros físicos y fisiológicos en karatekas.**

En de de 201...



Firma del paciente

Firma de un testigo

Firma del Fisioterapeuta

DNI:

Fdo.:

Fdo.:.....

Fdo.:.....

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

RESPONSABLE DEL PROYECTO

Dña. Yolanda Nadal Nicolás

.....

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

D./D^a como paciente (o representante del paciente D.....), de años de edad, con domicilio en DNI. nº Revoco el consentimiento prestado en fecha..... , que doy con esta fecha por finalizado y sin tener que dar explicaciones.

En de de 200...

Firma del paciente

Firma de un testigo

Firma del Fisioterapeuta

DNI:

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abaïdia AE, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, et al. Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage: Cold-Water Immersion Versus Whole-Body Cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017 Mar;12(3):402-409.
2. Anderson D, Nunn J, Tyler CJ. The effect of cold (14 °C) versus ice (5°C) water immersion on recovery from intermittent running exercise. *J Strength Cond Res*. 2018 Mar; 32(3):764-771.
3. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help?. *Sports Med*. 2006; 36(9):781-96.
4. Bosco, C, Luhtanen, P, and Komi, P V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983; 50:273–282,
5. Chaabene H, Hachana Y, Franchini E, Tabben M, Mkaouer B, Negra Y, et al. Criterion Related Validity of Karate Specific Aerobic Test (KSAT). *Asian J Sports Med*. 2015 Sep; 6(3).
6. Cochrane DJ, Booker HR, Mundel T, Barnes MJ. Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise?. *Int J Sports Med*. 2013 Nov;34(11):969-74.
7. Crowe MJ, O'Connor D, Rudd D. Cold water immersion reduces anaerobic performance. *Int J Sports Med* 2007; 28: 994–998.
8. Heapy AM, Hoffman MD, Verhagen HH, Thompson SW, Dhamija P, Sandford FJ, et al. A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running - an extended study. *Res Sports Med*. 2018 Jul-Sep;26(3):354-364.
9. Heredia Jimenez JM, Chirsa Ríos IJ, Roldán Casas JA, Chirsa Ríos LJ. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprints repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts Med Esport*. 2009; 164 : 163-73.

10. Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. *Rev Bras Fisioter* 2011; 15(3): 233–240.
11. Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ. A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016 May; 46(5):320-6.
12. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2015 Sep 28; 10(9)
13. Machado AF1, Almeida AC2, Micheletti JK1, Vanderlei FM1, Tribst MF1, Netto Junior J et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2017 Nov; 27(11): 1356-1363.
14. Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. Acute Effects of Peristaltic Pneumatic Compression on Repeated Anaerobic Exercise Performance and Blood Lactate Clearance. *J Strength Cond Res.* 2015 Oct; 29(10): 2900-6.
15. Nunan D. Development of a sports specific aerobic capacity test for karate - a pilot study. *J Sports Sci Med.* 2006 Jul 1; 5(CSSI):47-53.
16. Petrofsky JS, Khowailed IA, Lee H, Berk L, Bains GS, Akerkar S, et al. Cold Vs. Heat After Exercise-Is There a Clear Winner for Muscle Soreness. *Strength Cond Res.* 2015 Nov;29(11).
17. Piras A; Campa F; Toselli S; Rocco D; Raffi M. Physiological responses to partial-body cryotherapy performed during concurrent strength and endurance session. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019 Jan; 44(1):59-65.
18. Real Federación de Kárate. <http://www.rfek.es>

19. Roberts LA, Nosaka K, Coombes JS, Peake JM. Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function after resistance exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2014 Oct 15; 307(8).
20. Vieira A, Oliveira AB, Costa JR, Herrera E, Salvini TF. Cold modalities with different thermodynamic properties have similar effects on muscular performance and activation. *Int J Sports Med* 2013; 34(10): 873–880.
21. Yeung SS, Ting KH, Hon M, Fung NY, Choi MM, Cheng JC, et al. Effects of Cold Water Immersion on Muscle Oxygenation During Repeated Bouts of Fatiguing Exercise: A Randomized Controlled Study. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Jan; 95(1).

