

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA CIENCIAS DEL MOVIMIENTO HUMANO Y CALIDAD DE VIDA

**EFFECTOS DEL PREENFRIAMIENTO POR INMERSIÓN
EN AGUA FRÍA SOBRE EL ESTRÉS TÉRMICO,
FUNCIÓN NEUROMUSCULAR, CARGA EXTERNA E
INTERNA Y DOLOR PERCIBIDO DURANTE UNA
CARRERA CONTRARRELOJ**

Andrea Gabriela Fallas Campos

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en Salud, para optar al grado de *Magister Scientiae*

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica

2021

**EFFECTOS DEL PREENFRIAMIENTO POR INMERSIÓN EN AGUA FRÍA
SOBRE EL ESTRÉS TÉRMICO, FUNCIÓN NEUROMUSCULAR, CARGA
EXTERNA E INTERNA Y DOLOR PERCIBIDO DURANTE UNA CARRERA
CONTRARRELOJ**

Andrea Gabriela Fallas Campos

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en Salud, para optar por el grado de *Magister Scientiae*.

Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la
Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

**EFFECTS OF COLD WATER IMMERSION PRECOOLING ON THERMAL
STRESS, NEUROMUSCULAR FUNCTION, EXTERNAL AND INTERNAL LOAD
AND PERCEIVED PAIN DURING A TIME TRIAL RUN**

Andrea Gabriela Fallas Campos

Thesis submitted for consideration by the Examining Court of the Postgraduate Program in Comprehensive Health and Human Movement with an emphasis on Health, to opt for the degree of Magister Scientiae. Meets the requirements established by the Graduate Studies System of the National University of Costa Rica

Heredia, Costa Rica

Miembros del Tribunal Examinador

MSc. Randall Gutiérrez Vargas

Representante Consejo Central de Posgrado

MSc. Luis Blanco Romero

Coordinador, Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano

Dr. Braulio Sánchez Ureña

Tutor

MSc. Juan Carlos Gutiérrez Vargas

Miembro del Comité Asesor

MSc. Luis Rojas Campos

Miembro del Comité Asesor

Andrea Fallas Campos

Sustentante

RESUMEN

Objetivo: analizar el efecto del preenfriamiento por inmersión en agua fría sobre el estrés térmico, función neuromuscular, carga externa e interna y dolor percibido en una prueba contrarreloj en corredores entrenados. Metodología: Se trató de un estudio experimental contrabalanceado. Un total de 21 participantes fueron asignados a los grupos de forma aleatoria: grupo experimental 1 (inmersión agua termoneutral) y grupo experimental 2 (inmersión en agua fría). Todos los participantes realizaron una inmersión en agua (termoneutral: 22°C fría: 12°C) durante 12 min y posteriormente corrieron una prueba contrarreloj de 5000 metros. Previo y posterior a la prueba se les midieron variables de función neuromuscular y estrés térmico y durante la misma se evaluó variables de temperatura ótica y carga externa e interna. Posterior a un descanso controlado de 24 horas se repitió la prueba contrarreloj en donde los participantes invirtieron las condiciones en cuanto a la modalidad de inmersión. Hubo diferencias por momento de medición en salto contramovimiento (Pre > Post_{Run}, F_(2,81): 7.40, p<0.05), RPE (Post_{Run} > Pre, F_(2,81): 118.27, p<0.01), VASPain (Post_{Run} > Pre, F_(2,81): 21.11, p<0.01), peso (Pre > Post_{Run}, F_(2,81): 75.29, p<0.01), temperatura ótica (Post_{Run} > Pre, F_(3,164): 24.86, p<0.01) y hematocrito (Pre > Post_{Run}, F_(2,81): 4.36, p<0.05). Se presentaron diferencias significativas por condición en RPE (CWI > TWI, F_(1,82): 6.72, p<0.05). Hubo un descenso en la temperatura de la piel post inmersión la cual fue diferente entre condiciones y mediciones (TWI > CWI, F_(4,164): 27.20 – 63.08, p<0.05). El preenfriamiento por CWI y TWI provocan las mismas respuestas termales, perceptuales y de carga física durante una prueba contrarreloj de cinco kilómetros.

Palabras Clave: ejercicio; regulación de temperatura corporal; prevención y control.

ABSTRACT

Objective: to analyze the effect of pre-cooling by immersion in cold water on thermal stress, neuromuscular function, external load, and subjective recovery in a time trial in trained runners. Methodology: This will be a counterbalanced experimental study. A total of 21 participants were randomly divided into two groups: experimental group 1 (thermoneutral water immersion) and experimental group 2 (cold water immersion). All participants were immersed in water (thermoneutral: 22 ° C; cold: 12 ° C) for 12 min and subsequently ran a 5000 metros time trial. Before and after the test, variables of neuromuscular function and heat stress were measured and during the test, variables of aural temperature and external load were evaluated. After a 24-hour break, the time trial was repeated in which the participants reversed the conditions. There were differences by measurement moment in countermovement jump (Pre > PostRun, $F_{(2,81)}: 7.40, p<0.05$), RPE (PostRun > Pre, $F_{(2,81)}: 118.27, p<0.01$), VASPain (PostRun > Pre, $F_{(2,81)}: 21.11, p<0.01$), weight (Pre > PostRun, $F_{(2,81)}: 75.29, p<0.01$), aural temperature (PostRun > Pre, $F_{(3,164)}: 24.86, p<0.01$) and hematocrit (Pre > PostRun, $F_{(2,81)}: 4.36, p<0.05$). There were differences by condition in RPE (CWI > TWI, $F_{(1,82)}: 6.72, p<0.05$). There was a drop in skin temperature after immersion that was different between conditions (TWI > CWI, $F_{(4,164)}: 27.20 - 63.08, p<0.05$). Precooling by CWI and TWI elicits the same thermal, perceptual, and physical load responses during a five-kilometer time trial.

Keywords: exercise; regulation of body temperature; prevention and control.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a mi familia por siempre promover mis sueños, mis empresas y aceptarme incondicionalmente durante cada etapa de mi vida. Su existencia emociona mi vida de mil maneras y es una suerte contar con su apoyo. Este momento es gracias a ustedes.

Agradezco a la Universidad Nacional, que me dio la oportunidad de estudiar y realizar mis sueños de ser una profesional. A todos los y las docentes, compañeros y compañeras por compartir tantos momentos, conocimientos y motivación estos años. Igualmente es necesario reconocer a las personas asistentes y participantes que, gracias a su talento y compromiso de participar en esta investigación en medio de una pandemia, esto fue posible.

Agradezco a mi tutor de tesis, Braulio Sánchez Ureña, por su excelente disposición a brindar guía, consejo y cooperación durante todo el proceso. Gracias por siempre haber sido un facilitador para llevar a cabo las experiencias propuestas en esta tesis y también, por su impacto positivo en mi formación como investigadora.

También quiero agradecer a mis asesores, Juan Carlos Gutiérrez Vargas y Luis Rojas Campos, por la paciencia, confianza y motivación para lograr este trabajo. Es un gusto contar con su guía y ayuda durante todo este tiempo.

Además, agradecer profundamente a Nasdia por ser una excelente profesional que me guió en un momento muy difícil en donde tuve que lidiar con mi salud mental. Actualmente hay creencias erradas sobre los trastornos mentales: suelen ser vistos como debilidad de carácter, mala educación, o falta de motivación, pero la verdad es que son enfermedades que deben ser identificadas, tratadas y acompañadas. Gracias a su profesionalismo, paciencia y claridad, logré sentirme mejor y continuar con este objetivo de vida.

Gracias infinitas.

DEDICATORIA

Para Daniel Rojas Valverde, a vos especialmente te dedico esta tesis. Sin tu apoyo, empuje y motivación no hubiera podido terminar este proceso. También a nuestros tres gatos, Carmelo, Ora y Juanky, que completan nuestra pequeña familia.

Dani, sos inspiración diaria para romper viejas estructuras y reconstruirnos día a día en el amor. No puedo dejar de agradecerte, por tanto.

ÍNDICE

Resumen.....	VI
Abstract.....	VII
Agradecimientos.....	VIII
Dedicatoria.....	IX
Índice de tablas.....	XIII
Índice de figuras.....	XIV
Lista de abreviaturas.....	XV
Descriptores.....	XVI
Capítulo I. Introducción	
<i>Planteamiento y delimitación del problema</i>	1-2
<i>Preguntas de investigación</i>	1-2
<i>Justificación</i>	2-5
<i>Hipótesis</i>	6
<i>Alternativa</i>	6
<i>Nula</i>	6
<i>Objetivos</i> ..	7
<i>Objetivo general</i>	7
<i>Objetivos específicos</i>	7
Capítulo II. Marco conceptual	
<i>Beneficios y riesgos asociados a la carrera de resistencia</i>	8
<i>Estrés térmico como factor lesivo en corredores de resistencia</i>	9-10
<i>Estrés térmico y su impacto sobre el ejercicio</i>	11-12

<i>Agua fría como factor preventivo y rehabilitación contra el estrés térmico</i>	12-13
<i>Preenfriamiento como nueva tendencia para mitigar estrés físico</i>	13-14
<i>Efecto de correr sobre la temperatura corporal interna</i>	15-17
<i>Efecto de correr sobre la T^o_{Piel}</i>	17-18
<i>Efecto del preenfriamiento en la carga externa e interna</i>	18-19
<i>Efecto del preenfriamiento en la función neuromuscular</i>	20

Capítulo III. Metodología

<i>Diseño y tipo de estudio</i>	21-22
<i>Participantes</i>	23
<i>Instrumentos y procedimientos</i>	24
<i>Caracterización de la muestra</i>	24
<i>Función neuromuscular</i>	25
<i>Percepción de esfuerzo y dolor</i>	25
<i>Estrés térmico</i>	25-28
<i>Control de carga externa e interna</i>	29
<i>Temperatura ambiental</i>	29
<i>Protocolo de inmersión</i>	30
<i>Protocolo prueba contrarreloj</i>	30
<i>Análisis estadístico</i>	30-31

Capítulo IV. Resultados

<i>Función neuromuscular</i>	32
------------------------------------	----

<i>Percepción de esfuerzo y dolor</i>	33
<i>Estrés térmico</i>	34-35
<i>Control de carga externa e interna</i>	36
Capítulo V. Discusión	
<i>Función neuromuscular</i>	37-38
<i>Percepción de esfuerzo y dolor</i>	38-39
<i>Estrés térmico</i>	40-41
<i>Control de carga externa e interna</i>	41-42
<i>Limitaciones</i>	43
Capítulo V. Conclusiones.....	44
Capítulo VI. Recomendaciones.....	45-46
Referencias.....	47-55
Anexos	
<i>Anexo 1</i>	57-65
<i>Anexo 2</i>	66-73
<i>Anexo 3</i>	74-80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias en salto contramovimiento según condición y momento de medición.....	32
Tabla 2. Diferencias en percepción del esfuerzo y el dolor según condición y momento de medición.	33
Tabla 3. Diferencias en peso, hematocrito y temperatura ótica según condición y momento de medición.	34
Tabla 4. Diferencias en temperatura de la piel de miembros inferiores según condición y momento de medición.	35
Tabla 5. Diferencias en variables de carga externa e interna de carrera según condición y momento de medición.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cascada de eventos fisiológicos provocados por la inmersión en agua fría.....	5
Figura 2. Esquema de flujo de evaluaciones y fases experimentales. CMJ: salto contramovimiento, T° Ótica: temperatura ótica, T° Piel: temperatura piel, TT: contrarreloj, TWI: inmersión en agua termoneutral, CWI: inmersión agua fría, RPE: percepción del esfuerzo, Hto: hematocrito.	22
Figura 3. Agrupación de variables dependientes por categoría de medición.....	24
Figura 4. Regiones de interés termográfica anteriores (a. PRE-, b. Post _{WI} y c.Post _{Run}) e inferiores (b. PRE-, d. Post _{WI} y f. Post _{Run}).....	28

LISTA DE ABREVIATURAS

CIEMHCAVI: Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida

CECUNA: Comité Ético Científico de la Universidad Nacional

CMJ: salto contramovimiento

CWI: inmersión en agua fría

F: factor

Hto: hematocrito

IAAF: International Association of Athletic Federations

ROI: regiones de interés

RPE: esfuerzo percibido

TGBH: índice de estrés termal

TE: tamaño del efecto

T[°]Ótica: temperatura ótica

T[°]Piel: temperatura de la piel

TT: contrarreloj

TWI: inmersión en agua termoneutral

UNA: Universidad Nacional

VASP_{Pain}: dolor percibido

WI: inmersión en agua

DESCRIPTORES

Medicina deportiva

Ejercicio físico

Servicios preventivos de salud

Deportes

Prevención y control

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento y delimitación del problema

En el ámbito de las ciencias del movimiento humano se han desarrollado múltiples metodologías y protocolos con el fin no solo de mejorar el rendimiento físico sino de preservar la salud de las personas durante la práctica de ejercicio. Lo anterior se ha realizado con el objetivo de anticiparse a cualquier condición adversa provocada por el ejercicio y el ambiente. De esta manera, se han desarrollado tecnologías, medios y métodos que ayudan al cuerpo a prepararse para la carga externa e interna a la cual se expone durante el ejercicio físico en esfuerzos moderados o intensos.

Uno de estos métodos es la inmersión en agua fría, que ha causado interés y por ende la publicación de múltiples estudios sobre sus efectos preventivos sobre la salud, el rendimiento y la recuperación poscarga. A pesar de este esfuerzo por estudiar cómo influye las inmersiones en agua fría en el cuerpo, no se ha llegado a un consenso sobre su real efectividad a nivel de carga externa e interna, neuromuscular y carga térmica.

Por lo anterior, se han planteado las siguientes **preguntas de investigación**: 1) ¿Tienen las inmersiones de agua fría algún efecto protector sobre el estrés térmico, función neuromuscular, carga externa e interna y recuperación subjetiva en una prueba contrarreloj en corredores entrenados? 2) ¿Existe alguna diferencia entre la inmersión en agua termoneutral y de agua fría en las variables de estrés térmico, función neuromuscular, carga

externa e interna y recuperación subjetiva en una prueba contrarreloj en corredores entrenados?

1.2. Justificación

Debido a los acelerados avances tecnológicos y el auge en el conocimiento en el área deportiva acerca de técnicas de entrenamiento, competición y recuperación, la comunidad científica internacional se ha abocado a explorar nuevas metodologías para la mejora del rendimiento. Una de estas nuevas técnicas es el preenfriamiento (Lynch et al., 2018), el cual se describe como la forma de intentar disminuir la temperatura corporal, para que una vez se desencadenen los procesos metabólicos normales del ejercicio, el cuerpo no exceda los límites térmicos normales y óptimos para el buen desempeño físico (Bongers et al., 2017).

Cuando se realiza ejercicio, una considerable cantidad de calor es liberado por el cuerpo mediante diferentes vías fisiológicas como lo son la convección, evaporación, radiación y conducción. Cuando se realiza ejercicio en ambientes de alta humedad y temperatura como los realizados en escenarios tropicales, se bloquean dos mecanismos de pérdida del calor como lo son el intercambio de calor entre la piel y el medio ambiente y la evaporación por medio de la sudoración, esto conlleva a un aumento de la temperatura interna (Ross et al., 2013).

En un entorno con tan desafiantes condiciones, la evidencia científica reciente indica que la temperatura corporal alta podría ser el principal factor limitante para la consecución de rendimiento óptimo (Thomas et al., 2006), lo cual puede provocar una función disminuida

a nivel neuromuscular (Nybo and Nielsen, 2001), estrés cardiovascular y trastornos metabólicos (Duffield, 2008; Marino, 2002a; Quod et al., 2006). De hecho, este aumento de temperatura se ha asociado a alteraciones en la velocidad durante pruebas de resistencia (Gutiérrez-Vargas et al., 2018b).

Para contrarrestar la hipertermia, en el deporte se ha utilizado frío utilizando una serie de métodos y protocolos, entre los que se encuentran chalecos fríos (Katica et al., 2018) , ingesta de hielo molido (Best et al., 2018; Naito et al., 2017), enfriamiento de cabeza (Walters et al., 2017) y miembros inferiores (Sánchez-Ureña et al., 2018b), rocío de agua fría en el rostro (Stevens et al., 2017), frío tópico (Best et al., 2018), rocío por ventilador (Lynch et al., 2018), ingesta de bebidas frías (Hasegawa et al., 2006) y métodos que combinan varias de las anteriores (Aldous et al., 2019a).

Los métodos de enfriamiento supra citados han demostrado ser efectivos (Choo et al., 2018) y otros no han logrado demostrar con suficiente evidencia su capacidad para mejorar el rendimiento físico (Aldous et al., 2019b; Duffield and Marino, 2007; Marino, 2002b). La consecución del triunfo en el deporte es una labor muy compleja debido a los múltiples factores que intervienen en el éxito deportivo, por ejemplo, se ha encontrado que una de las dificultades para certificar la efectividad de estas técnicas es la forma en la que se cuantifica la temperatura corporal como respuesta a la exposición al frío sabiendo que la modificación de la temperatura es esencial para los diferentes procesos fisiológicos encargados de preparar y recuperar al cuerpo entre cargas físicas (Imai et al., 2018; Maley et al., 2018).

Esta medición de temperatura se ha realizado previamente mediante técnicas diversas, entre ellas, temperatura rectal (Siegel et al., 2010) y temperatura de la piel (Quod et al., 2006), sensaciones y muy escasamente se ha utilizado la temperatura interna gastrointestinal, la cual es reflejo certero de la actividad metabólica (Gutiérrez-Vargas et al., 2018a). Es fundamental contar con evidencia del grado de cambio de la temperatura interna debido a la aplicación de técnicas de enfriamiento para así adjudicarle a ello la mejora del rendimiento físico en las pruebas deportivas. Lo anterior se ha realizado en otras áreas mediante la cuantificación de la temperatura gastrointestinal mediante píldoras de medición remota.

La efectividad de las técnicas de enfriamiento varía según la disciplina, la prueba y las condiciones climatológicas (Hasegawa et al., 2006). Pero está claro que lograr este equilibrio de la temperatura corporal interna mediante estas técnicas de preenfriamiento cobra mucha importancia en condiciones de temperatura y humedad elevadas (Zhao et al., 2018), en donde el cuerpo humano lucha por mantener el equilibrio térmico constantemente; y en donde disipar el calor se torna más complejo en deportes de alta exposición por su intensidad y su duración (Gutiérrez-Vargas et al., 2018b).

Considerando que en el deporte pueden existir una serie de condiciones ambientales adversas para la práctica deportiva, evidenciado previamente en estudios recientes para lograr el éxito deportivo, preservar la salud de los atletas durante la competencia, y como método adicional a la preparación física, recuperación, técnicas nutricionales y psicológicas, se ha evidenciado que las inmersiones de agua fría provocan una serie de beneficios (ver figura 1.) que lograrían mitigar el efecto dañino de la temperatura elevada en el cuerpo humano durante el ejercicio.

1.3. Hipótesis

Se establecieron cuatro hipótesis alternativas y cuatro nulas para el presente estudio:

1.3.1. Alternativas:

Hi1: El preenfriamiento es un método efectivo para mitigar el estrés térmico.

Hi2: El preenfriamiento es un método efectivo para mantener la función neuromuscular.

Hi3: El preenfriamiento es un método efectivo para disminuir la carga externa e interna al correr.

Hi4: El preenfriamiento es un método efectivo para mejorar el dolor percibido.

1.3.2. Nulas

Ho1: El preenfriamiento no es un método efectivo para mitigar estrés térmico.

Ho2: El preenfriamiento no es un método efectivo para mantener la función neuromuscular.

Ho3: El preenfriamiento no es un método efectivo para disminuir la carga externa e interna al correr.

Ho4: El preenfriamiento no es un método efectivo para disminuir el dolor percibido.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el efecto del preenfriamiento por inmersión en agua fría sobre el estrés térmico, función neuromuscular, carga externa e interna y dolor percibido en una prueba contrarreloj en corredores entrenados.

1.4.2. Objetivos específicos

Indagar sobre las diferencias entre la inmersión en agua termoneutral y la inmersión en agua fría en las respuestas de estrés térmico.

Explorar las diferencias entre la inmersión en agua termoneutral y la inmersión en agua fría en las respuestas de carga externa e interna.

Identificar las diferencias entre la inmersión en agua termoneutral y la inmersión en agua fría en las respuestas neuromusculares.

Investigar las diferencias entre la inmersión en agua termoneutral y la inmersión en agua fría sobre el dolor percibido.

Capítulo II

MARCO CONCEPTUAL

2.1. Beneficios y riesgos asociados a la carrera de resistencia

Es bien conocido que la actividad física regular reduce el riesgo de enfermedades crónicas y mortalidad prematura (Riebe et al., 2015). El Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM por sus siglas en inglés), recomienda que todos los adultos sanos entre 18 y 65 años deben participar en actividad física aeróbica de intensidad moderada durante un mínimo de 30 minutos en cinco días a la semana y entrenamiento de fuerza dos veces por semana (Riebe et al., 2015). Además, la actividad física prolongada e intensa puede proporcionar pequeños beneficios adicionales para la salud. Por el contrario, el ejercicio extenuante frecuente podría conducir a una afección proinflamatoria que provoque varios problemas de salud que afecten la función cardiovascular, musculoesquelética, renal y respiratoria. (Almekinders and Engle, 2019; Barros et al., 2017; Rojas-Valverde et al., 2020b; Tiller, 2019; Tiller et al., 2020).

La participación en carreras de resistencia ha aumentado considerablemente, especialmente en los últimos 20 años (Scheer, 2019), e incluye distancias de carrera sobre la distancia estándar de maratón (> 42,195 km), eventos cronometrados de más de 6 horas de duración o eventos de varios días o etapas múltiples (Scheer, 2019; Scheer et al., 2020a). En 2019, más de 7.400 eventos de resistencia en todo el mundo, con más de 669.000 actuaciones grabadas en adultos (Deutsche Ultramarathon Vereinigung, 2019). También ha habido un aumento significativo en la participación de jóvenes menores de 19 años (Scheer and Hoffman, 2019; Scheer et al., 2020b).

2.2. Estrés térmico como factor lesivo en corredores de resistencia

La investigación relacionada con eventos de resistencia se ha centrado principalmente en alteraciones fisiológicas, bioquímicas y médicas agudas inmediatamente o poco después de los eventos. La participación en estos eventos generalmente afecta las respuestas antiinflamatorias y proinflamatorias que conducen a varios problemas clínicos y preclínicos agudos (Barros et al., 2017). Aun así, es necesario realizar análisis más profundos para explorar si estos eventos adversos repetidos predisponen a una afección a largo plazo.

De hecho, en Costa Rica se ha reportado que este tipo de eventos puede causar complicaciones neuromusculares, renales y bioquímicas (Gutiérrez-Vargas et al., 2017, 2018b; Rojas-Valverde et al., 2019b, 2019a, 2020a). Estos estudios en zona tropicales han sentado las bases de la evidencia científica relacionada con el estudio de las posibles complicaciones que se presentan en estos deportes. Los estudios en Costa Rica han destacado la importancia de explorar métodos que permitan subsanar estas complicaciones o prevenir el impacto de esta actividad de resistencia en el cuerpo (Gutiérrez-Vargas et al., 2017, 2018b; Rojas-Valverde et al., 2019b, 2019a, 2020a).

Uno de los factores que se conoce influyen en la salud y rendimiento en pruebas de resistencia es el calor. En entornos de laboratorio, cuando los atletas realizan ejercicio aeróbico intenso en el calor y se hipo hidratan a un nivel de pérdida de masa corporal del 2% o más, o cuando comienzan a hacer ejercicio a este nivel, el estrés fisiológico aumenta significativamente y el rendimiento disminuye. Por ejemplo, durante el ejercicio en el calor, la temperatura corporal central y la frecuencia cardíaca (FC) aumentan de 0.12 °C a 0.25 °C

y de 3 a 5 latidos/min, respectivamente, por cada 1% de la masa corporal perdida (Casa et al., 2010). El aumento de la temperatura central con el aumento del déficit de agua indica que los ajustes fisiológicos son necesarios y efectivos para mantener la pérdida de calor cuando se reduce la tasa de sudoración y el flujo sanguíneo cutáneo. La deshidratación reduce el volumen total de agua en el cuerpo, lo que resulta en una reducción del volumen sanguíneo central y, por lo tanto, del flujo sanguíneo de la piel (American College of Sports Medicine et al., 2007). La deshidratación inicia una cascada de eventos en los que el volumen sanguíneo disminuye, lo que provoca un aumento compensatorio de la FC, seguido de una disminución en el volumen sistólico debido al aumento de la frecuencia cardíaca y la disminución del tiempo de llenado del corazón (Che Muhamed et al., 2016). La evidencia de un mayor estrés fisiológico y el rendimiento comprometido resultante incluyen un aumento de la frecuencia cardíaca, una disminución del volumen sistólico, el estrés termorregulador, respuesta al estrés, percepción de esfuerzo y regulación anticipatoria de la FC, hipovolemia, hiperosmolalidad y disminución del porcentaje del trabajo total realizado, entre otros factores (Casa et al., 2010).

En Costa Rica este efecto del calor sobre el organismo también ha sido estudiado recientemente (Gutiérrez-Vargas et al., 2017, 2018b; Rojas-Valverde et al., 2019b, 2019a, 2020a). De estas investigaciones se han recomendado diferentes estrategias para mitigar los efectos del calor y el esfuerzo como lo son realizar la actividad a horas en donde la temperatura y la humedad bajan relativamente, utilizar ropa que permita y facilite la pérdida de calor, no consumir drogas, mantener un adecuado protocolo de hidratación, bajar el ritmo de competencia y utilizar medios de recuperación. En este último punto ampliaremos en el siguiente apartado.

2.3. Estrés térmico y su impacto sobre el ejercicio

Los humanos son seres vivo-homeotérmicos, lo cual hace referencia a la capacidad de regular la temperatura corporal comúnmente entre los 34°C y los 45°C. Durante el ejercicio, debido a la necesidad del cuerpo de mantener su temperatura corporal interna al inicio del ejercicio, se observa una vasoconstricción cutánea como primera respuesta para liberar calor (Tanda, 2015). A esto le sigue un aumento del flujo sanguíneo a nivel muscular y una mayor vasoconstricción cutánea. Después de eso, se muestra un pequeño aumento en la temperatura de la piel (T°_{Piel}) debido a la vasodilatación y la disipación del calor. El ejercicio moderado a intenso puede provocar una producción de calor que provoca una transferencia masiva de sangre más caliente de los músculos a la periferia, lo que resulta en un rápido aumento de la T°_{Piel} (Formenti et al., 2013). En atletas entrenados, estos cambios en la dinámica del flujo sanguíneo permiten disipar el calor sin comprometer el flujo sanguíneo muscular requerido (Tanda, 2015).

A pesar de esta habilidad de mantener un estado estable de la temperatura corporal gracias a la disipación de calor por diferentes vías (por ejemplo, convección, conducción, evaporación), estos sistemas internos para la homeostasis se ven intensamente afectados al exponerse a temperaturas altas o frías. En el caso de la temperatura y humedad altas, estas condiciones ambientales limitan la capacidad del cuerpo de regular su temperatura interna lo cual provoca una situación de estrés térmico.

Para ello, mantener el estado de hidratación óptimo es crítico para el mantenimiento de la salud de los corredores y también para propiciar un buen rendimiento deportivo

(Armstrong et al., 2010), particularmente para aquellas personas que practican actividades intensas y prolongadas en el calor (Grandjean and Grandjean, 2007). Así mismo, la potencial deshidratación inducida por la práctica de ejercicios físicos en ambientes calurosos puede llevar a deterioros en la función cognitiva y motora del deportista (Casa et al., 2000).

Gracias a los avances científicos es conocido que tanto la salud y un adecuado rendimiento cognitivo-motor se ven afectados por condiciones de ambiente caluroso, hipertermia y deshidratación, por lo tanto la capacidad para mantener el esfuerzo físico también puede verse afectada (Gutiérrez-Vargas et al., 2018b).

El desempeño cognitivo y motor se evalúa cuando ocurren alteraciones en el funcionamiento cerebral, que pueden ser el resultado de varios signos y síntomas inespecíficos, como comportamientos físicos anormales (Sawka et al., 2012). Estos deterioros en el rendimiento cognitivo-motor parecen ocurrir cuando se pierde el 1-2% o más de la masa corporal por restricción de líquidos, no aclimatación al calor, deshidratación o esfuerzo físico, con repercusiones en el rendimiento físico (Casa et al., 2000). Parece que la pérdida de solo el 1-2% de la MC es suficiente para reducir el rendimiento motor y aumentar el efecto sobre la salud.

2.2.1. Agua fría como factor preventivo y rehabilitación contra el estrés térmico

Debido a los procesos fisiológicos antes mencionados, se han desarrollado protocolos de recuperación para acelerar la recuperación de estos tejidos dañados (Higgins et al., 2017; Leeder et al., 2012). Dado lo anterior, el estudio de la relación entre enfriamiento corporal y rendimiento deportivo ha sido de interés para los investigadores (Yeargin et al., 2006). Entre

estos, el método más utilizado para promover el enfriamiento y la disminución de la temperatura corporal es la inmersión en agua fría, que tiene como objetivo contribuir a la reducción de la temperatura corporal y cutánea. Hay varios protocolos de inmersión en agua fría, como intermitente, continuo y de contraste, que varían en términos del tiempo de inmersión y la temperatura a la que se mantiene el agua. Aunque se han realizado múltiples estudios sobre la efectividad de los protocolos de inmersión, actualmente no existe un consenso sobre qué protocolo es el más efectivo para lograr la recuperación muscular después del ejercicio (Sánchez-Ureña et al., 2017, 2018a, 2018c). En este sentido, el agua fría debe entenderse como las inmersiones que utilizan temperatura menor a 15°C, en las inmersiones en agua termoneutral la temperatura oscila entre los 15°C y 36°C, las inmersiones en agua caliente son aquellas en que se registran temperaturas mayores a 36°C (Bieuzen et al., 2013).

2.2.2. Preenfriamiento como nueva tendencia para mitigar estrés físico

Los procedimientos de preenfriamiento pueden clasificarse como los diseñados para reducir la temperatura de la piel por medio de chalecos fríos, toallas frías, aerosoles o para reducir la temperatura cutánea, muscular o central por ejemplo mediante inmersión en agua fría, cámaras de crioterapia o duchas frías (Marino, 2002a).

Debido a que el ejercicio prolongado hace que la temperatura corporal aumente en proporción a la tasa metabólica, el aumento de la temperatura interna se provoca rápidamente y alcanza valores mayores cuando la producción de calor equivale a la pérdida de calor. Esto se hace evidente y crítico cuando los participantes reducen la intensidad del ejercicio o

cambian su ritmo de carrera para que el riesgo de realizar ejercicio se reduzca y pueden continuar sin lesión celular o enfermedad relacionada con el calor (Marino, 2002b).

En condiciones de calor, esta situación se agrava, en última instancia, provoca la finalización prematura del ejercicio o en la imposibilidad de completar el evento. Por lo tanto, como el almacenamiento de calor absoluto limita la duración del ejercicio a una intensidad determinada, sería óptimo comenzar a hacer ejercicio con una temperatura adecuada posible. En este sentido, se espera que el enfriamiento de todo el cuerpo antes del ejercicio (preenfriamiento) logre ampliar el margen de temperatura previo al ejercicio (Marino, 2002b).

El interés por la utilización de preenfriamiento para el rendimiento deportivo y la salud ha aumentado en las últimas tres décadas, con los métodos disponibles que implican la exposición al aire frío, agua y hielo inmediatamente antes del ejercicio. Nuevos dispositivos de preenfriamiento y las nuevas prácticas que se adoptan a menudo en entornos deportivos están basados en evidencia establecida en protocolos de laboratorio.

Por ejemplo, la eficacia del preenfriamiento con baños de inmersión portátiles con unidades de refrigeración (Peiffer et al., 2010; Siegel et al., 2010; Vaile et al., 2008a, 2008b), prendas de refrigeración (Minett et al., 2011), así como bebidas frías con hielo (Siegel et al., 2010) o combinaciones de estas estrategias (Minett et al., 2011) ha sido bien demostrada en el laboratorio. Incluso cuando el potencial beneficio de estas estrategias para el rendimiento deportivo está ampliamente demostrado (Siegel et al., 2010), algunas técnicas son más complejas y más desafiantes que otras, por lo tanto, a menudo no son lo suficientemente prácticas para utilizar en la competición o en el campo (Ross et al., 2013).

2.2.4. Efecto de correr sobre la temperatura corporal interna

El ejercicio en el calor causa fatiga central, asociada con un reclutamiento reducido del músculo esquelético durante las contracciones isométricas sostenidas. Un mecanismo similar puede causar fatiga durante el ejercicio dinámico prolongado en el calor (Tucker et al., 2004). Sin embargo, ahora se sabe que la fatiga durante el ejercicio en el calor no es causada por reducciones en el gasto cardíaco o el flujo sanguíneo muscular en ejercicio, o por la disponibilidad o uso deficiente de sustrato, o por la acumulación de lactato (González-Alonso et al., 1999). Se ha observado que dicha fatiga ocurre a una temperatura central de aproximadamente 40 °C, independientemente de la tasa de almacenamiento de calor, la temperatura central previa al ejercicio o el grado de aclimatación previa al calor (Nybo and Nielsen, 2001). Por tanto, se ha propuesto que la fatiga durante el ejercicio en el calor se asocia con una temperatura central crítica que limita el rendimiento del ejercicio (González-Alonso et al., 1999), en el que una temperatura corporal alta afecta directamente las funciones del sistema nervioso central (Nybo and Nielsen, 2001).

Durante la carrera, los grandes gradientes de temperatura entre el cuerpo y el medio ambiente ayudan a disipar el calor metabólico. A medida que se reduce el gradiente entre la temperatura corporal y el medio ambiente, se atenúa la capacidad de disipar el calor, se almacena más calor metabólico y, por lo tanto, la temperatura corporal aumenta (Ely and Ely, 2020). Al inicio del ejercicio, una pequeña cantidad de almacenamiento de calor generalmente activa los mecanismos de pérdida de calor, incluido el aumento del flujo sanguíneo a la piel (vasodilatación cutánea) y estimula la aparición de sudoración termorreguladora (Tanda, 2015).

Durante el ejercicio de intensidad moderada en ambientes fríos, estos mecanismos de pérdida de calor son suficientes para mantener la temperatura central dentro de una zona bastante estrecha (Ely and Ely, 2020). Debido a la producción de calor metabólico de la carrera de alta intensidad, no es extraño que la temperatura central aumente 28°C o aún más durante las competencias de media maratón o maratón (Byrne et al., 2006), incluso en condiciones relativamente frías. Pequeños aumentos en la temperatura del aire más allá de 12°C provocan una disminución progresiva del rendimiento en corredores de élite, competitivos y casuales, mientras que los corredores más lentos experimentan una mayor reducción en el rendimiento (Ely et al., 2007; Helou et al., 2012; Vihma, 2010). Más allá de las variables de desempeño, se ha demostrado que el número de sucesos médicos, incluidas las enfermedades relacionadas con el calor por esfuerzo, aumenta con pequeñas elevaciones en las condiciones ambientales (+13°C índice de estrés térmico) (Helou et al., 2012).

Disminuciones en el rendimiento de carrera y la fatiga prematura pueden ser causados por una gran cantidad de factores fisiológicos y psicológicos. Los investigadores que estudian cómo se puede limitar la fisiología del rendimiento relacionada al estrés por calor se han centrado históricamente en las implicaciones de una temperatura cerebral elevada o en la marcada demanda cardiovascular que significa la actividad del músculo esquelético y mantener un flujo sanguíneo cutáneo adecuado para el enfriamiento (Ely and Ely, 2020).

Existe aún cierto debate en la fisiología del ejercicio sobre la razón principal por la que el rendimiento disminuye en condiciones calientes. La causa de la fatiga inducida por hipertermia parece implicar interacciones complejas entre ellas: cardiovasculares, factores periféricos (musculares) y centrales (Junge et al., 2016). Los factores que contribuyen a la fatiga incluyen temperatura central elevada, temperatura cutánea y flujo sanguíneo cutáneo

elevados, convergencia de la temperatura central y de la piel, deshidratación progresiva por pérdidas de sudor y afectaciones al cerebro que bloqueen las señales para reducir la producción de calor y así evitar crisis de presión arterial o de temperatura interna (regulación anticipatoria) (Ely and Ely, 2020).

2.2.5. Efecto de correr sobre la temperatura de la piel (T°_{Piel})

La T°_{Piel} se ha asociado con fatiga muscular (Hadžić et al., 2019) y dolor muscular de aparición tardía (Al-Nakhli et al., 2012). La evidencia sugiere que el microtraumatismo muscular debido al ejercicio puede causar edema intramuscular y un aumento de la presión del tejido conectivo. Este daño se presenta como una condición inflamatoria que puede reflejar un aumento del flujo sanguíneo y de la temperatura local, provocando hipertermia en la zona (Hildebrandt et al., 2010). Debido a la necesidad del organismo de recuperar las estructuras dañadas (como respuesta a la inflamación local), se evidencia un aumento de la temperatura cutánea debido a la actividad metabólica para favorecer los procesos de recuperación inmediatamente (da Silva et al., 2018; Fernandes et al., 2016) y 24h (Gutiérrez-Vargas et al., 2017) después del ejercicio. Por esta razón, la termografía se ha utilizado en la identificación de regiones cálidas de la piel como reflejo de la inflamación resultante del daño muscular. Los estudios informaron que un aumento de la temperatura ($<1^{\circ}\text{C}$) podría evidenciar un proceso inflamatorio significativo, y más un aumento excesivo de la temperatura ($\geq 1^{\circ}\text{C}$) podría aumentar el riesgo de desarrollar una lesión (Côrte et al., 2019; Marins et al., 2015).

Los procesos de recuperación mediante protocolos de enfriamiento se han estudiado previamente en diferentes condiciones cuantificando la temperatura cutánea (Adamczyk et al., 2016; Costello et al., 2012; Peiffer et al., 2009, 2010). La respuesta de la T°_{Piel} al ejercicio de carrera ha sido evaluada por medio de imágenes termográficas infrarrojas, un método altamente confiable para el monitoreo no invasivo en tiempo real de la temperatura cutánea local sobre la superficie corporal (Priego-Quesada et al., 2020).

En otros estudios, mediciones realizadas en corredores de larga distancia mostraron una caída en la T°_{Piel} durante la etapa inicial del ejercicio de carrera, independientemente del tipo de si fue bajo techo en ergómetro o fuera en pista o las condiciones ambientales. Se cree que esta disminución de la T°_{Piel} está asociada con la respuesta vasoconstrictora cutánea debido al ejercicio. Un aumento continuo en la intensidad de la carga, como ocurre durante una prueba incremental, puede producir reducciones adicionales en la T°_{Piel} . Al contrario, es probable que un ejercicio de carrera con carga constante promueva demasiado aumento relativo de la T°_{Piel} , seguido de un pequeño aumento gradual con el tiempo relacionado con la vasodilatación termorreguladora (Tanda, 2016).

2.3. Efecto del preenfriamiento en la carga externa e interna

Una revisión sistemática señala que el preenfriamiento puede mejorar eficazmente el rendimiento de resistencia, particularmente en ambientes cálidos, mientras que el ejercicio de velocidad apenas se ve afectado (Wegmann et al., 2012). En particular, los atletas bien entrenados pueden beneficiarse en alto grado en un entorno de competencia regular con efectos verdaderos y relevantes. Con respecto a la viabilidad, las bebidas frías, los paquetes y los chalecos refrigerantes pueden considerarse métodos de mejores prácticas.

Estudios anteriores han evidenciado resultados en el ritmo de ejercicio, con una mejora de 900 m en el rendimiento para una contrarreloj de ciclismo de 30 minutos (Kay, Taaffe y Marino, 2010), un aumento de 12W en potencia media durante la porción de intensidad variable de 20 min de una prueba de ciclismo de 40 min (Quod et al., 2008), y una mejora de 13 s para una prueba de carrera de 5 km (19 min) (Booth et al., 1997). En conjunto, estos datos, además de los estudios que utilizan ejercicio de intensidad constante (Marino, 2002a; Olschewski and Brück, 1988), destacan el beneficio del preenfriamiento para mejorar el rendimiento durante ejercicios de resistencia en el calor. A pesar de estos beneficios ergogénicos del preenfriamiento, pocos estudios han descrito el ritmo o la selección de la intensidad del ejercicio a lo largo de la sesión de ejercicio para ubicar dónde o cómo el preenfriamiento mejora el rendimiento del ejercicio (Duffield et al., 2010).

En general, un meta análisis ha demostrado que el preenfriamiento tiene un efecto moderado en el rendimiento, pero la magnitud del efecto depende de la naturaleza o tipo de la prueba. El rendimiento del sprint se ve afectado, pero el rendimiento intermitente y el ejercicio prolongado mejoran después del enfriamiento. Se observaron mejoras en estudios con y sin alteraciones fisiológicas inducidas por el enfriamiento, y la literatura apoya la sugerencia de una relación dosis-respuesta entre el enfriamiento, el estrés térmico y las mejoras en el rendimiento y la capacidad física (Tyler et al., 2015).

En resumen, el preenfriamiento puede mejorar el rendimiento y la capacidad del ejercicio posterior intermitente y prolongado en un ambiente caliente, pero el rendimiento del sprint se ve afectado. El enfriamiento durante el ejercicio también tiene un efecto positivo en el rendimiento y la capacidad del ejercicio en un ambiente caluroso. Pero poco se sabe cómo afecta el preenfriamiento en variables de carga externa dependientes de la aceleración.

2.8. Efecto del preenfriamiento en la función neuromuscular

Si bien la contracción máxima a corto plazo de los músculos esqueléticos no se ve afectada por el calor (Asmussen and Bøje, 1945), el rendimiento muscular continuo generalmente se ve afectado por la hipertermia. Esto se demostró para el ejercicio de velocidad intermitente (Drust et al., 2005), así como para el rendimiento de resistencia a medio y largo plazo (Noakes, 2000). Los mecanismos fisiológicos que conducen a la fatiga provocada por el calor son múltiples. Se ha postulado que una combinación de mecanismos centrales y periféricos que, dependiendo de la situación específica, juegan un papel mayor o menor en la fatiga (Nybo, 2008).

Se supone que la fatiga central es iniciada por centros funcionales superiores del sistema nervioso central (Noakes, 2000). En el calor, la contribución del sistema nervioso central a la fatiga puede ser mayor que a temperaturas moderadas (Nielsen and Nybo, 2003). Un estudio proporciona más evidencia que demuestra que la contracción muscular voluntaria después del ejercicio en el calor (40°C) se redujo en comparación con las temperaturas ambientales moderadas (18°C) (Noakes, 2000). En el mismo estudio, se encontró que la contracción muscular podría mantenerse durante la estimulación nerviosa eléctrica externa, lo que sugiere una causa central de fatiga durante las contracciones musculares isométricas. Varios estudios demostraron que la contracción muscular voluntaria solo podía mantenerse hasta una cierta temperatura corporal central (Nielsen et al., 1993).

Capítulo III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño y tipo de estudio

Se realizó un estudio experimental contrabalanceado para disminuir el error progresivo y el potencial error se distribuya equitativamente entre todas las condiciones experimentales (Johnson, 2010). El diseño se planteó de la siguiente manera, para las variables de estrés térmico, función neuromuscular y dolor percibido:

$$R \frac{G1}{G2} \frac{TWI}{CWI} \frac{OXO}{OXO} \frac{CWI}{TWI} \frac{OXO}{OXO}$$

Donde: TWI= inmersión en agua termoneutral, CWI= inmersión en agua fría y X= carrera de 5 km (estímulo constante para ambos grupos en las dos oportunidades).

Y para las variables de carga externa se utilizará el siguiente diseño:

$$R \frac{G1}{G2} \frac{TWI}{CWI} \frac{XO}{XO} \frac{CWI}{TWI} \frac{XO}{XO}$$

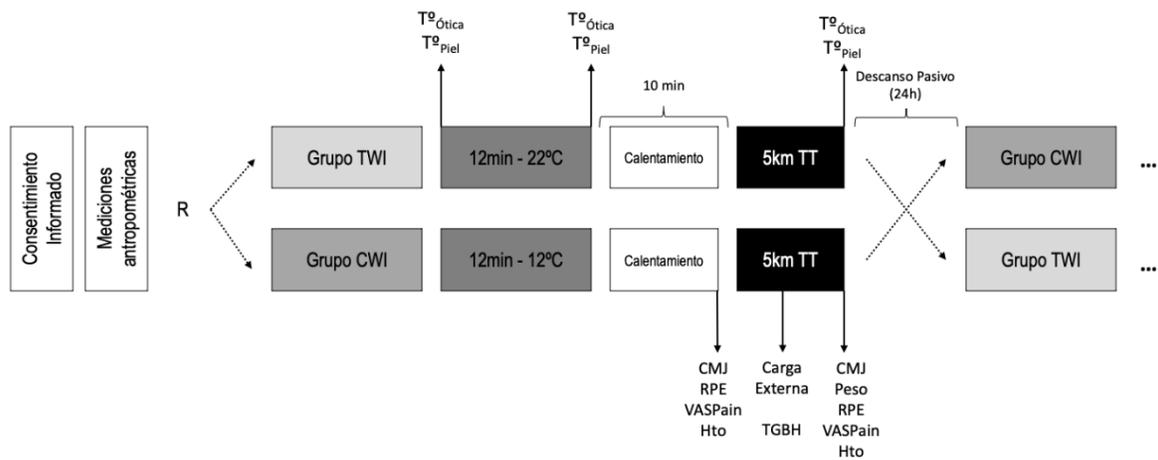
Donde: TWI= inmersión en agua termoneutral, CWI= inmersión en agua fría y O= carrera de 5 km (estímulo constante para ambos grupos en las dos oportunidades).

En consecuencia, se dividieron los participantes en dos grupos de forma aleatoria: experimental con inmersión en agua termoneutral (TWI) y experimental con inmersión agua fría (CWI). Los participantes de ambos grupos realizaron una prueba contrarreloj de 5000 metros en la Pista de Atletismo del Estadio CIEMCHAVI certificada por la IAAF. Previo a la prueba contrarreloj, todos los participantes se expusieron a una inmersión en agua (WI) al nivel del pecho por 12 min. La temperatura del agua se mantuvo estable a 22°C para el grupo TWI y para el grupo CWI la temperatura fue de 12 °C (Ross et al., 2013).

En la Figura 2, se presenta las mediciones que se realizaron antes e inmediatamente después a la prueba contrarreloj (neuromusculares: salto contra movimiento; perceptuales: dolor muscular y estrés térmico: peso corporal, hematocrito y temperatura interna) y durante la prueba (carga externa e interna: velocidad, Player Load, aceleraciones e impactos y temperatura ambiental: temperatura y humedad). Veinticuatro horas después los participantes repitieron el protocolo descrito en esta investigación, pero cambiando de condición experimental.

Figura 2

Esquema de flujo de evaluaciones y fases experimentales.



Nota. CMJ: salto contramovimiento, T^oÓtica: temperatura ótica, T^oPiel: temperatura piel, TT: contrarreloj, TWI: inmersión en agua termoneutral, CWI: inmersión agua fría, RPE: percepción del esfuerzo, Hto: hematocrito.

3.2. Participantes

Se contó con 21 participantes masculinos adultos (34.6 ± 12.1 años). Los participantes eran personas activas físicamente y cumplían con un entrenamiento regular de ≥ 150 min/semana (American College of Sports Medicine, 2013), entrenar atletismo pedestre al menos 3 veces a la semana, y reportar una experiencia deportiva en esta disciplina de al menos 3 años. Los participantes fueron reclutados de equipos de atletismo de fondo donde monitoreados constantemente por una persona profesional en ciencias del movimiento humano.

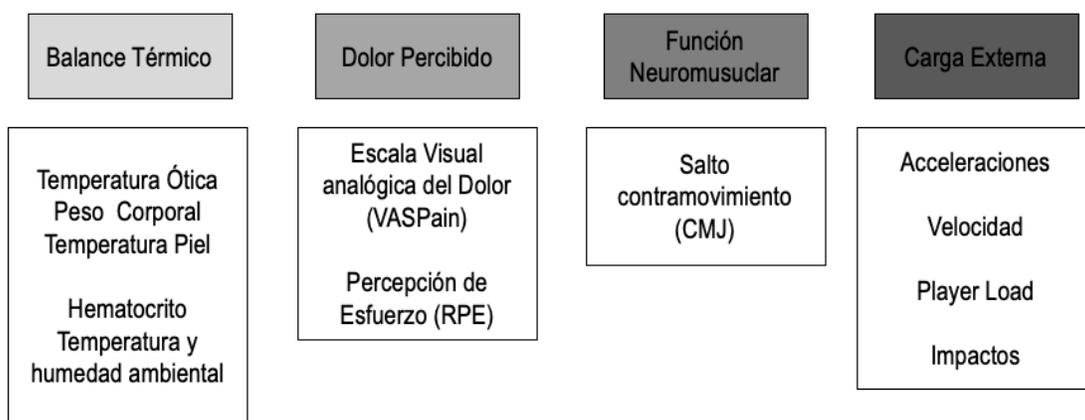
Todos los procedimientos siguieron las guías para estudios biomédicos y los estándares de la Declaración de Helsinki (ratificado en Fortaleza 2013). El protocolo fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad Nacional de Costa Rica bajo el código registro UNA-CECUNA-2020-R006 (ver anexo 1). Los participantes completaron un consentimiento informado que siguió todos los estándares y requerimientos internacionales y nacionales para este tipo de estudios (ver anexo 2.).

3.3. Instrumentos y procedimientos

Para el presente estudio se evaluarán cuatro grupos de variables como se describe en la figura 3. El orden cronológico de las mediciones está descrito en la figura 1.

Figura 3

Agrupación de variables dependientes por categoría de medición.



3.3.1. Caracterización de la muestra

Posterior a la firma del consentimiento informado y aclaración de los riesgos, beneficios y consecuencias potenciales de su participación, los participantes fueron evaluados a nivel antropométrico utilizando un estadiómetro (cm) (SECA, Hamburgo, Alemania), y el peso (kg), mediante una escala digital (Elite Series BC554, Tanita, USA). Adicionalmente, cada persona participante completó un cuestionario de información general de manejo interno de la investigación (ver Anexo 3.).

3.3.2. Función neuromuscular

La función neuromuscular se evaluó mediante salto vertical contra movimiento (cm), utilizando una plataforma especial (Axon Jump, Bioingeniería Deportiva, Argentina) y analizado con el software del fabricante (Smart Axon 4.02, Bioingeniería Deportiva, Argentina). Los saltos se realizaron siguiendo el protocolo descrito por Bosco et al. (Bosco et al., 1982). Se solicitó a los participantes que se colocaran en posición bípeda en la plataforma con las piernas separadas al ancho de los hombros y las manos en la cintura. Dada una señal, deberán realizar tres saltos explosivos separados de al menos 5 segundos del cual se extrajo el valor más alto de los tres saltos.

3.3.3. Percepción de esfuerzo y dolor

La percepción de esfuerzo (RPE) se midió utilizando una escala analógica visual modificada "Borg" 0-10 donde 10 fue un esfuerzo máximo agotador. Por otro lado, el dolor muscular se midió utilizando una escala visual analógica de dolor (VASPain) del 0-10, donde 10 significa un dolor extremo. Para la medición de esta variable se solicitó al participante realizar una sentadilla a 90° para posteriormente reportar el dolor en miembros inferiores al ejecutar este movimiento.

3.3.4. Estrés térmico

Para cuantificar el estrés térmico al que se pudieron ver expuestos los participantes, se midió el peso corporal (kg) semidesnudo (ropa interior) utilizando una escala digital (Elite

Series BC554, Tanita, USA). El porcentaje de cambio de peso corporal se clasificó de la siguiente manera: bien hidratado +1 a -1%, deshidratación mínima -1 a -3%, deshidratación significativa -3 a -5% y deshidratación grave > 5% (Casa et al., 2000).

Para la cuantificación del hematocrito, se extrajo una muestra de sangre capilar del dedo índice derecho, utilizando un tubo capilar heparinizado con Na (80 UI / ml) (Marienfeld, Lauda-Königshofen, Alemania). Los tubos capilares de micro hematocrito se centrifugaron (KHY-400, Gemmy Industrial Corp., Taipei, Taiwán) y los valores de hematocrito se evaluaron utilizando un lector especial (Gemmy Industrial Corp., Taipei, Taiwán).

La temperatura ótica ($T^{\circ}_{\text{ótica}}$) fue monitoreada mediante un termómetro infrarrojo digital validado (Braun ThermoScan 7 IRT6520) y congruente con la temperatura interna según estudios previos (Fenemor et al., 2020; Roossien et al., 2020). tiene un rango de medición de temperatura de 35 a 42 °C con una precisión de 0.2 °C en comparación con las mediciones de temperatura rectal (Morán-Navarro et al., 2017).

T°_{Piel} de las extremidades inferiores se evaluó con una cámara termográfica infrarroja (T440, FLIR Systems, Oregon). La cámara tenía un tamaño de plano focal de 320 x 240 píxeles con una incertidumbre de medición de $\pm 2\%$ y una sensibilidad térmica de 0,04°C. Se siguió una lista de verificación específica para medir T°_{Piel} humana (Moreira et al., 2017) y asegurar la calidad de la medición. Los termogramas diarios se tomaron a la misma hora del día para evitar cambios circadianos de temperatura corporal. (Siepka et al., 2007). En la evaluación previa, se le pidió al atleta que evitara una carga de trabajo intensa al menos 24 horas antes de la evaluación (Bandeira et al., 2012) excepto la evaluación 24 horas después

del día del evento. También se pidió a los participantes que evitaran lociones, cremas o cualquier otra sustancia tópica, el consumo de alcohol y cafeína estaba prohibido al menos cuatro horas antes de las evaluaciones.

Treinta minutos antes de cada evaluación, la cámara se encendió y la cámara se ubicó utilizando un trípode a tres metros de los participantes a una altura de 60cm con un ángulo de 5° para reducir cualquier posible reflejo de luz (Kylili et al., 2014). Para estandarizar las evaluaciones, las imágenes se tomaron fijando el punto central de la imagen en el centro entre las rodillas de los participantes, lo cual se comprobó mediante una cámara láser incorporada. Se utilizó un panel antirreflejante como fondo del termograma para asegurar la uniformidad de las imágenes. Además, se evitaron las emisiones reflectantes o de calor / frío para evitar la radiación infrarroja deseada.

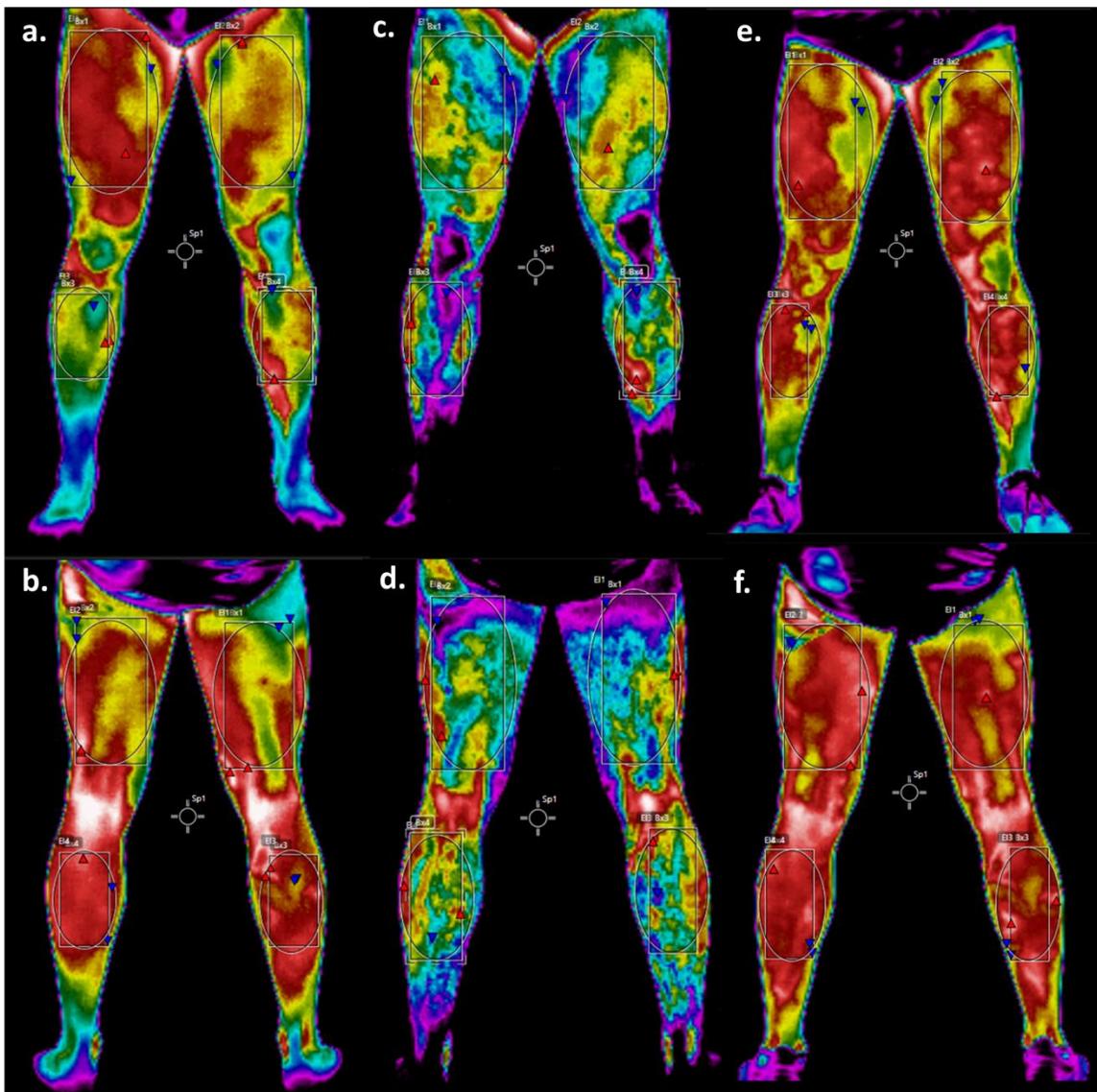
Después de que la piel de las extremidades inferiores se limpió con agua y luego se secó, se tomaron imágenes térmicas después de que los participantes permanecieran en una posición anatómica durante 10 minutos con ropa interior y sin moverse ni tocarse la piel, en una habitación termo-neutra (23°C / 58 ± 6% humedad relativa) controlada por medio de un aire acondicionado automático. Este procedimiento tuvo como objetivo homogeneizar Tsk como una aclimatación térmica para lograr el equilibrio (Lahiri et al., 2012).

Se midió la T°_{Piel} media de regiones de interés diferentes (ROI) del plano posterior y anterior de las extremidades inferiores derecha (R) e izquierda (L) utilizando un software termográfico (ThermaCAM, Researcher Pro 2.10, FLIR Systems, Oregón). La emisividad se fijó en 0,98 (Steketee, 1973). La dominancia fue determinada por el autoinforme de los participantes (todos los participantes eran dominantes de la pierna derecha). Para análisis se incluyó solo la pierna derecha al no haber diferencias significativas entre miembros. Los ROI

seleccionados fueron similares a otros estudios anteriores (Marins et al., 2015) tal y como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Regiones de interés termográfica anteriores (a. PRE-, b. Post_{WI} y c. Post_{Run}) e inferiores (b. PRE-, d. Post_{WI} y f. Post_{Run}).



3.3.5. Control de carga externa e interna

Las variables de carga se midieron utilizando un dispositivo inercial (WIMU PRO™, RealTrack Systems, España) colocado a la altura de las vértebras torácicas 2 y 4 utilizando un chaleco de neopreno. Estas unidades inerciales de movimiento (IMUs) son portables y no invasivas, están formadas por varios sensores y se conectan a otros dispositivos para incluir variables como la frecuencia cardiaca utilizando una banda para el pecho (HRM3, Garmin™, Kansas, USA). Las variables cinemáticas extraídas serán seleccionadas entre aquellas basadas en la acelerometría y rastreo de movimiento durante la carrera (Rojas-Valverde et al., 2019b).

La calibración de los dispositivos y la configuración se realizaron siguiendo las pautas publicadas (Oliva-Lozano et al., 2020; Rico-González et al., 2020) y fueron seleccionados teniendo en cuenta su confiabilidad para ejecutar una evaluación de carga externa e interna (Gómez-Carmona et al., 2019). Los dispositivos integran cuatro acelerómetros de sistemas microelectromecánicos de 3 ejes ($2x \pm 16$ g, $1x \pm 32$ g, y $1x \pm 400$ g), giroscopio y magnetómetro.

3.3.6. Temperatura ambiental

El índice de estrés termal, la temperatura y la humedad se medirán por medio del *Wet-Bulb Globe Temperature* (TGBH), que es un dispositivo que mide la temperatura y la humedad relativa del espacio en donde se realizará la prueba. Este sensor será colocado al lado del carril interno de la pista y se realizarán mediciones cada 15 min de los valores termales.

3.3.7. Protocolo de inmersión

Los protocolos de inmersión en agua se realizarán en piscinas con control automático de la temperatura (iCool- Sport, Australia). Posterior a la WI descritos en el diseño del estudio, los participantes realizarán un recalentamiento corporal de 5 min de carrera continua precedidos de una caminata de 5min. Lo anterior se realiza para que el grupo experimental logre para reducir el temblor corporal y desencadenar las respuestas metabólicas necesarias al cambio repentino de temperatura (Drust et al., 2000). Posterior a ello se inició la carrera de 5000 metros.

3.3.8. Protocolo de la prueba contrarreloj

Cada prueba contrarreloj consistirá calentamiento de 5 min y una prueba de 5000 metros a realizarse lo más rápido posible. Previo y posterior a la prueba el consumo fue ad libidum, durante la prueba a los participantes no les fue permitido ingerir líquido.

3.4. Análisis estadístico

Inicialmente se obtuvo la estadística descriptiva de cada variable mediante el cálculo de la media, desviación estándar. Se realizó la prueba de normalidad correspondiente de Shapiro Wilk y fue confirmada la normalidad de los datos. Para el primer abordaje inferencial correspondiente a las variables de estrés térmico, función neuromuscular y dolor percibido se procedió a analizar los datos por medio de un análisis de varianza de dos vías en donde se comparan los grupos (TWI vs CWI) y mediciones (pre vs post). La cualificación de las

diferencias se realizará por medio del valor omega parcial al cuadrado (ω_p^2). Para los datos de carga externa e interna se exploraron las potenciales diferencias con una prueba t de medidas independientes, cualificada con la d de Cohen (d). La significancia será previamente establecida en $p < 0.05$. Se analizarán los datos con el paquete estadístico SPSS v.22 (Chicago, Estados Unidos).

Capítulo IV

RESULTADOS

Los participantes presentaron una edad de 34.6 ± 12.1 años y una edad deportiva de 14.4 ± 10.8 años. El peso y la talla evaluados fueron de 68.9 ± 5.4 kg y 1.7 ± 0.04 m, respectivamente. Los participantes realizaron la prueba contrarreloj en 21min:43s en CWI y en 22min:13s para TWI sin diferencias significativas ($p= 0.08$). La temperatura ambiental en el lugar de la carrera (Pista de Atletismo CIEMHCAVI) fue de 28.86 ± 1.88 °C el primer día y de 27.34 ± 1.38 el día segundo día, con una humedad relativa de 40.76 ± 9.61 y 46.19 ± 6.21 respectivamente. No hubo diferencias significativas en temperatura ambiental ($p= 0.06$).

4.1. Función Neuromuscular

Los resultados de la función neuromuscular con relación al salto contramovimiento indican diferencias por momento de medición, presentando un descenso en la evaluación PostRun comparado con la medición Pre- (Pre > PostRun, $F_{(2,81)}: 7.40, p<0.05$) (ver Tabla 1).

Tabla 1

Diferencias en salto contramovimiento según condición y momento de medición.

Variable	Condición	Pre-	PostRun	$F_{Medición}$ (p valor)	TE
CMJ	CWI (n= 21)	38.23 ± 12.97	32.76 ± 6.87	7.40 (0.01)	0.3
	TWI (n= 21)	37.76 ± 8.01	36.19 ± 8.40		
	$F_{Condición}$ (p valor)	0.33 (0.57)		$F_{Interacción}$ (p valor)	TE
	TE	0		2.27 (0.14)	0

CMJ: salto contramovimiento, F: factor, TE: Tamaño del efecto, TWI: inmersión en agua termoneutral, CWI: inmersión en agua fría.

4.2. Percepción del esfuerzo y dolor

La tabla 2 indica las diferencias presentes en RPE ($\text{Post}_{\text{Run}} > \text{Pre}$, $F_{(2,81)}: 118.27$, $p < 0.01$) y VASPain ($\text{Post}_{\text{Run}} > \text{Pre}$, $F_{(2,81)}: 21.11$, $p < 0.01$) según momento de medición. Ambas variables presentan un incremento en la evaluación Post_{Run} con respecto a la -Pre ($p < 0.01$). Asimismo, RPE de la condición CWI es significativamente mayor al compararse con la condición TWI ($\text{CWI} > \text{TWI}$, $F_{(1,82)}: 6.72$, $p < 0.05$).

Tabla 2

Diferencias en percepción del esfuerzo y el dolor según condición y momento de medición.

Variable	Condición	Pre-	Post _{Run}	$F_{\text{Medición}} (p \text{ valor})$	TE
RPE	CWI (n= 21)	4.00 ± 1.84	7.95 ± 1.28	118.27 (<0.01)	0.88
	TWI (n= 21)	2.81 ± 2.46	6.76 ± 1.81		
	$F_{\text{Condición}} (p \text{ valor})$	6.72 (0.01)		$F_{\text{Interacción}} (p \text{ valor})$	TE
	TE	0.27		0 (1)	0
VASPain	CWI (n= 21)	2.43 ± 2.64	3.71 ± 2.71	21.11 (<0.01)	0.56
	TWI (n= 21)	1.57 ± 2.09	4.05 ± 2.66		
	$F_{\text{Condición}} (p \text{ valor})$	0.16 (0.70)		$F_{\text{Interacción}} (p \text{ valor})$	TE
	TE	0.1		2.11 (0.15)	0

RPE: percepción del esfuerzo, VASPain: percepción del dolor, F: factor, TE: Tamaño del efecto, TWI: inmersión en agua termoneutral, CWI: inmersión en agua fría.

4.3. Estrés térmico

Adicionalmente, se presentaron diferencias significativas en peso (Pre > Post_{Run}, F_(2,81): 75.29, p<0.01) y hematocrito (Pre > Post_{Run}, F_(2,81): 4.36, p<0.05) en ambas condiciones. En ambas condiciones hubo un descenso en los valores de peso (p< 0.01) y hematocrito (p= 0.04) (ver tabla 3).

La tabla 3, señala que no existen diferencias significativas entre las condiciones (TWI=CWI) en relación con la temperatura ótica, pero si existieron diferencias según momento de medición, en la cual la medición Post_{Run} presentó T^oótica mayor a las dos condiciones previas (p <0.01, Post_{Run}> Pre- y Post_{Run}> Post_{WI}).

Tabla 3

Diferencias en peso, hematocrito y temperatura ótica según condición y momento de medición.

Variable	Condición	Pre-	Post _{wi}	Post _{Run}	F _{Medición} (p valor)	TE
Peso (kg)	CWI (n= 21)	68.9 ± 5.52	-	68.47 ± 5.48	75.29 (<0.01)	0.83
	TWI (n= 21)	68.94 ± 5.41	-	68.43 ± 5.26		
	F _{Condición} (p valor)		0 (1)		F _{Interacción} (p valor)	TE
	TE		0		0.38 (0.54)	0
Hematocrito (%)	CWI (n= 21)	45.7 ± 3.25	-	47.47 ± 2.85	4.36 (0.04)	0.18
	TWI (n= 21)	44.62 ± 6.70	-	46.21 ± 3.05		
	F _{Condición} (p valor)		1.71 (0.20)		F _{Interacción} (p valor)	TE
	TE		0		0.01 (0.91)	0
T ^o ótica	CWI (n= 21)	36.81 ± 0.39	36.68 ± 0.39	37.22 ± 0.38	24.86 (<0.01)	0.61
	TWI (n= 21)	36.75 ± 0.37	36.77 ± 0.44	37.19 ± 0.42		
	F _{Condición} (p valor)		0.01 (0.96)		F _{Interacción} (p valor)	TE
	TE		0		0.91 (0.41)	0

T^o: temperatura, F: factor, TE: Tamaño del efecto, TWI: inmersión en agua termoneutral,

CWI: inmersión en agua fría.

Los resultados de la T°_{Piel} , señalan que existen diferencias significativas en las cuatro ROI (Pre > Post_{WI} [<0.01]; Post_{Run} > Post_{WI} [<0.01]) según momento de medición. Asimismo, se rescata que existen diferencias significativas en todas las ROI entre las condiciones de inmersión (TWI > CWI en Post_{WI}).

Tabla 4

Diferencias en temperatura de la piel de miembro inferior según condición y momento de medición.

Variable	Condición	Pre-	Post _{WI}	Post _{Run}	$F_{\text{Medición}}$ (p valor)	TE
T°_{Piel} Cuádriceps	CWI (n= 21)	31.05 ± 0.94	21.8 ± 1.45	31.67 ± 1.25	1416.86 (<0.01)	0.94
	TWI (n= 21)	31.31 ± 1.23	24.72 ± 1.89	31.50 ± 1.09		
	$F_{\text{Condición}}$ (p valor)		44.89 (<0.01)		$F_{\text{Interacción}}$ (p valor)	TE
	TE		0.71		45.12 (<0.01)	0.71
T°_{Piel} Isquiotibiales	CWI (n= 21)	31.37 ± 0.95	22.10 ± 1.23	31.56 ± 1.13	1698.80 (<0.01)	0.97
	TWI (n= 21)	31.45 ± 1.07	25.01 ± 0.99	31.28 ± 1.03		
	$F_{\text{Condición}}$ (p valor)		36.82 (<0.01)		$F_{\text{Interacción}}$ (p valor)	TE
	TE		0.67		62.63 (<0.01)	0.77
T°_{Piel} Tibial Anterior	CWI (n= 21)	31.45 ± 1.02	21.70 ± 1.22	31.86 ± 1.68	1581.15 (<0.01)	0.95
	TWI (n= 21)	31.84 ± 0.92	24.70 ± 1.01	31.77 ± 1.21		
	$F_{\text{Condición}}$ (p valor)		63.08 (<0.01)		$F_{\text{Interacción}}$ (p valor)	TE
	TE		0.78		58.67 (<0.01)	0.76
T°_{Piel} Triceps Sural	CWI (n= 21)	31.65 ± 0.98	22.64 ± 1.45	32.1 ± 0.83	888.84 (<0.01)	0.87
	TWI (n= 21)	31.72 ± 1.91	25.57 ± 1.94	31.98 ± 0.84		
	$F_{\text{Condición}}$ (p valor)		27.20 (<0.01)		$F_{\text{Interacción}}$ (p valor)	TE
	TE		0.61		32.25 (<0.01)	0.64

T°_{Piel} : temperatura de la piel, F: factor, TE: Tamaño del efecto, TWI: inmersión en agua

termoneutral, CWI: inmersión en agua fría.

4.4. Carga externa e interna

No se presentaron diferencias estadísticas en las variables de carga externa e interna por condición experimental (ver tabla 5).

Tabla 5

Diferencias en variables de carga externa e interna de carrera según condición y momento de medición.

Condición	CWI (n= 21)	TWI (n= 21)	t (p valor)	TE
Aceleraciones (n/min)	54.78 ± 8.33	54.72 ± 7.44	0.02 (0.98)	0
Desaceleraciones (n/min)	54.80 ± 8.35	54.69 ± 7.46	0.38 (0.97)	0
Velocidad máxima (km/h)	18.54 ± 1.59	19.44 ± 2.14	-1.48 (0.15)	0
Velocidad promedio (km/h)	14.04 ± 1.27	13.90 ± 1.24	0.35 (0.23)	0
Frecuencia cardiaca máxima (lat/min)	182.32 ± 8.99	183.05 ± 9.87	0.68 (0.81)	0
Frecuencia cardiaca media (lat/min)	170.43 ± 9.83	171.84 ± 9.58	0.75 (0.65)	0
Impactos 0-3g (n/min)	82.11 ± 49.56	77.02 ± 40.19	0.14 (0.73)	0
Impactos 3.1-5g (n/min)	100.58 ± 45.50	95.53 ± 49.67	0.73 (0.75)	0
Impactos 5.1-8g (n/min)	28.20 ± 31.90	30.42 ± 30.28	0.22 (0.83)	0
Pasos (n/min)	168.53 ± 28.74	173.76 ± 14.78	-0.71 (0.47)	0
Player Load (a.u./min)	3.60 ± 0.57	3.72 ± 0.75	0.51 (0.59)	0

TE: Tamaño del efecto, TWI: inmersión en agua termoneutral, CWI: inmersión en agua fría.

Capítulo V DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto del preenfriamiento por inmersión en agua fría sobre el estrés térmico, función neuromuscular, carga externa e interna y recuperación subjetiva en una prueba contrarreloj en corredores entrenados, sobre el comportamiento de cada una de las variables estudiadas para dar respuesta al mismo se presentan los argumentos para discutir en cada una de ellas.

5.1. Función Neuromuscular

En este estudio se encontraron diferencias por momento de medición en el salto contramovimiento, presentando un descenso en la evaluación PostRun comparado con la medición Pre-. A pesar de que no se mostraron diferencias significativas en la función neuromuscular entre los grupos CWI y TWI, si se mostraron diferencias significativas en el salto contramovimiento al comparar los valores previos vs los posteriores. Esto puede explicarse debido a la fatiga que significa correr los 5000 metros a máxima capacidad volitiva. En el carro de la carrera, el contacto con el suelo conduce a un aumento de la activación muscular que requiere regulación en la rigidez muscular y la energía elástica de los tendones (Viker and Richardson, 2013).

Estas respuestas neuromecánicas también pueden conducir a cambios en el músculo a nivel funcional y estructural, que conlleven disminución en la capacidad de reclutamiento muscular y por lo tanto en la acción de salto. Estos cambios entre la evaluación Pre y PostRun puede sugerir fatiga neuromuscular a nivel periférico y posible daño muscular basado en recientes estudios. (García-García et al., 2019; Giovanelli et al., 2016).. un aumento en el

tono muscular y una disminución en la capacidad de contracción muscular es una respuesta común de los músculos de las extremidades inferiores posterior a un esfuerzo de resistencia (García-Manso et al., 2011; Giovanelli et al., 2016; Rojas-Valverde et al., 2020a).

En el caso de 5 kilómetros como prueba regular del atletismo, se ha demostrado que suelen presentarse cambios inducidos por la fatiga en las características neuromusculares y de la dinámica de carrera durante e inmediatamente después de pruebas contrarreloj de este tipo (Nummela et al., 2008). En este sentido, el rendimiento de carrera de distancia y la economía de carrera están relacionados con la capacidad neuromuscular para producir fuerza, por lo que se ha demostrado que una prueba contrarreloj es una prueba que puede provocar fatiga suficiente (Nummela et al., 2006).

5.2. Percepción del esfuerzo y dolor

En seguimiento a los resultados presentados en el apartado anterior, hubo diferencias presentes en RPE y VAS_{Pain} según momento de medición. Ambas variables presentan un incremento en la evaluación Post_{Run} con respecto a la -Pre. Asimismo, RPE de la condición CWI es mayor significativamente al compararse con la condición TWI. Esto puede responder a que existe comúnmente un aumento de la RPE durante el ejercicio y debido a la fatiga relacionada al daño muscular y acumulación de metabolitos.

Asimismo, el RPE es proporcionado retrospectivamente por el atleta, se refiere a la intensidad media de toda la sesión de ejercicio y se ha definido como la sensación consciente de lo fuerte, pesado y agotador que es un trabajo físico (Rossi et al., 2019). Sus bases neurofisiológicas son poco conocidas a pesar de su importancia y utilidad para monitorear y prescribir la intensidad del ejercicio. Algunos fisiólogos que investigan la regulación central del ejercicio han propuesto un modelo en el que la sensación de esfuerzo resulta de la

compleja integración de diferentes entradas al sistema nervioso central (Dempsey et al., 2008; Proske, 2005). La retroalimentación aferente de los órganos periféricos (e.g., los músculos esqueléticos, el corazón y los pulmones) y otros interceptores (e.g., el conocimiento del punto final del trabajo del ejercicio) podrían ser ejemplos de estas entradas.

En este sentido, los resultados de este estudio concuerdan con otros que muestran que las concentraciones de metabolitos inyectadas en el músculo esquelético en estado de reposo evocaban sensaciones de dolor no relacionadas (e.g., presión, movimiento y relacionadas con la temperatura) y relacionadas con el dolor (e.g., dolor). Estas concentraciones de metabolitos estimulan de forma aferente los músculos similares a lo que se ha demostrado durante el ejercicio, mientras que los participantes no informaron percepción de esfuerzo alguna. Entonces queda claro que la inyección de metabolitos en el músculo esquelético en reposo no genera un aumento de la sensación de esfuerzo, que es la característica más importante de la fatiga que ocurre durante el ejercicio (Barry and Enoka, 2007). Esta conclusión está en línea con algunos estudios previos que muestran que los humanos son capaces de distinguir entre sensaciones de dolor y sensación de esfuerzo durante el ejercicio (Hamilton et al., 1996). En este estudio ambas cambiaron por lo que se dio un aumento significativo en la RPE y VasPain.

Finalmente, se identificó una diferencia significativa por condición. La cual señala que durante la condición CWI, los participantes percibieron haber realizado un esfuerzo mayor que en la condición TWI. Esto puede deberse a que no es usual correr con una sensación de frío.

5.3. Estrés térmico

Se presentaron diferencias significativas en peso y hematocrito en ambas condiciones. En ambas condiciones hubo un descenso en los valores de peso ($p < 0.01$) y hematocrito. Adicionalmente, no existen diferencias significativas entre las condiciones (TWI=CWI) en relación con la temperatura ótica, pero si existieron diferencias según momento de medición, en la cual la medición PostRun presentó T° ótica mayor a las dos condiciones previas.

Los resultados actuales sugieren que lo más probable es que se puedan esperar efectos positivos del preenfriamiento con el ejercicio de resistencia. Además, los efectos esperados tienden a aumentar con el aumento de la temperatura ambiente. En el caso del presente estudio, se presenta una variación en la T° ótica pero sin variar entre las condiciones. La inmersión de agua no fue capaz de cambiar la temperatura central, pero si el ejercicio físico cuando se mide la T° ótica.

Algunos autores afirman que un efecto de preenfriamiento puede deberse únicamente a la reducción de la temperatura de la piel (Kay, Taaffe y Marino, 2010). Así como otros investigadores asumen que la reducción de la temperatura de la piel es la razón de la mejora del rendimiento, ya que la transferencia de calor mejora por el aumento del gradiente de temperatura entre el núcleo del cuerpo y la piel (Duffield and Marino, 2007). Pero estos resultados suelen variar de acuerdo a la técnica utilizada para el preenfriamiento.

Por su lado, la T° Piel, en las cuatro ROI disminuyen post inmersión y recuperan su temperatura posterior a la carrera (Pre > Postwi [<0.01]; PostRun > Postwi [<0.01]). Esto se ve reflejado en los cambios en la temperatura de la piel durante las fases del protocolo. El preenfriamiento tuvo un efecto significativo en la reducción de la temperatura media de la

piel después de la aplicación de enfriamiento, así como en la TWI. El enfriamiento reduce la temperatura de la piel, con una reducción entre el 10% y el 20% (Faulkner et al., 2015).

Para aumentar el rendimiento, la temperatura corporal central o la temperatura de la piel deben reducirse mediante enfriamiento. Con una reducción de la temperatura corporal central de hasta 1.5 ° C, se ha observado un mayor rendimiento en la mayoría de los casos (Wegmann et al., 2012). Sin embargo, una reducción de 1.9 ° C ha provocado una fuerte disminución en el rendimiento (Bergh and Ekblom, 1979), lo que sugiere que una reducción demasiado severa puede tener un efecto perjudicial. Además, los músculos que trabajan en sí mismos no deben enfriarse demasiado, ya que esto también tiene el potencial de reducir el rendimiento (Schniepp et al., 2002; Sleivert et al., 2001).

5.4. Carga externa e interna

No existen diferencias significativas entre las condiciones (TWI=CWI) en relación con la carga interna o externa. En consecuencia, para obtener un real resultado positivo y práctico, parece ser necesaria una intervención mixta de métodos como ingesta de bebidas o hielo frío durante la carrera así como técnicas de preenfriamiento como inmersión en agua o chalecos fríos (Xu et al., 2021). En el presente estudio no hubo diferencia en las variables que se relacionan con el desempeño deportivo (e.g., menor tiempo de carrera), ni tampoco en las variables que pudieran sugerir una mejor economía de carrera como es la carga externa o interna (e.g., aceleraciones, frecuencia cardiaca).

En los últimos años, la discusión sobre el uso de métodos y dispositivos de enfriamiento en el deporte competitivo ha ganado interés no solo en ambientes cálidos, sino

también en otras áreas (Duffield, 2008; Marino, 2002b;). Una aplicación que se ha investigado con frecuencia para mejorar el rendimiento es el enfriamiento previo. hacer ejercicio (pre-enfriamiento). El mecanismo fisiológico que fundamenta el uso del preenfriamiento es reducir el estrés por calor en el sistema termorregulador y, en consecuencia, retrasar la aparición de la fatiga inducida térmicamente (Wegmann et al., 2012).

El preenfriamiento puede influir positivamente en el sistema cardiovascular y específicamente en la distribución de la sangre a los músculos activos y redistribución desde la periferia al núcleo del cuerpo, el metabolismo, preservando la temperatura óptima para la actividad enzimática, así como el sistema nervioso central y periférico, inhibiendo la inhibición señales neuronales del gobernador central. Sin embargo, los mecanismos fisiológicos exactos que subyacen a las posibles mejoras en el rendimiento y su interacción aún no se comprenden completamente (Duffield, 2008; Marino, 2002b).

Especialmente durante las últimas dos décadas, se ha publicado un gran número de estudios centrados en el preenfriamiento, pero sobre la base de los estudios actualmente existentes todavía es difícil concluir en aplicaciones prácticas para el uso del preenfriamiento. Esto se debe a la utilización de metodología no homogénea diseñada en los estudios. Por ejemplo, un meta análisis señala que en los estudios se combinaron diferentes protocolos de enfriamiento con una diversidad de pruebas de ejercicio a muy diversas temperaturas ambientales en sujetos de niveles heterogéneos de condición física (Wegmann et al., 2012).

Esto dificulta el entendimiento del preenfriamiento y su verdadero impacto. Es por ello por lo que el presente estudio tuvo como objetivo dar una visión global de la efectividad del preenfriamiento para mantener parámetros de rendimiento y salud en corredores bajo condiciones de calor.

5.6. Limitaciones

Si bien los resultados de este estudio han proporcionado información sobre el efecto del preenfriamiento por inmersión en agua fría sobre el estrés térmico, función neuromuscular, carga externa e interna y recuperación subjetiva en una prueba contrarreloj en corredores entrenados, se deben reconocer algunas limitaciones del estudio. Aunque la muestra utilizada para este estudio fue de un grupo de adultos activos sanos con experiencia similar en este tipo de pruebas, estos resultados deben tomarse con precaución al aplicarlos a otras poblaciones específicas como deportistas, mujeres, entre otros. Adicionalmente, la heterogeneidad de la muestra desde un punto de vista de la edad pudo ser un factor que influyera en los resultados.

Capítulo VI CONCLUSIONES

El preenfriamiento a una temperatura de 12 grados durante 12 min no es un método efectivo para reducir el estrés térmico, fatiga neuromuscular, la carga externa o la percepción de esfuerzo o dolor percibido durante una carrera contrarreloj de 5000 metros en condiciones de calor. Si bien la función muscular, el dolor muscular, la percepción de esfuerzo y la temperatura óptica, el peso y el hematocrito, se ven afectados por la carrera de 5000 metros, esto significa una respuesta esperada para el nivel de esfuerzo físico y es por ello que en ambas condiciones se presenta la misma situación.

Es importante considerar que la real efectividad del método de preenfriamiento varía según condiciones antropométricas, de nivel de actividad física, según el tipo de actividad física (ejemplo, intensidad, duración), y varía también debido a la duración de la exposición al medio frío, así como el tipo de aplicación. De esta manera, se recomienda que el cuerpo técnico y médico de equipos de atletismo prueben la efectividad de sus técnicas de preenfriamiento en sus atletas en particular. Asimismo, se motiva para que se consideren aplicaciones prácticas que se ajusten a la realidad de cada situación y escenario.

Es necesaria una intervención mixta de métodos de preenfriamiento como la ingesta de bebidas o hielo frío durante la carrera, así como técnicas de preenfriamiento como inmersión en agua o chalecos fríos en futuros estudios. La mayoría de los estudios de laboratorio han demostrado mejoras en el rendimiento del ejercicio después del preenfriamiento y la aparición de estrategias que son prácticamente relevantes para el entorno de campo ahora permiten a los científicos individualizar estrategias relevantes para equipos e individuos en los lugares de competencia. Se justifica la investigación futura para investigar la efectividad de las estrategias prácticas de preenfriamiento en la competencia o en el campo.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

Sobre la base de los estudios actualmente disponibles, es muy complejo dar pautas precisas para la aplicación del preenfriamiento. Esto se debe a la falta de uniformidad de los métodos utilizados en los estudios. Se han combinado diferentes protocolos de enfriamiento en diferentes tipos de ejercicio a diferentes temperaturas, lo que dificulta comprender la real efectividad de los métodos. Es por ello que se requieren más estudios profundos y robustos que consideren las diferentes intensidades y volúmenes del esfuerzo, así como ciertas particularidades condicionales como la temperatura, la humedad, el nivel de actividad, entre otros factores que pueden intervenir.

Por lo tanto, para futuras investigaciones, se recomienda estandarizar el protocolo de enfriamiento y el protocolo de ejercicio en diferentes estudios controlados, siempre tomando en cuenta su aplicabilidad en el campo. Por ejemplo, se podría elegir un protocolo de enfriamiento uniforme y se podrían investigar sus efectos en diferentes tipos de ejercicio. Asimismo, es necesario considerar que la muestra que se utilice debe ser mayor.

Para lograr resultados óptimos, se recomienda a los atletas y entrenadores que realicen sus propias pruebas durante el entrenamiento, antes de usar el preenfriamiento durante la competencia. Los clubes y federaciones que planean invertir en métodos de enfriamiento deben investigar la eficacia de los métodos respectivos utilizando conocimiento científico de alta calidad basado en evidencia. Desde una perspectiva práctica y científica, también parece útil analizar las posibles diferencias de género, de edad y otras medidas antropométricas en el preenfriamiento.

Finalmente, se deben explorar las potenciales diferencias de la aplicación de preenfriamiento interno y externo, así como la combinación de estas dos estrategias. Asimismo, considerando que una gran mayoría de estudios han explorado la efectividad del preenfriamiento en condiciones de laboratorio, se recomienda realizar mayor cantidad de estudios en escenarios de competencia y entrenamiento reales al aire libre donde muchos factores influyen en la eficacia y eficiencia del método.

REFERENCIAS

- Adamczyk, J. G., Krasowska, I., Boguszewski, D., and 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. *J. Therm. Biol.* 60, 20–25. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.05.006.
- Aldous, J. W. F., Christmas, B. C. R., Akubat, I., Stringer, C. A., Abt, G., and Taylor, L. (2019a). Mixed-methods pre-match cooling improves simulated soccer performance in the heat. *European Journal of Sport Science* 19, 156–165. doi:10.1080/17461391.2018.1498542.
- Aldous, J. W. F., Christmas, B. C. R., Akubat, I., Stringer, C. A., Abt, G., and Taylor, L. (2019b). Mixed-methods pre-match cooling improves simulated soccer performance in the heat. *European Journal of Sport Science* 19, 156–165. doi:10.1080/17461391.2018.1498542.
- Almekinders, L. C., and Engle, C. R. (2019). Common and Uncommon Injuries in Ultra-endurance Sports. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 27, 25–30. doi:10.1097/JSA.0000000000000217.
- Al-Nakhli, H. H., Petrofsky, J. S., Laymon, M. S., and Berk, L. S. (2012). The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp*. doi:10.3791/3551.
- American College of Sports Medicine, A. C. of S. (2013). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine, Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., et al. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc* 39, 556–572. doi:10.1249/MSS.0b013e31802fa199.
- Armstrong, L. E., Pumerantz, A. C., Fiala, K. A., Roti, M. W., Kavouras, S. A., Casa, D. J., et al. (2010). Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 20, 145–153. doi:10.1123/ijsnem.20.2.145.
- Asmussen, E., and Bøje, O. (1945). Body Temperature and Capacity for Work. *Acta Physiologica Scandinavica* 10, 1–22. doi:https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1945.tb00287.x.
- Bandeira, F., Moura, M. A. M. de, Souza, M. A. de, Nohama, P., and Neves, E. B. (2012). Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 18, 246–251. doi:10.1590/S1517-86922012000400006.
- Barros, E. S., Nascimento, D. C., Prestes, J., Nóbrega, O. T., Córdova, C., Sousa, F., et al. (2017). Acute and Chronic Effects of Endurance Running on Inflammatory Markers: A Systematic Review. *Front Physiol* 8. doi:10.3389/fphys.2017.00779.
- Barry, B. K., and Enoka, R. M. (2007). The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integr Comp Biol* 47, 465–473. doi:10.1093/icb/icm047.
- Bergh, U., and Ekblom, B. (1979). Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 46, 885–889. doi:10.1152/jappl.1979.46.5.885.
- Best, R., Payton, S., Spears, I., Riera, F., and Berger, N. (2018). Topical and Ingested Cooling Methodologies for Endurance Exercise Performance in the Heat. *Sports (Basel)* 6. doi:10.3390/sports6010011.

- Bongers, C. C. W. G., Hopman, M. T. E., and Eijsvogels, T. M. H. (2017). Cooling interventions for athletes: An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. *Temperature (Austin)* 4, 60–78. doi:10.1080/23328940.2016.1277003.
- Booth, J., Marino, F., and Ward, J. J. (1997). Improved running performance in hot humid conditions following whole body precooling. *Med Sci Sports Exerc* 29, 943–949. doi:10.1097/00005768-199707000-00014.
- Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P. V., Fekete, G., and Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol. Scand.* 116, 343–349. doi:10.1111/j.1748-1716.1982.tb07152.x.
- Byrne, C., Lee, J. K. W., Chew, S. A. N., Lim, C. L., and Tan, E. Y. M. (2006). Continuous thermoregulatory responses to mass-participation distance running in heat. *Med Sci Sports Exerc* 38, 803–810. doi:10.1249/01.mss.0000218134.74238.6a.
- Casa, D. J., Armstrong, L. E., Hillman, S. K., Montain, S. J., Reiff, R. V., Rich, B. S. E., et al. (2000). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. *J Athl Train* 35, 212–224.
- Casa, D. J., Stearns, R. L., Lopez, R. M., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Walker Yeargin, S., et al. (2010). Influence of Hydration on Physiological Function and Performance During Trail Running in the Heat. *Journal of Athletic Training* 45, 147–156. doi:10.4085/1062-6050-45.2.147.
- Che Muhamed, A. M., Atkins, K., Stannard, S. R., Mündel, T., and Thompson, M. W. (2016). The effects of a systematic increase in relative humidity on thermoregulatory and circulatory responses during prolonged running exercise in the heat. *Temperature (Austin)* 3, 455–464. doi:10.1080/23328940.2016.1182669.
- Choo, H. C., Nosaka, K., Peiffer, J. J., Ihsan, M., and Abbiss, C. R. (2018). Ergogenic effects of precooling with cold water immersion and ice ingestion: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science* 18, 170–181. doi:10.1080/17461391.2017.1405077.
- Côrte, A. C., Pedrinelli, A., Marttos, A., Souza, I. F. G., Grava, J., and Hernandez, A. J. (2019). Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 5, e000431. doi:10.1136/bmjsem-2018-000431.
- Costello, J. T., McInerney, C. D., Bleakley, C. M., Selfe, J., and Donnelly, A. E. (2012). The use of thermal imaging in assessing skin temperature following cryotherapy: a review. *Journal of Thermal Biology* 37, 103–110. doi:10.1016/j.jtherbio.2011.11.008.
- da Silva, W., Machado, Á. S., Souza, M. A., Kunzler, M. R., Priego-Quesada, J. I., and Carpes, F. P. (2018). Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? *Physiol. Meas.* 39, 104007. doi:10.1088/1361-6579/aae6df.
- Dempsey, J. A., Amann, M., Romer, L. M., and Miller, J. D. (2008). Respiratory system determinants of peripheral fatigue and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 40, 457–461. doi:10.1249/MSS.0b013e31815f8957.
- Drust, B., Cable, N. T., and Reilly, T. (2000). Investigation of the effects of the pre-cooling on the physiological responses to soccer-specific intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol* 81, 11–17. doi:10.1007/PL00013782.
- Drust, B., Rasmussen, P., Mohr, M., Nielsen, B., and Nybo, L. (2005). Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance. *Acta Physiol Scand* 183, 181–190. doi:10.1111/j.1365-201X.2004.01390.x.

- Duffield, R. (2008). Cooling interventions for the protection and recovery of exercise performance from exercise-induced heat stress. *Med Sport Sci* 53, 89–103. doi:10.1159/000151552.
- Duffield, R., Green, R., Castle, P., and Maxwell, N. (2010). Precooling can prevent the reduction of self-paced exercise intensity in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 42, 577–584. doi:10.1249/MSS.0b013e3181b675da.
- Duffield, R., and Marino, F. E. (2007). Effects of pre-cooling procedures on intermittent-sprint exercise performance in warm conditions. *Eur J Appl Physiol* 100, 727–735. doi:10.1007/s00421-007-0468-x.
- DUV (2019). DUV Ultra Marathon Statistics. Available at: www.ultra-marathon.org [Accessed November 29, 2017].
- Ely, B. R., and Ely, M. R. (2020). Running in the Heat: Performance Consequences and Strategies to Prepare for Hot-Weather Racing. *Strength & Conditioning Journal* 42, 90–96. doi:10.1519/SSC.0000000000000484.
- Ely, M. R., Chevront, S. N., Roberts, W. O., and Montain, S. J. (2007). Impact of weather on marathon-running performance. *Med Sci Sports Exerc* 39, 487–493. doi:10.1249/mss.0b013e31802d3aba.
- Faulkner, S. H., Hupperets, M., Hodder, S. G., and Havenith, G. (2015). Conductive and evaporative precooling lowers mean skin temperature and improves time trial performance in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25, 183–189. doi:<https://doi.org/10.1111/sms.12373>.
- Fenemor, S. P., Gill, N. D., Sims, S. T., Beaven, C. M., and Driller, M. W. (2020). Validity of a Tympanic Thermometer and Thermal Imaging Camera for Measuring Core and Skin Temperature during Exercise in the Heat. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 24, 49–55. doi:10.1080/1091367X.2019.1667361.
- Fernandes, A. de A., Amorim, P. R. dos S., Brito, C. J., Sillero-Quintana, M., and Bouzas Marins, J. C. (2016). Regional Skin Temperature Response to Moderate Aerobic Exercise Measured by Infrared Thermography. *Asian J Sports Med* 7. doi:10.5812/asjms.29243.
- Formenti, D., Ludwig, N., Gargano, M., Gondola, M., Dellerma, N., Caumo, A., et al. (2013). Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Ann Biomed Eng* 41, 863–871. doi:10.1007/s10439-012-0718-x.
- García-García, O., Cuba-Dorado, A., Álvarez-Yates, T., Carballo-López, J., and Iglesias-Caamaño, M. (2019). Clinical utility of tensiomyography for muscle function analysis in athletes. *OAJSM* Volume 10, 49–69. doi:10.2147/OAJSM.S161485.
- García-Manso, J. M., Rodríguez-Ruiz, D., Rodríguez-Matoso, D., de Saa, Y., Sarmiento, S., and Quiroga, M. (2011). Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). *J Sports Sci* 29, 619–625. doi:10.1080/02640414.2010.548822.
- Giovanelli, N., Taboga, P., Rejc, E., Šimunič, B., Antonutto, G., and Lazzer, S. (2016). Effects of an Uphill Marathon on Running Mechanics and Lower-Limb Muscle Fatigue. *International journal of sports physiology and performance* 11, 522–529. doi:10.1123/ijsp.2014-0602.
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., González-Custodio, A., Olcina, G., and Pino-Ortega, J. (2019). Using an Inertial Device (WIMU PRO™) to Quantify Neuromuscular

- Load in Running. Reliability, Convergent Validity and Influence of Type of Surface and Device Location. *Journal of Strength and Conditioning Research* Epub: Ahead of Print.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., and Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol (1985)* 86, 1032–1039. doi:10.1152/jappl.1999.86.3.1032.
- Grandjean, A. C., and Grandjean, N. R. (2007). Dehydration and Cognitive Performance. *Journal of the American College of Nutrition* 26, 549S-554S. doi:10.1080/07315724.2007.10719657.
- Gutiérrez-Vargas, R., Gutiérrez-Vargas, J. C., Ugalde-Ramírez, J. A., and Rojas-Valverde, D. (2018a). Kinematics and thermal sex responses during an official beach handball game in Costa Rica: a pilot study. *Archivos de Medicina del Deporte* 36, 7–14.
- Gutiérrez-Vargas, R., Martín-Rodríguez, S., Sánchez-Ureña, B., Rodríguez-Montero, A., Salas-Cabrera, J., Gutiérrez-Vargas, J. C., et al. (2018b). Biochemical and Muscle Mechanical Postmarathon Changes in Hot and Humid Conditions: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi:10.1519/JSC.0000000000002746.
- Gutiérrez-Vargas, R., Ugalde-Ramírez, J. A., Rojas-Valverde, D., Salas-Cabrera, J., Rodríguez-Montero, A., and Gutiérrez-Vargas, J. C. (2017). La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón. *Rev. Fac. Med.* 65, 601–607. doi:10.15446/revfacmed.v65n4.60638.
- Hadžić, V., Širok, B., Malneršič, A., and Čoh, M. (2019). Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *Journal of Sport and Health Science* 8, 89–92. doi:10.1016/j.jshs.2015.08.002.
- Hamilton, A. L., Killian, K. J., Summers, E., and Jones, N. L. (1996). Quantification of intensity of sensations during muscular work by normal subjects. *J Appl Physiol (1985)* 81, 1156–1161. doi:10.1152/jappl.1996.81.3.1156.
- Hasegawa, H., Takatori, T., Komura, T., and Yamasaki, M. (2006). Combined effects of pre-cooling and water ingestion on thermoregulation and physical capacity during exercise in a hot environment. *Journal of Sports Sciences* 24, 3–9. doi:10.1080/02640410400022185.
- Helou, N. E., Tafflet, M., Berthelot, G., Tolaini, J., Marc, A., Guillaume, M., et al. (2012). Impact of Environmental Parameters on Marathon Running Performance. *PLOS ONE* 7, e37407. doi:10.1371/journal.pone.0037407.
- Higgins, T. R., Greene, D. A., and Baker, M. K. (2017). Effects of Cold Water Immersion and Contrast Water Therapy for Recovery From Team Sport: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res* 31, 1443–1460. doi:10.1519/JSC.0000000000001559.
- Hildebrandt, C., Raschner, C., and Ammer, K. (2010). An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors (Basel)* 10, 4700–4715. doi:10.3390/s100504700.
- Imai, D., Takeda, R., Suzuki, A., Naghavi, N., Yamashina, Y., Ota, A., et al. (2018). Effects of skin surface cooling before exercise on lactate accumulation in cool environment. *Eur J Appl Physiol* 118, 551–562. doi:10.1007/s00421-017-3797-4.
- Johnson, D. E. (2010). Crossover experiments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 2, 620–625. doi:10.1002/wics.109.

- Junge, N., Jørgensen, R., Flouris, A. D., and Nybo, L. (2016). Prolonged self-paced exercise in the heat – environmental factors affecting performance. *Temperature (Austin)* 3, 539–548. doi:10.1080/23328940.2016.1216257.
- Katica, C. P., Wingo, J. E., Herron, R. L., Ryan, G. A., Bishop, S. H., and Richardson, M. (2018). Impact of upper body precooling during warm-up on subsequent time trial paced cycling in the heat. *J Sci Med Sport* 21, 621–625. doi:10.1016/j.jsams.2017.10.007.
- Kay, Taaffe y Marino (2010). Whole-body pre-cooling and heat storage during self-paced cycling performance in warm humid conditions: *Journal of Sports Sciences: Vol 17, No 12*. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/026404199365326> [Accessed November 20, 2019].
- Kylili, A., Fokaides, P. A., Christou, P., and Kalogirou, S. A. (2014). Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review. *Applied Energy* 134, 531–549. doi:10.1016/j.apenergy.2014.08.005.
- Lahiri, B. B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., and Philip, J. (2012). Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics & Technology* 55, 221–235. doi:10.1016/j.infrared.2012.03.007.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W., and Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 46, 233–240. doi:10.1136/bjsports-2011-090061.
- Lynch, G. P., Périard, J. D., Pluim, B. M., Brotherhood, J. R., and Jay, O. (2018). Optimal cooling strategies for players in Australian Tennis Open conditions. *J Sci Med Sport* 21, 232–237. doi:10.1016/j.jsams.2017.05.017.
- Maley, M. J., Minett, G. M., Bach, A. J. E., Zietek, S. A., Stewart, K. L., and Stewart, I. B. (2018). Internal and external cooling methods and their effect on body temperature, thermal perception and dexterity. *PLOS ONE* 13, e0191416. doi:10.1371/journal.pone.0191416.
- Marino, F. (2002a). Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *Br J Sports Med* 36, 89–94. doi:10.1136/bjism.36.2.89.
- Marino, F. E. (2002b). Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine* 36, 89–94. doi:10.1136/bjism.36.2.89.
- Marins, J., Fernández-Cuevas, I., Anaiz-Lastras, J., Fernandes, A., and Sillero-Quintana, M. (2015). APPLICATIONS OF INFRARED THERMOGRAPHY IN SPORTS. A REVIEW. *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte* 15, 1–20.
- Minett, G. M., Duffield, R., Marino, F. E., and Portus, M. (2011). Volume-dependent response of precooling for intermittent-sprint exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 43, 1760–1769. doi:10.1249/MSS.0b013e318211be3e.
- Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J. J., and Pallarés, J. G. (2017). Movement velocity as a measure of level of effort during resistance exercise: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi:10.1519/JSC.0000000000002017.
- Moreira, D. G., Costello, J. T., Brito, C. J., Adamczyk, J. G., Ammer, K., Bach, A. J. E., et al. (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. doi:10.1016/j.jtherbio.2017.07.006.
- Naito, T., Iribe, Y., and Ogaki, T. (2017). Ice ingestion with a long rest interval increases the endurance exercise capacity and reduces the core temperature in the heat. *J Physiol Anthropol* 36. doi:10.1186/s40101-016-0122-6.

- Nielsen, B., Hales, J. R., Strange, S., Christensen, N. J., Warberg, J., and Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J Physiol* 460, 467–485. doi:10.1113/jphysiol.1993.sp019482.
- Nielsen, B., and Nybo, L. (2003). Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Med* 33, 1–11. doi:10.2165/00007256-200333010-00001.
- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports* 10, 123–145. doi:10.1034/j.1600-0838.2000.010003123.x.
- Nummela, A. T., Heath, K. A., Paavolainen, L. M., Lambert, M. I., Gibson, A. S. C., Rusko, H. K., et al. (2008). Fatigue during a 5-km Running Time Trial. *Int J Sports Med* 29, 738–745. doi:10.1055/s-2007-989404.
- Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., Sharwood, K. A., Lambert, M. I., Noakes, T. D., and Rusko, H. K. (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol* 97, 1. doi:10.1007/s00421-006-0147-3.
- Nybo, L. (2008). Hyperthermia and fatigue. *J Appl Physiol (1985)* 104, 871–878. doi:10.1152/jappphysiol.00910.2007.
- Nybo, L., and Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl. Physiol.* 91, 1055–1060. doi:10.1152/jappl.2001.91.3.1055.
- Oliva-Lozano, J. M., Martín-Fuentes, I., and Muyor, J. M. (2020). Validity and Reliability of an Inertial Device for Measuring Dynamic Weight-Bearing Ankle Dorsiflexion. *Sensors* 20, 399. doi:10.3390/s20020399.
- Olschewski, H., and Brück, K. (1988). Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *J Appl Physiol (1985)* 64, 803–811. doi:10.1152/jappl.1988.64.2.803.
- Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Watson, G., Nosaka, K., and Laursen, P. B. (2009). Effect of cold-water immersion duration on body temperature and muscle function. *J Sports Sci* 27, 987–993. doi:10.1080/02640410903207424.
- Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Watson, G., Nosaka, K., and Laursen, P. B. (2010). Effect of cold water immersion on repeated 1-km cycling performance in the heat. *J Sci Med Sport* 13, 112–116. doi:10.1016/j.jsams.2008.08.003.
- Priego-Quesada, J. I., Machado, A. S., Gil-Calvo, M., Jimenez-Perez, I., Cibrian Ortiz de Anda, R. M., Salvador Palmer, R., et al. (2020). A methodology to assess the effect of sweat on infrared thermography data after running: Preliminary study. *Infrared Physics & Technology* 109, 103382. doi:10.1016/j.infrared.2020.103382.
- Proske, U. (2005). What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle Nerve* 31, 780–787. doi:10.1002/mus.20330.
- Quod, M. J., Martin, D. T., and Laursen, P. B. (2006). Cooling athletes before competition in the heat: comparison of techniques and practical considerations. *Sports Med* 36, 671–682. doi:10.2165/00007256-200636080-00004.
- Quod, M. J., Martin, D. T., Laursen, P. B., Gardner, A. S., Halson, S. L., Marino, F. E., et al. (2008). Practical precooling: effect on cycling time trial performance in warm conditions. *J Sports Sci* 26, 1477–1487. doi:10.1080/02640410802298268.
- Rico-González, M., Los Arcos, A., Rojas-Valverde, D., Clemente, F. M., and Pino-Ortega, J. (2020). A Survey to Assess the Quality of the Data Obtained by Radio-Frequency Technologies and Microelectromechanical Systems to Measure External Workload and

- Collective Behavior Variables in Team Sports. *Sensors* 20, 2271. doi:10.3390/s20082271.
- Riebe, D., Franklin, B. A., Thompson, P. D., Garber, C. E., Whitfield, G. P., Magal, M., et al. (2015). Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. *Med Sci Sports Exerc* 47, 2473–2479. doi:10.1249/MSS.0000000000000664.
- Rojas-Valverde, D., Olcina, G., Gutiérrez-Vargas, R., and Crowe, J. (2019a). Heat Strain, External Workload, and Chronic Kidney Disease in Tropical Settings: Are Endurance Athletes Exposed? *Front. Physiol.* 10, 1403. doi:10.3389/fphys.2019.01403.
- Rojas-Valverde, D., Ramírez, J. A. U., Sánchez-Ureña, B., and Gutiérrez-Vargas, R. (2020a). Influence of Altitude and Environmental Temperature on Muscle Functional and Mechanical Activation After 30' Time Trial Run. *MHSalud: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud* 17, 1–15. doi:10.15359/mhs.17-1.2.
- Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Crowe, J., Timón, R., and Olcina, G. J. (2020b). Exertional Rhabdomyolysis and Acute Kidney Injury in Endurance Sports: A Systematic Review. *European Journal of Sport Science* 0, 1–28. doi:10.1080/17461391.2020.1746837.
- Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Pino-Ortega, J., Gómez-Carmona, C., Gutiérrez-Vargas, R., Timón, R., et al. (2019b). External Workload Indicators of Muscle and Kidney Mechanical Injury in Endurance Trail Running. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 3909. doi:10.3390/ijerph16203909.
- Roossien, C. C., Heus, R., Reneman, M. F., and Verkerke, G. J. (2020). Monitoring core temperature of firefighters to validate a wearable non-invasive core thermometer in different types of protective clothing: Concurrent in-vivo validation. *Applied Ergonomics* 83, 103001. doi:10.1016/j.apergo.2019.103001.
- Ross, M., Abbiss, C., Laursen, P., Martin, D., and Burke, L. (2013). Precooling Methods and Their Effects on Athletic Performance: A Systematic Review and Practical Applications. *Sports Med* 43, 207–225. doi:10.1007/s40279-012-0014-9.
- Rossi, A., Perri, E., Pappalardo, L., Cintia, P., and Iaia, F. M. (2019). Relationship between External and Internal Workloads in Elite Soccer Players: Comparison between Rate of Perceived Exertion and Training Load. *Applied Sciences* 9, 5174. doi:10.3390/app9235174.
- Sánchez-Ureña, B., Martínez-Guardado, I., Crespo, C., Timón, R., Calleja-González, J., Ibañez, S. J., et al. (2017). The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: a randomized controlled trial. *Phys Sportsmed* 45, 134–139. doi:10.1080/00913847.2017.1292832.
- Sánchez-Ureña, B., Martínez-Guardado, I., Espinoza-Acuña, G., Camacho-Cardenosa, M., Camacho-Cardenosa, A., Timón, R., et al. (2018a). Comparison of cold water immersion protocols in female handball players after match training. *Journal of Human Sport and Exercise* 13, 363–374. doi:10.14198/jhse.2018.132.08.
- Sánchez-Ureña, B., Rojas-Valverde, D., and Gutiérrez-Vargas, R. (2018b). Effectiveness of Two Cold Water Immersion Protocols on Neuromuscular Function Recovery: A Tensiomyography Study. *Front Physiol* 9. doi:10.3389/fphys.2018.00766.
- Sánchez-Ureña, B., Rojas-Valverde, D., and Gutiérrez-Vargas, R. (2018c). Effectiveness of Two Cold Water Immersion Protocols on Neuromuscular Function Recovery: A Tensiomyography Study. *Front Physiol* 9. doi:10.3389/fphys.2018.00766.

- Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., and Kenefick, R. W. (2012). High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental Physiology* 97, 327–332. doi:10.1113/expphysiol.2011.061002.
- Scheer, V. (2019). Participation Trends of Ultra Endurance Events. *Sports Med Arthrosc Rev* 27, 3–7. doi:10.1097/JSA.0000000000000198.
- Scheer, V., Basset, P., Giovanelli, N., Vernillo, G., Millet, G. P., and Costa, R. J. S. (2020a). Defining off-road running: a position statement from the Ultra Sports Science Foundation. *Int J Sports Med*, 1–10.
- Scheer, V., Di Gangi, S., Villiger, E., Rosemann, T., Nikolaidis, P. T., and Knechtle, B. (2020b). Participation and Performance Analysis in Children and Adolescents Competing in Time-Limited Ultra-Endurance Running Events. *IJERPH* 17, 1628. doi:10.3390/ijerph17051628.
- Scheer, V., and Hoffman, M. D. (2019). Too much too early? An analysis of worldwide childhood ultramarathon participation and attrition in adulthood. *J Sports Med Phys Fitness* 59, 1363–1368. doi:10.23736/S0022-4707.19.09495-7.
- Schniepp, J., Campbell, T. S., Powell, K. L., and Pincivero, D. M. (2002). The Effects of Cold-Water Immersion on Power Output and Heart Rate in Elite Cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 16, 561–566.
- Siegel, R., Maté, J., Brearley, M. B., Watson, G., Nosaka, K., and Laursen, P. B. (2010). Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 42, 717–725. doi:10.1249/MSS.0b013e3181bf257a.
- Siepkka, S. M., Yoo, S.-H., Park, J., Lee, C., and Takahashi, J. S. (2007). Genetics and neurobiology of circadian clocks in mammals. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 72, 251–259. doi:10.1101/sqb.2007.72.052.
- Sleivert, G. G., Cotter, J. D., Roberts, W. S., and Febbraio, M. A. (2001). The influence of whole-body vs. torso pre-cooling on physiological strain and performance of high-intensity exercise in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 128, 657–666. doi:10.1016/s1095-6433(01)00272-0.
- Steketee, J. (1973). Spectral emissivity of skin and pericardium. *Physics in medicine and biology* 18, 686.
- Stevens, C. J., Taylor, L., and Dascombe, B. J. (2017). Cooling During Exercise: An Overlooked Strategy for Enhancing Endurance Performance in the Heat. *Sports Med* 47, 829–841. doi:10.1007/s40279-016-0625-7.
- Tanda, G. (2015). The use of infrared thermography to detect the skin temperature response to physical activity. *J. Phys.: Conf. Ser.* 655, 012062. doi:10.1088/1742-6596/655/1/012062.
- Tanda, G. (2016). Skin temperature measurements by infrared thermography during running exercise. *Experimental Thermal and Fluid Science* 71, 103–113. doi:10.1016/j.expthermflusci.2015.10.006.
- Thomas, M. M., Cheung, S. S., Elder, G. C., and Sleivert, G. G. (2006). Voluntary muscle activation is impaired by core temperature rather than local muscle temperature. *J. Appl. Physiol.* 100, 1361–1369. doi:10.1152/jappphysiol.00945.2005.
- Tiller, N. B. (2019). Pulmonary and Respiratory Muscle Function in Response to Marathon and Ultra-Marathon Running: A Review. *Sports Med* 49, 1031–1041. doi:10.1007/s40279-019-01105-w.

- Tiller, N. B., Stewart, G. M., Illidi, C. R., and Levine, B. D. (2020). Exercise Is Medicine? The Cardiorespiratory Implications of Ultra-marathon. *Curr Sports Med Rep* 19, 290–297. doi:10.1249/JSR.0000000000000738.
- Tucker, R., Rauch, L., Harley, Y. X. R., and Noakes, T. D. (2004). Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. *Pflugers Arch - Eur J Physiol* 448, 422–430. doi:10.1007/s00424-004-1267-4.
- Tyler, C. J., Sunderland, C., and Cheung, S. S. (2015). The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 49, 7–13. doi:10.1136/bjsports-2012-091739.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., and Dawson, B. (2008a). Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci* 26, 431–440. doi:10.1080/02640410701567425.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., and Dawson, B. (2008b). Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *Int J Sports Med* 29, 539–544. doi:10.1055/s-2007-989267.
- Vihma, T. (2010). Effects of weather on the performance of marathon runners. *Int J Biometeorol* 54, 297–306. doi:10.1007/s00484-009-0280-x.
- Viker, T., and Richardson, M. X. (2013). Shoe cleat position during cycling and its effect on subsequent running performance in triathletes. *Journal of Sports Sciences* 31, 1007–1014. doi:10.1080/02640414.2012.760748.
- Walters, P., Thom, N., Libby, K., Edgren, S., Azadian, A., Tannous, D., et al. (2017). The Effect of Intermittent Head Cooling on Aerobic Performance in the Heat. *J Sports Sci Med* 16, 77–83.
- Wegmann, M., Faude, O., Poppendieck, W., Hecksteden, A., Fröhlich, M., and Meyer, T. (2012). Pre-Cooling and Sports Performance. *Sports Med* 42, 545–564. doi:10.2165/11630550-000000000-00000.
- Xu, M., Wu, Z., Dong, Y., Qu, C., Xu, Y., Qin, F., et al. (2021). A Mixed-Method Approach of Pre-Cooling Enhances High-Intensity Running Performance in the Heat. *Journal of Sports Science and Medicine* 20, 26–34.
- Yeargin, S. W., Casa, D. J., McClung, J. M., Knight, J. C., Healey, J. C., Goss, P. J., et al. (2006). Body cooling between two bouts of exercise in the heat enhances subsequent performance. *J Strength Cond Res* 20, 383–389. doi:10.1519/R-18075.1.
- Zhao, Y., Yi, W., Chan, A. P. C., and Wong, D. P. (2018). Impacts of cooling intervention on the heat strain attenuation of construction workers. *Int J Biometeorol* 62, 1625–1634. doi:10.1007/s00484-018-1562-y.

ANEXOS

Anexo 1. Aceptación Protocolo Comité Ético Científico

Anexo 2. Consentimiento Informado

Anexo 3. Cuestionario de información general

ANEXO 1



14 de mayo del 2020
UNA-CECUNA-ACUE-018-2020

Andrea Fallas Campos
Estudiante
Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano

Estimada estudiante:

Para lo correspondiente, le transcribo el acuerdo tomado por el Comité Ético Científico de la Universidad Nacional (CECUNA), en la Sesión Ordinaria N° 03-2020, celebrada el 17 de marzo, que a la letra dice:

CONSIDERANDO:

- 1) La investigadora estudiante de la Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano Andrea Fallas Campos, presentó el trabajo de investigación titulado *“Efectividad del preenfriamiento por inmersión en agua fría en el balance térmico, función neuromuscular, carga externa y dolor percibido de una prueba contra reloj en corredores entrenados”*, **UNA-CECUNA-2020-R006**, con el fin de que sea avalado por el Comité Ético Científico de la Universidad Nacional (CECUNA).
- 2) El estudio se justifica debido, a que se ha evidenciado que las inmersiones de agua fría provocan una serie de beneficios que lograrían mitigar el efecto dañino de la temperatura elevada en el cuerpo humano durante el ejercicio.
- 3) El protocolo cumple con los principios éticos estipulados en la Ley 9234. Además, se considera que esta investigación no representa ningún riesgo para la salud de las personas participantes y los resultados de las muestras se entregarán personalmente por escrito.
- 4) El protocolo expresa con claridad y precisión el plan de investigación y lo que se espera realizar.

Tel. (506) 2277-3000
Apartado 86-3000
Heredia
Costa Rica
www.una.ac.cr





- 5) El contenido es lo suficientemente detallado y completo.
- 6) Está redactado de manera que su contenido sea entendido por los evaluadores del proyecto, así como por las(os) investigadoras(es) y técnicos involucradas(os) en la ejecución.
- 7) Los revisores asignados por el Comité Ético Científico procedieron a la revisión del protocolo y concluyen en aprobar el protocolo con las siguientes observaciones:

1. Protocolos:

- ✓ En el **punto 1)** Resumen del estudio (máximo 3000 caracteres) Se recomienda ampliar el resumen con información sobre el contexto y planteamiento del problema, población de estudio, resultados esperados y su utilidad.
- ✓ En el **punto 3)** Marco teórico o conceptual. En vez de incluir un listado de conceptos con sus respectivas definiciones, se solicita incluir la revisión de literatura relevante sobre el tema desde una perspectiva teórica. Ello implica analizar y exponer los enfoques teóricos que se consideren válidos para el correcto encuadre del estudio.
- ✓ En el **punto 5.1)** Diseño y población de estudio (incluyendo su selección) Se solicita incluir información sobre cuál será el método de selección de los participantes. ¿La muestra sería por conveniencia / aleatoria? ¿Cuál sería la población de donde se obtiene la muestra? ¿Qué tamaño tiene?
- ✓ En el **punto 5.3)** Cantidad total de participantes y poder estadístico (si aplica) Se solicita incluir información para respaldar el tamaño de la muestra de 20 participantes a través de un cálculo de poder estadístico o mediante la inclusión de referencias a estudios similares indicando los tamaños de muestras usadas.



- ✓ En el **punto 5.6)** Cadena de custodia de muestras biológicas. Se solicita incluir más detalle sobre el procedimiento de toma de muestra y sus análisis. También se debe indicar cómo se etiquetarán las muestras y cómo serán desechadas.
- ✓ En el **punto 5.9)** Únicamente para estudios intervencionales: Plan para el monitoreo de seguridad e indicar si hay una Junta de Revisión de Datos de Seguridad. Dado que el diseño del estudio es intervencional, se debe indicar cuál sería el plan para el monitoreo de seguridad e indicar si hay una Junta de Revisión de datos de Seguridad.
- ✓ En el **punto 6.1)** Reclutamiento de participantes. Se debe indicar cómo se llevará a cabo el proceso de invitar a los participantes, ¿sería de forma personal? ¿Cuándo, cómo, dónde?
- ✓ En el **punto 6.2)** Los procedimientos para obtener el consentimiento informado. No se puede contactar a la población del estudio hasta 8 días hábiles después de que el CECUNA haya solicitado su registro ante el CONIS.
- ✓ En el **punto 6.7)** Presentar los métodos de registro y reporte de eventos o reacciones adversas y las medidas para afrontar esas complicaciones. Se debe seguir el procedimiento P-CECUNA-04 Procedimiento para el seguimiento de eventos adversos serios relacionados y no relacionados v1.2 y usar los formularios F-CECUNA-6ª-6D para su reporte y respectivo seguimiento.
- ✓ En el **punto 6.8)** Únicamente para estudios intervencionales: Planes para tratamiento por lesiones y procedimiento de indemnización por discapacidad o muerte (incluye continuación de la terapia al finalizar el estudio) Se debe incluir planes para tratamiento por lesiones (incluye continuación de la terapia al finalizar el estudio).
- ✓ En el **punto 6.17)** Únicamente para estudios intervencionales: Descripción de los procedimientos para que los participantes ejerzan los derechos detallados en el artículo 27 de la Ley N° 9234. Se solicita describir estos procedimientos.



- ✓ En el **punto 7)** Cronograma, con detalle de tiempo necesario para desarrollar el estudio total. Dado que es un estudio intervencional y que se necesita tramitar un seguro adicional ante el INS, es poco probable poder iniciar el estudio antes de mayo/junio.
- ✓ En el **punto 10.3)** Instrumentos a utilizar con los participantes (diarios, cuestionarios, etc). Se deben anexar los formularios usados para el registro de datos.
- ✓ En el **punto 10.17)** Copia de la carta de aprobación del proyecto (si se trata de propuesta de TFG de grado o posgrado). Debe presentar la carta de aprobación del proyecto
- ✓ En el punto 10.19) Formulario resumen. Falta presentar el Formulario resumen.

Otras observaciones:

La autorización del CONIS de la estudiante-asistente está en trámite, la aprobación del protocolo se debe condicionar a la autorización por parte del CONIS. Se debe aclarar si el estudio forma parte de un proyecto más grande, en este último caso, el tutor será el investigador principal, si no fuera así, la estudiante-investigadora será la IP.

2. Consentimiento informado:

- ✓ Debe añadir la estudiante asistente e indicar que forma parte de su TFG
- ✓ Se debe indicar que los participantes de forma aleatoria serán asignados al grupo con preenfriamiento y el otro grupo sin preenfriamiento.
- ✓ Se debe indicar el tiempo que tomará la participación.
- ✓ Se debe eliminar la parte del embarazo, dado que solo participarán hombres.
- ✓ Se debe indicar cómo será atendido cualquier lesión que podría ocurrir por participar del estudio.



- ✓ Por ser un estudio intervencional se debe gestionar una póliza, una vez teniendo la versión final del protocolo aprobado. En el CI se debe indicar el número de esta póliza, e indicar cómo los participantes podrán hacer uso de esta póliza.
 - ✓ Este seguro lo puede tramitar con doña Jeannette Chaverría Muñoz de la Unidad de Control de Activos Fijos y Seguros Tel 2277 - 6104, Correo-e: jeannette.chavarria.munoz@una.cr .
 - ✓ Se debe indicar quién trataría una posible lesión.
 - ✓ Se debe indicar cuáles serán las medidas para asegurar una compensación adecuada en caso de que el participante sufra algún daño como consecuencia de la investigación.
 - ✓ Se debe explicar que se asignarán un código a cada participante, y que solamente los investigadores tendrán acceso a la clave de este código.
 - ✓ ¿Se solicita aclarar si la estudiante no tendrá acceso?
 - ✓ Se solicita indicar de manera explícita que la participación es voluntaria, que solo deben participar si así lo desean, y repetir que en cualquier momento se pueden retirar del estudio sin que esto les afecte de ninguna forma.
 - ✓ Se explicar el diseño y que cada participante será asignado de manera aleatoria a uno de los dos grupos.
 - ✓ Se debe explicar que la probabilidad de entrar a el grupo con/sin enfriamiento es de 50%
 - ✓ Se debe indicar (véase punto 4.9)
- 8) El análisis realizado por el CECUNA determina aprobar el protocolo ***“Efectividad del preenfriamiento por inmersión en agua fría en el balance térmico, función***



neuromuscular, carga externa y dolor percibido de una prueba contra reloj en corredores entrenados", condicionado a la incorporación de las modificaciones solicitadas que pueden ser monitoreadas por un miembro del CECUNA

POR LO TANTO, SE ACUERDA:

- 1. APROBAR EL PROTOCOLO "EFECTIVIDAD DEL PREENFIAMIENTO POR INMERSIÓN EN AGUA FRÍA EN EL BALANCE TÉRMICO, FUNCIÓN NEUROMUSCULAR, CARGA EXTERNA Y DOLOR PERCIBIDO DE UNA PRUEBA CONTRA RELOJ EN CORREDORES ENTRENADOS", UNA-CECUNA-2020-P002, PRESENTADO POR LA INVESTIGADORA PRINCIPAL ANDREA FALLAS CAMPOS, CONDICIONADO A LA INCORPORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES SOLICITADAS QUE PUEDEN SER MONITOREADAS POR UN MIEMBRO DEL CECUNA.**
- 2. ESTABLECER EL PERIODO DE VIGENCIA DEL PROTOCOLO DEL 1 DE ABRIL DE 2020 AL 30 DE DICIEMBRE DE 2020.**
- 3. SI FUERA NECESARIO PEDIR UNA AMPLIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DEBE SOLICITARLA AL CECUNA A MÁS TARDAR EL 30 DE OCTUBRE DE 2020.**
- 4. INFORMAR A LA INVESTIGADORA QUE DEBE SOLICITAR LA EXENCIÓN DEL PAGO DEL CANON ANTE EL CONIS, SIGUIENDO LAS INSTRUCCIONES DEL CONIS EN EL SIGUIENTE SITIO WEB:
[HTTPS://WWW.MINISTERIODESALUD.GO.CR/INDEX.PHP/CONSEJOS/CONIS](https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/consejos/conis), Y REMITIR POSTERIORMENTE LA**

Tel. (506) 2277-3000
Apartado 86-3000
Heredia
Costa Rica
www.una.ac.cr





RESPUESTA DEL CONIS AL CECUNA, PARA QUE EL CECUNA PUEDA PROCEDER CON SOLICITAR EL REGISTRO DE LA INVESTIGACIÓN ANTE EL CONIS.

- 5. SEGÚN INDICADO POR EL CONIS, LA SOLICITUD DE REGISTRO DE LA INVESTIGACIÓN POR PARTE DEL UN CEC DEBE ESTAR EN LA RECEPCIÓN DE LA SECRETARÍA TÉCNICA EJECUTIVA DEL CONIS, AL MENOS OCHO DÍAS HÁBILES ANTES DEL INICIO DE LA INVESTIGACIÓN. EL CECUNA ESTARÁ INFORMANDO A LA INVESTIGADORA UNA VEZ QUE LA SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO HAYA SIDO RECIBIDO POR PARTE DEL CONIS.**

- 6. INFORMAR A LA INVESTIGADORA PRINCIPAL QUE DE ACUERDO A LA LEY 9234 Y SU RESPECTIVO REGLAMENTO SÓLO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO AUTORIZADO, FOLIADO, FIRMADO Y SELLADO POR EL CECUNA, ADEMÁS DEBERÁ SER FIRMADO EN TODAS SUS HOJAS Y SE DEBE ADJUNTAR COPIA DEL DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PERSONA QUE FIRMA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO, LOS PARTICIPANTES DEBEN FIRMAR CADA HOJA DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO, SEGÚN INDICADO EN EL DECRETO NO.39061-S DE LA LEY REGULADORA DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA NO.9234. EN EL CASO DE QUE LA PERSONA PARTICIPANTE NO SEPA FIRMAR SE DEBE TOMAR LA HUELLA DACTILAR**



7. SOLICITAR A LA INVESTIGADORA PRINCIPAL LA ENTREGA DE INFORMES TRIMESTRALES Y UN INFORME FINAL DEL PROYECTO, MEDIANTE LOS FORMULARIOS F-CECUNA-14AY F-CECUNA-15, RESPECTIVAMENTE, EN LAS SIGUIENTES FECHAS, TANTO DE FORMA DIGITAL COMO IMPRESO: ACUERDO FIRME.

Informe	Número	Periodo reportado	Fecha límite para presentar
Trimestral	1	01-04-2020 al 30-06-2020	15-07-2020
Trimestral	2	01-10-2020 al 30-12-2020	15-01-2021
<i>Etc...</i>			
Final	1	30-04-2020 al 30-12-2020	15-01-2021

Atentamente,

PhD. Berendina van Wendel de Joode
Presidenta
CECUNA

BERENDINA
NATALIA
VAN WENDEL
DE JOODE
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
BERENDINA
NATALIA VAN
WENDEL DE JOODE
(FIRMA)
Fecha: 2020.05.15
14:59:11 -06'00'

ANEXO 2



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Fecha de formulación del protocolo: 21 febrero 2019

Versión del protocolo: Versión, 16 de abril del 2021

Título del estudio: Efectividad del preenfriamiento por inmersión en agua fría en el balance térmico, función neuromuscular, carga externa y dolor percibido de una prueba contrarreloj en corredores entrenados.

La obtención del consentimiento informado es un proceso requerido para explicarle a usted como potencial participante los detalles del estudio que estamos realizando. Si posterior a la lectura usted está de acuerdo con los términos de este documento se le solicitará su firma como aval para participar en el protocolo indicado y que los investigadores cuentan con el aval para realizar evaluaciones necesarias con el fin de lograr el objetivo del estudio. Este documento estará a disposición del investigador principal y a usted se le entregará una copia debidamente firmada. Su opción de participar es en cualquier momento reversible, o sea que puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento sin previo aviso o justificación.

¿Quiénes son los responsables del estudio?

Este estudio es una investigación científica coordinada por la estudiante B.Ed. Andrea Fallas-Campos estudiante de la Maestría en Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida y el Dr. Braulio Sánchez Ureña de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida de la Universidad Nacional (CIEMHCAVI).

¿Cómo se financia este estudio?

Con dinero propio de la Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, Universidad Nacional.

¿Cuál es la intención de este estudio?

Por medio de este estudio se intentará explicar cómo la fatiga que usted sufre en competencia o entrenamiento afecta su desempeño durante una competencia de carrera y cuáles metodologías de preenfriamiento pueden ayudar a disminuir este tipo de fatiga. Adicionalmente se desea averiguar cómo afectan factores ambientales (estrés térmico), la fatiga acumulada a las respuestas cinemáticas (velocidades, desplazamientos, aceleraciones, desaceleraciones, balance, carga corporal, impactos, saltos), fisiológicas (frecuencia



cardíaca, potencia muscular, tiempo de contracción muscular, tonicidad muscular) y psicológicas (RPE y VAS-P) durante una carrera de 5km.

¿Cuáles son los alcances que se buscan con este estudio?

Dentro de los alcances, este estudio dará a conocer por primera vez el efecto del preenfriamiento sobre las exigencias físico-fisiológicas de los corredores, además de identificar el efecto del estrés térmico en el rendimiento deportivo. Esto servirá como base para mejorar su desempeño durante las competencias y además evitar lesiones relacionadas.

Usted puede participar en este estudio:

Sí es un atleta hombre, entrenado, si tienes más de tres años de experiencia en la carrera, sí goza de buena salud, si tiene más de 18 años, sí no tiene lesiones, y sí pertenece a algún club dirigido por un profesional en ciencias del movimiento humano.

¿En qué consiste su participación?

- Primero realizaremos una reunión por medio de la plataforma virtual Zoom ,de aproximadamente 45 minutos, en donde lo informaremos con detalle sobre lo que consiste su participación en este estudio, y en la misma usted podrá preguntar sobre cualquier asunto del cual quiera más información.
- Después lo invitaremos a los laboratorios de fisiología del ejercicio de la Universidad Nacional en Lagunilla de Heredia para que se realice una serie de pruebas, durante una hora aproximadamente, que nos dirán cuál es su estado físico y de salud.
- La tercera parte de este estudio consiste en que usted se presente con indumentaria deportiva a realizar dos competencias de 5km, con 7 días de diferencia entre ambas. La duración de esta prueba será aproximadamente de una hora.

Antes de la competición, se extraerá una gota de sangre de su oreja, se medirá la reacción de su músculo que consiste en ponerle en el muslo de su pierna un par de electrodos, luego le colocaremos entre los dos electrodos un medidor de tensión que es como una punta gruesa que se pone en contacto con su piel para medir la contracción de su músculo. Después de lo anterior le aplicaremos una pequeña corriente eléctrica que es inofensiva y que no le causará dolor, y que le provocará una contracción involuntaria de su muslo. La punta del medidor nunca lo va a punzar o causar ninguna herida o dolor. Posterior a ello, se evaluará la capacidad de salto que consiste en varios saltos verticales sobre una alfombra especial que mide la altura de cada salto y la potencia muscular que se genera. Y para finalizar estas evaluaciones se repetirán al final de la prueba. Cada una de estas evaluaciones durará aproximadamente una hora.



Previo al evento usted será sumergido en agua fría o termoneutral durante un lapso de tiempo. Durante el evento simulado usted será medido con unas máquinas pequeñas pegadas a su cuerpo que miden la aceleración de su cuerpo, ósea los cambios de dirección. Para esto se le colocarán seis dispositivos pequeños atados a su cuerpo con bandas elásticas y un monitor cardíaco como los que se usan para correr, con el propósito de medir los latidos del corazón durante la carrera.

Sí sucediera algún evento adverso durante alguna de las visitas, durante la evaluación previa realizada en el laboratorio de fisiología del ejercicio, la Universidad cuenta con servicio privado de emergencias y tendremos asistencia de profesional capacitado en atención de riesgos y situaciones adversas. Por otro lado, durante la realización de las pruebas de campo, si sucediera algún evento perjudicial para su salud, se contará profesionales capacitados en atención de emergencias y se encargarán de su atención y se realizará el debido traslado si fuese necesario. Adicionalmente el campus Benjamín Núñez cuenta con servicio de atención de emergencias privado.

Durante toda la ejecución del protocolo se tomarán las medidas recomendadas por entes nacionales e institucionales para mitigar la transmisión del virus SARS-CoV-2. Entre estas medidas, se le solicitará la utilización de mascarilla, así como constante desinfección y distanciamiento social.

¿Cuántas personas participarán y quiénes son ellos?

En total esperamos contar con 20 personas, todos ellos corredores con amplia experiencia en competición de carreras pedestres y la asignación a los grupos será de forma aleatoria (probabilidad de entrar al grupo de 50%). El estudio durará una semana.

¿Puede haber riesgos o molestias que se presenten por participar en el estudio?

Los riesgos y molestias presentes en este estudio son los mismos que usted puede tener por participar en eventos de carrera. Entre ellos golpes, moretes, músculos adoloridos y cansancio. Ojalá que no, pero eventualmente alguien podría lesionarse. Para lo anterior tendremos profesionales en salud, así como servicios de ambulancia si fuera necesario. Del mismo modo, en caso de un evento más serio que requiera intervención por cirugía, se me brindará un Seguro de Responsabilidad Civil del Instituto Nacional de Seguros (INS) que cubre daños a la propiedad de terceras personas, o daños a las personas ya sea que provoquen muerte o lesiones. El número de esta póliza de responsabilidad civil es 0101RCG001947900 con una cobertura máxima de 50.000.000 de colones (léase cincuenta millones de colones) por evento.

Las pruebas físicas y de laboratorio que les realizaremos no tienen mayor riesgo ni consecuencia más que la fatiga física normal de la competición. En el caso de las muestras



de sangre, serán obtenidas por un profesional calificado y con gran experiencia en este procedimiento, por lo que no hay mayor riesgo. La toma de la muestra de sangre será de una gota de su oreja y un tubo de su brazo cada vez lo cual podría causarle un cierto dolor o incomodidad. Las posibles lesiones serán tratadas por cuerpo médico de la CIEMHCAVI y el tratamiento será realizado por un fisioterapeuta encargado de la Clínica de Lesiones Deportivas de la CIEMHCAVI.

¿Qué beneficio obtendrá por participar en este estudio?

Primero usted obtendrá los resultados de sus pruebas físicas para saber cómo está su condición física. Segundo, le diremos si su cuerpo se daña o no cuando realiza este tipo de eventos y qué puede hacer para disminuir ese efecto de participar en este deporte. Además, le podremos informar si existe alguna manera de contrarrestar los efectos negativos de la fatiga, estrés térmico para la mejora del rendimiento deportivo.

¿Qué pasará con la información recolectada por medio de los cuestionarios, las pruebas y las muestras?

La información del cuestionario y los resultados de las pruebas se guardarán en una computadora a la cual solamente los investigadores responsables de este estudio (mencionados al inicio de este documento) tendrán acceso. Esta computadora estará guardada en el Programa Ciencias del Ejercicio y la Salud de la Universidad Nacional. Los datos personales (nombre, apellidos, dirección, número de teléfono) serán guardados en un archivo electrónico aparte. La información recolectada no será nunca entregada a terceros y se utilizará para publicaciones científicas en las cuales nunca se mostrarán nombres o datos individuales, solo promedios generales de los diferentes grupos.

Las muestras de sangre serán eliminadas de inmediato mediante métodos seguros. Estos resultados de sus pruebas individuales le serán entregados solamente a usted. Los resultados de estas pruebas genéticas se le entregarán solamente a usted con la interpretación y recomendaciones respectivas.

¿Si la participación es voluntaria, puedo abandonar el estudio en cualquier momento?

Así es. Usted puede abandonar el estudio cuando le parezca y esa decisión no le causará ningún castigo, regaño o consecuencia.

¿Qué pasa con la confidencialidad?

Todas las respuestas que usted nos dé a las preguntas que le vamos a realizar, así como los resultados de las pruebas que le vamos a hacer y las muestras que tomemos, serán identificados con su nombre y con un número. Después de terminadas las pruebas y los partidos, su nombre será sustituido por el número mencionado y se seguirán usando de esa



forma. Solamente la estudiante B.Ed. Andrea Fallas-Campos y el Dr. Braulio Sánchez Ureña, investigador principal del estudio tendrá acceso a los documentos que relacionarán sus datos al número asignado durante la fase de análisis y presentación de resultados.

No le diremos a nadie que usted está participando en el estudio y no daremos su información personal sin su permiso. En las publicaciones de los resultados de la investigación, su información será manejada de forma confidencial, en resultados de grupos y nunca mencionando el nombre de ningún participante.

¿Podré conocer los resultados de mis pruebas y la información general que arrojo el estudio?

Cuando tengamos los resultados de las pruebas realizadas, le entregaremos a usted sus resultados personales por escrito. Cuando estén listos los resultados generales del estudio, también entregaremos información sobre los parámetros cinemáticos, fisiológicos y subjetivos que se obtuvieron con el fin de que usted pueda utilizar la información para mejorar su preparación y recuperación por competir.

¿Se me dará algún tipo de compensación económica, premio, alimentación o transporte por participar en este estudio?

No le daremos ningún tipo de compensación económica por participar en el estudio. Se contará con hidratación necesaria para el evento.

¿Qué uso futuro se les dará a mis datos después de que finalice el estudio?

Todos los resultados serán codificados para garantizar el resguardo de la confidencialidad de los datos y a estos solo accede la investigadora principal. Una vez se finalice el estudio y los resultados sean analizados, estaremos publicando los mismos por medio de artículos en diferentes revistas científicas, siempre resguardando la información personal de cada participante. Además, dependiendo de los resultados que se obtengan se pueden derivar otros estudios en el futuro utilizando por ejemplo otros deportes y otros medios de recuperación. También se podrían generar de los resultados recomendaciones para los entrenadores y jugadores sobre cómo dosificar los esfuerzos físicos durante un torneo corto para minimizar daños musculares y fatiga, o sugerir medios de recuperación para la fatiga y el daño muscular entre los eventos.

¿Qué pasa si tiene preguntas más adelante?

Si tiene alguna duda o pregunta sobre el estudio, así como acerca de sus derechos, puede contactar a Andrea Fallas Campos al número telefónico 8590-1016, o visitando con previa cita la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida de la Universidad



ID

Nacional que se ubica en el Campus Benjamín Núñez, en Lagunilla de Heredia, o a su correo electrónico fallas.andre@gmail.com

Usted también puede consultar sobre los derechos de los sujetos participantes en proyectos de investigación en la Ley Reguladora de Investigación Biomédica. Cualquier consulta adicional puede realizarla al Comité Ético Científico de la Universidad Nacional al teléfono 2562-6840, de lunes a viernes de 9:00 a.m a 4:00 p.m. cerrado al medio día.

¿Usted quiere participar en este estudio?

_Sí _No

¿Tenemos su autorización para realizarle preguntas sobre usted mismo, sus hábitos de vida, y su estado de salud?

_Sí _No

¿Usted está de acuerdo en que le hagamos algunas pruebas para conocer su composición corporal (peso, altura), , prueba de sangre (gota), potencia muscular (velocidad de reacción de sus músculos)?

_Sí _No

¿Usted está de acuerdo en que le tomemos muestras de sangre (gota) de su oreja?

_Sí _No

¿Usted está de acuerdo en que compartamos los datos que vamos a recolectar en esta investigación con otros investigadores con quienes podríamos colaborar en el futuro, siempre y cuando no compartamos sus datos personales?

_Sí _No

6

ANEXO 3



EXPEDIENTE PERSONALIZADO
Código _____

Nombre del atleta: _____

Fecha de evaluación: 17 / Abril / 2021

Fecha de nacimiento: / / Cédula: _____

Edad: años Edad Deportiva: años Edad Deportiva (carrera): años

Ocupación: _____ Dominancia pie: Der Izq

Grupo Sanguíneo Rh Correo Electrónico _____

PADECIMIENTOS ACTUALES:

Alergias HTA Convulsiones Tabaquismo
 Enf Respiratoria AVC Sordera
 Enf Musculoesquelética Diabetes Enf vascular Cáncer Obesidad
 Alcoholismo Gastritis Artritis

ACTIVIDAD FÍSICA HABITUAL

Cuántos días a la semana realiza actividad física mayor a 30 minutos?

- Nunca practico actividad física
 Practico no más de una vez por semana en sesiones de 30 minutos o más
 Practico 2-3 veces por semana en sesiones de 30 minutos o más
 Practico 4-5 veces por semana en sesiones de 30 minutos o más
 Practico 6-7 veces por semana en sesiones de 30 minutos o más

Describe sus entrenamientos habituales del último mes

	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Actividad (Tipo)									
Tiempo Invertido (min)									





Historial de lesiones (últimos 3 años)

Tipo	Diagnóstico (Qué?)	Año (Cuándo?) <small>2013, 2014, 2015, 2016, 2017</small>	Mecánica (Cómo?) <small>Traumática, sobrecarga</small>
Óseas (fracturas-fisuras-periostitis, etc)			
Musculares (Contusión- golpe directo- contractura-ruptura, etc)			
Tendinosas (ruptura, inflamación)			
Ligamentosas (irritación-ruptura, esguince etc)			
Articulares (Luxación, Subluxación "desmontarse", etc)			
Lesión Actual?:			



Fecha de evaluación: 17 / abril / 2021

Nombre del atleta: _____

Código: _____

Cuántas horas durmió las últimas 24 horas?

<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	13
<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	14
<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	15
<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	16

Calidad del sueño?

1. Dormí muy mal	2	3	4	5	6	7	8	9	10. Dormí muy bien
<input type="checkbox"/>									

Seleccione los síntomas que ha tenido/sentido en la últimas 24 horas.

<input type="checkbox"/>	Sed	<input type="checkbox"/>	Ardor al orinar	<input type="checkbox"/>	Dolor lumbar
<input type="checkbox"/>	Boca seca o pegajosa	<input type="checkbox"/>	Irritabilidad	<input type="checkbox"/>	Nauseas
<input type="checkbox"/>	Dificultad para orinar	<input type="checkbox"/>	Mareos	<input type="checkbox"/>	Dolor de pecho
<input type="checkbox"/>	Orina amarilla oscura	<input type="checkbox"/>	Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>	Falta de aire
<input type="checkbox"/>	Piel seca – fría	<input type="checkbox"/>	Calambres musculares	<input type="checkbox"/>	Poca orina





Peso: _____

Talla: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____

Tímpano inicio: _____

Piscina: Entrada (hora): _____ Salida (hora): _____

Tímpano 5min: _____ 10min: _____ Final: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____

Número de WIMU: _____ Hora: _____

Hto: Total: _____ Rojo: _____

VasPain: _____ RPE: _____

Calentamiento 5min (Hora de inicio): _____

CMJ:

Salto 1: _____ Salto 2: _____ Salto 3: _____

Antepenúltimo: _____ Penúltimo: _____ Último: _____

Carrera 5k (hora de inicio): _____ TGBH Inicio: _____ TGBH FINAL: _____

CMJ:

Salto 1: _____ Salto 2: _____ Salto 3: _____

Antepenúltimo: _____ Penúltimo: _____ Último: _____

Hto: Total: _____ Rojo: _____

VasPain: _____ RPE: _____

Tímpano: _____ Peso: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____





Fecha de evaluación: 18 / abril / 2021

Nombre del atleta: _____

Código: _____

Cuántas horas durmió las últimas 24 horas?

<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	13
<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	14
<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	15
<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	16

Calidad del sueño?

1. Dormí muy mal	2	3	4	5	6	7	8	9	10. Dormí muy bien
<input type="checkbox"/>									

Seleccione los síntomas que ha tenido/sentido en la últimas 24 horas.

<input type="checkbox"/> Sed	<input type="checkbox"/> Ardor al orinar	<input type="checkbox"/> Dolor lumbar
<input type="checkbox"/> Boca seca o pegajosa	<input type="checkbox"/> Irritabilidad	<input type="checkbox"/> Nauseas
<input type="checkbox"/> Dificultad para orinar	<input type="checkbox"/> Mareos	<input type="checkbox"/> Dolor de pecho
<input type="checkbox"/> Orina amarilla oscura	<input type="checkbox"/> Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/> Falta de aire
<input type="checkbox"/> Piel seca – fría	<input type="checkbox"/> Calambres musculares	<input type="checkbox"/> Poca orina





Peso: _____ Talla: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____

Tímpano inicio: _____

Piscina: Entrada (hora): _____ Salida (hora): _____

Tímpano 5min: _____ 10min: _____ Final: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____

Número de WIMU: _____ Hora: _____

Hto: Total: _____ Rojo: _____

VasPain: _____ RPE: _____

Calentamiento 5min (Hora de inicio): _____

CMJ:

Salto 1: _____ Salto 2: _____ Salto 3: _____

Antepenúltimo: _____ Penúltimo: _____ Último: _____

Carrera 5k (hora de inicio): _____ TGBH Inicio: _____ TGBH FINAL: _____

CMJ:

Salto 1: _____ Salto 2: _____ Salto 3: _____

Antepenúltimo: _____ Penúltimo: _____ Último: _____

Hto: Total: _____ Rojo: _____

VasPain: _____ RPE: _____

Tímpano: _____ Peso: _____

Termografía Delante: _____ Termografía Detrás: _____

