

Influencia de la mineralización del agua de bebida en la capacidad de trabajo físico y velocidad de rehidratación tras ejercicio físico en situación de estrés ambiental

Autor: Miguel Santiago Alonso

Tesis doctoral | 2023

Directores:

Rosa María Meijide Faílde

Carlos María Camilo Agrasar Cruz

Programa de Doctorado en Salud y Motricidad Humana





“Influencia de la mineralización del agua de bebida en la capacidad de trabajo físico y velocidad de rehidratación tras ejercicio físico en situación de estrés ambiental” por Miguel Santiago Alonso se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Dedicatoria

A mis padres, Miguel y Fina, gracias por haberme dado una posibilidad que vosotros no habéis podido tener. Gracias por vuestro cariño y apoyo incondicional siempre que lo he necesitado. Gracias por enseñarme que cuando vienen mal dadas no vale de nada quejarse y que rendirse no es una opción.

A Luisa, por iniciar hace 50 años un camino en común que me ha posibilitado ser quien soy, gracias por anclarme a la realidad cada vez que me disperso, lo cual es más que frecuente. Gracias por esperar parsimoniosamente todas mis demoras. Gracias por cuidar siempre tan bien a los niños. Gracias simplemente por todo.

A Iria, porque al ver tus ojitos, cambiaste mi vida, por ser mamá leona, no sabes cuánto te quiero.

A Pablo, por la ayuda permanente por el diseño, las obras y las comidas. Y por enseñarle a mis nietos aquello que yo no podría.

Diego, Inés e Icia, sois la razón por la que vale la pena continuar.

A Mavi, por discutir conmigo desde que éramos pequeños (y de mayores también) tenga o no tenga razón, sobre todo en algunos juegos. Ahora que eres abuela no le hagas lo mismo a tus nietos, que yo a ti con el ajedrez.

A Chicha y Xandre, gracias por indicarme el camino y por creer en mi más que yo mismo. Por siempre amados y añorados.

Agradecimientos

A mis directores de tesis, Rosa y Carlos, primero por haberme dado la posibilidad de participar en este proyecto, por la impecable dirección y orientación que siempre he tenido, por la enorme paciencia demostrada hasta llegado este día.

A Hijos de Rivera, por el patrocinio que ha posibilitado el desarrollo de este estudio, espero que nunca más se pueda decir que la mineralización del agua ha de ser débil. En especial a Adán Veiga González, en su momento Director de S.S. Innovación Hijos de Rivera Inversiones Corporativas S.L., por el gran apoyo prestado para que el proyecto se llevase a término.

A todos los deportistas que han participado en el estudio. Gracias por soportar el trabajo y el sufrimiento impuesto en condiciones tan adversas. Sois, sin duda, el núcleo central de este trabajo y espero que os haya servido para mejorar vuestro rendimiento.

A Pablo Berea, gracias por tu gran predisposición para conseguir la muestra de este trabajo. Gracias por ayudarme a comprender mejor el ciclismo y hacerlo un poquito mío. Gracias por tu amistad, espero que algún día uno de esos talentos que buscas corran una de las grandes.

A Moncho Barral, mi Santo Tomás particular, gracias por tu amistad, gracias por acompañarme en esta tesis y en la otra, gracias por alertarme que estoy metiendo en un charco y luego acompañarme, y gracias por las horas de discusiones siempre productivas sobre el enfoque de la medicina del deporte en la que, lamentablemente creemos pocos.

A Miguel Saavedra, por la paciencia y el cariño demostrado. Sabes que, sin ti, este proceso no habría finalizado nunca. Gracias por ser un excelente alumno, un mejor compañero y todavía mejor amigo. Finalmente, gracias por ser más terco que yo.

A todos mis compañeros que apostaron con el “oso” que este día no llegaría. No os hacéis idea de lo que me habéis motivado, todos sabemos a cuenta de quien corre la próxima. Sólo uno apostó contra el “oso”.

A Manuel Pombo, por tenerme siempre tan bien actualizado e informado. Gracias por hacerme querer la educación física y el entrenamiento un poquito más. Te cedo el turno.

A Dani, a Oli, Paula, a Cristian y en general, a los alumnos que habiéndome soportado primero, me han hecho bueno como docente con sus grandes logros profesionales. Gracias por vuestra amistad y complicidad.

A Antonio, Carde y Marta, por haber facilitado los previos de esta tesis, por permitirme opinar sobre vuestros deportistas y por arreglar los desaguisados informáticos del analógico que suscribe.

A José Vicente, Eduardo y Juan, porque cuando pudieron, hicieron. Demostrando con hechos y no con palabras que creen en el papel que la medicina del deporte puede aportar en la educación física y en el deporte.

A mis alumnos, por haberme obligado a saber un poquito más, y hacerlo un poquito más digerible. Disculpas si a veces no lo he logrado.

A Damián y Sergio, lo hemos hecho lo mejor posible a pesar de todas las dificultades y nos lo hemos pasado bien. Lo que era un trabajo se ha convertido en amistad. Sólo por eso ya ha valido la pena.

A Rafa, por el baño de realidad con el café y el fútbol, y a todo el personal de administración y servicios de la facultad, sin ellos este trabajo no sería posible. Gracias por estar siempre ahí, sois el motor de la facultad.

Resumen

RESUMEN [ESP]

Introducción:

El agua, como componente más abundante del ser humano, es indispensable para la vida. Sin embargo, el agua en la naturaleza presenta minerales disueltos, siendo los mismos primordiales en los mecanismos de regulación del balance hídrico del organismo. Desde el punto de vista del deporte, conseguir una hidratación lo más efectiva posible antes, durante y tras la actividad es de vital importancia para conseguir optimizar el rendimiento.

En situaciones cotidianas, los mecanismos que regulan el equilibrio hidroelectrolítico, con acceso a bebida, permiten que no existan grandes variaciones a lo largo del día y que la sed sea un buen mecanismo de control de la ingesta hídrica. En el momento en que realizamos actividad física aparece otro factor primordial (temperatura) que provoca desequilibrio y el medio interno se ve tensionado de forma mucho más brusca y la sed deja de ser suficiente para la regulación del medio interno. Si además la actividad física es intensa y se desarrolla bajo condiciones medioambientales extremas (alta temperatura y humedad) y con restricción de ingesta hídrica, todos los mecanismos de regulación hidroelectrolítica entran en acción mostrando la enorme complejidad de sus interacciones.

El objetivo del estudio es analizar cómo se produce la rehidratación tras un ejercicio físico de alta intensidad y en una situación de estrés ambiental, en función de la distinta mineralización del agua de bebida utilizada, así como determinar si dichas

bebidas pueden servir de ayuda para lograr una mejor recuperación del nivel hídrico y una más pronta capacidad de trabajo físico.

Material y métodos:

Se ha llevado a cabo un estudio con ciclistas aficionados de alto nivel consistente en dos sesiones de esfuerzo máximo (noventa minutos en cicloergómetro) en condiciones muy adversas de calor y humedad, y con restricción completa de aporte hídrico durante el esfuerzo. Posteriormente se procedió a rehidratar a cada deportista con un volumen de agua correspondiente al 150% del peso corporal perdido. Tras un proceso de aleatorización, en una sesión la rehidratación se realizó con agua de mineralización muy débil y en la otra sesión se utilizó agua mineral Magma® de Cabreiroá, altamente mineralizada.

Resultados:

La rehidratación con el agua mineral Magma® de Cabreiroá ha facilitado una rehidratación muchísimo más eficiente, eficaz y efectiva. Los parámetros bioquímicos de sangre y orina muestran de forma clara que los mecanismos reguladores del equilibrio hidroelectrolítico se ven favorecidos por la elevada mineralización. Es de suma importancia observar que la diuresis con agua de mineralización débil ha sido el doble que con el agua mineral Magma® de Cabreiroá.

Conclusión:

En deportistas sometidos a deshidratación tras ejercicio físico en situación de estrés ambiental la rehidratación con el agua Magma® de Cabreiroá es más efectiva que con un agua de mineralización muy débil.

RESUMO [GAL]

Introducción:

A auga, como compoñente máis abundante do ser humano, é indispensable para a vida. Con todo, a auga na natureza presenta minerais disoltos, sendo os mesmos primordiais nos mecanismos de regulación do balance hídrico do organismo. Dende o punto de vista do deporte, conseguir unha hidratación o máis efectiva posible antes, durante e trala actividade é de vital importancia para conseguir optimizar o rendemento.

En situacións cotiás, os mecanismos que regulan o equilibrio hidroelectrolítico, con acceso a bebida, permiten que non existan grandes variacións ao longo do día e que a sede sexa un bo mecanismo de control da inxesta hídrica. No momento en que realizamos actividade física aparece outro factor primordial (temperatura) que provoca desequilibrio e o medio interno vese tensionado de forma moito máis brusca e a sede deixa de ser suficiente para a regulación do medio interno. Se ademais a actividade física é intensa e desenvólvese baixo condicións ambientais extremas (alta temperatura e humidade) e con restrición de inxesta hídrica, todos os mecanismos de regulación hidroelectrolítica entran en acción mostrando a enorme complexidade das súas interaccións.

O obxectivo do estudo é analizar cómo se produce a rehidratación tras un exercicio físico de alta intensidade e nunha situación de #estrés ambiental, en función da distinta mineralización da auga de bebida utilizada, así como determinar se ditas bebidas poden servir de axuda para lograr unha mellor recuperación do nivel hídrico e unha máis pronta capacidade de traballo físico.

Material e métodos:

Levouse a cabo un estudo con ciclistas afeccionados de alto nivel consistente en dúas sesións de esforzo máximo (noventa minutos en cicloergómetro) en condicións moi

adversas de calor e humidade, e con restrición completa de achega hídrica durante o esforzo. Posteriormente procedeuse a rehidratar a cada deportista cun volume de auga correspondente ao 150% do peso corporal perdido. Tras un proceso de aleatorización, nunha sesión a rehidratación realizouse con auga de mineralización moi débil e na outra sesión utilizouse auga mineral Magma® de Cabreiroá, altamente mineralizada.

Resultados:

A rehidratación coa auga mineral Magma® de Cabreiroá facilitou unha rehidratación moitísimo máis eficiente, eficaz e efectiva. Os parámetros bioquímicos de sangue e ouriños mostran de forma clara que os mecanismos reguladores do equilibrio hidroelectrolítico ven favorecidos pola elevada mineralización. É de suma importancia observar que a diuresis con auga de mineralización débil foi o dobre que coa auga mineral Magma® de Cabreiroá.

Conclusión:

En deportistas sometidos a deshidratación tras exercicio físico en situación de estrés ambiental a rehidratación coa auga Magma® de Cabreiroá é máis efectiva que cunha auga de mineralización moi débil.

ABSTRACT [ENG]

Introduction:

Water, as the most abundant component of the human body, is indispensable for life. However, water in nature contains dissolved minerals, which are essential in the mechanisms that regulate the body's water balance. From the point of view of sport, achieving the most effective hydration possible before, during and after activity is of vital importance in order to optimise performance.

In everyday situations, the mechanisms that regulate water-electrolyte balance, with access to drink, ensure that there are no major variations throughout the day and that thirst is a good mechanism for controlling water intake. When we engage in physical activity, another major factor (temperature) causes imbalance and the internal environment is stressed much more sharply, and thirst is no longer sufficient to regulate the internal environment. If the physical activity is also intense and takes place under extreme environmental conditions (high temperature and humidity) and with restricted water intake, all the mechanisms of water and electrolyte regulation come into play, showing the enormous complexity of their interactions.

The aim of the study is to analyse how rehydration occurs after high-intensity physical exercise and in a situation of environmental stress, depending on the different mineralisation of the drinking water used, and to determine whether these drinks can help to achieve a better recovery of the water level and a faster capacity for physical work.

Methods:

A study was carried out with high-level amateur cyclists consisting of two sessions of maximum effort (ninety minutes on a cycle ergometer) in very adverse conditions of heat and humidity, and with complete restriction of water intake during the effort. Subsequently, each athlete was rehydrated with a volume of water corresponding to 150%

of the body weight lost. After a randomisation process, rehydration was carried out in one session with very weakly mineralised water and in the other session, highly mineralised Cabreiroá Magma® mineral water was used.

Results:

Rehydration with Cabreiroá's Magma® mineral water has facilitated a much more efficient, effective and efficient rehydration. The biochemical parameters of blood and urine clearly show that the regulatory mechanisms of the water-electrolyte balance are favoured by the high mineralisation. It is extremely important to note that diuresis with weakly mineralised water was twice as high as with Cabreiroá's Magma® mineral water.

Conclusion:

In athletes subjected to dehydration after physical exercise in a situation of environmental stress, rehydration with Cabreiroá Magma® water is more effective than with very weakly mineralised water.

ÍNDICE

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	3
Resumen.....	5
ÍNDICE.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE IMÁGENES	16
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	17
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	21
CAPÍTULO 2: ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	25
2.1.- HIDRATACIÓN, SALUD Y RENDIMIENTO.....	26
2.1.1.- Agua corporal y su distribución.....	28
2.1.2.- Composición de los fluidos corporales en los tres principales compartimentos.....	30
2.1.3.- Dinámica de intercambio hídrico entre los compartimentos intracelulares y extracelulares.....	31
2.1.4.- Control del balance hídrico entre los compartimentos intracelulares y extracelulares: concepto de equilibrio y mecanismos de regulación	32
2.1.5.- Ingesta hídrica regulatoria y no regulatoria.....	40
2.2.- EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA DESHIDRATACIÓN	41
2.3.- DESHIDRATACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA.....	44
2.3.1.- Deshidratación y rendimiento en resistencia aeróbica	48
2.3.2.- Deshidratación en ambientes cálidos	52
2.3.3.- Rehidratación y distintos tipos de agua	53
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	57
3.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO	57

3.2.- ASPECTOS ÉTICO-LEGALES	57
3.3.- OBJETIVOS	58
3.3.1.- Objetivos Generales (OG).....	58
3.3.2.- Objetivos específicos (OE).....	59
3.4.- PROCEDIMIENTO metodológico	60
3.4.1.- Tipo de ensayo y diseño del mismo	60
3.4.2.- Selección de sujetos	60
3.4.3.- Emplazamiento para la realización del estudio	61
3.4.4.- Desarrollo del estudio	62
3.5.- VARIABLES DE ESTUDIO	69
3.5.1.- Variables estudiadas en el OE1	69
3.5.2.- Variables estudiadas en el OE2	71
3.5.3.- Variables estudiadas en el OE3	71
3.5.4.- Variables estudiadas en el OE4	72
3.5.5.- Variables estudiadas en el OE5	73
3.5.6.- Variables estudiadas en el OE6	75
3.5.7.- Variables estudiadas en el OE7	76
3.6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO	76
3.7.- ACONTECIMIENTOS ADVERSOS Y RETIRADAS	80
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	82
4.1.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE1: ANTROPOMETRÍA Y PRUEBA DE ESFUERZO	82
4.2.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE2: HEMODINÁMICA DEL ESFUERZO Y LA RECUPERACIÓN	83
4.3.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE3: EFICACIA DE LAS DOS AGUAS	84
4.4.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE4: HORMONAS Y EQUILIBRIO HÍDRICO	89
4.4.1.- proBNP	90
4.4.2.- Cortisol	91
4.4.3.- ADH	92

4.4.4.- Aldosterona.....	92
4.5.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE5: MODIFICACIONES HEMATOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS.....	93
4.6.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE6: COMPOSICIÓN DE LA ORINA	101
4.7.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE7: APETENCIA	108
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.....	110
5.1.- Relativa al primer objetivo: antropometría y prueba de esfuerzo	110
5.2.- Relativa al segundo objetivo: hemodinámica del esfuerzo y la recuperación.	112
5.3.- Relativa al tercer objetivo: eficacia de las dos aguas.....	113
5.4.- Relativa al cuarto objetivo: hormonas y equilibrio hídrico	115
5.5.- Relativa al quinto objetivo: modificaciones hematológicas y bioquímicas	117
5.6.- Relativa al sexto objetivo: composición de la orina.....	119
5.7.- Relativa al séptimo objetivo: apetencia	121
5.8.- Discusión conjunta	121
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	125
CAPÍTULO 7: APLICACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	129
CAPÍTULO 8: LIMITACIONES Y FORTALEZAS	130
CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA.....	131
9.1.- BIBLIOGRAFÍA LEGAL.....	131
9.2.- BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	134
ANEXOS.....	169
ANEXO 1: Comité de Ética de Investigación Clínica de Galicia.....	171
ANEXO 2: Consentimientos Informados.....	175
ANEXO 2.1.- Realización prueba de ergoespirometría previa.....	177
ANEXO 2.2.- Participación en el estudio.....	181
ANEXO 3: Hoja de información a participantes para estudios de investigación.....	187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de las aguas minerales envasadas en función del grado de mineralización (R.D. 1798/2010)	55
Tabla 2.- Características químicas de las dos bebidas utilizadas	64
Tabla 3.- Variables de estudio del OE1 (antropométricas y pruebas de esfuerzo)	70
Tabla 4.- Variables de estudio del OE2	71
Tabla 5.- Variables de estudio del OE3	72
Tabla 6.- Variables de estudio del OE4	72
Tabla 7.- Variables hematológicas de estudio del OE5	74
Tabla 8.- Variables de bioquímica sanguínea de estudio del OE5	74
Tabla 9.- Variables de estudio del OE6	75
Tabla 10.- Variables de estudio del OE7	76
Tabla 11.- Valores antropométricos y de la prueba de esfuerzo	82
Tabla 12.- Modificaciones hemodinámicas durante la fase de esfuerzo y de rehidratación	84
Tabla 13.- Valores del peso corporal, ingesta hídrica y de diuresis durante las fases de esfuerzo y de rehidratación	86
Tabla 14.- Valores hormonales durante las fases de esfuerzo y rehidratación	89
Tabla 15.- Valores hematológicos durante las fases de esfuerzo y rehidratación	93
Tabla 16.- Valores bioquímicos de sangre durante las fases de esfuerzo y rehidratación	97
Tabla 17.- Valores bioquímicos de orina durante el periodo de recuperación	101
Tabla 18.- Valores de apetencia de las diferentes aguas (AMF y AMD)	108
Tabla 19.- Variables afectadas, centros moduladores y mecanismos sensores y efectores implicados en la regulación del balance hidroelectrolítico	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Agua corporal total como proporción del peso corporal. Extraído de Henderson et al., 2021	25
Figura 2.- Compartimentos para los fluidos corporales y distribución del agua corporal en un hombre de 70 Kg	28
Figura 3. Frecuencias cardíacas medias basales y a los 30, 60 y 90 minutos de esfuerzo en función de la fecha	84
Figura 4.- Diuresis en el periodo de recuperación en función del agua de rehidratación	88
Figura 5.- Diuresis acumulada en función del agua de rehidratación	88
Figura 6.- Valores del proBNP a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	91
Figura 7.- Valores del cortisol a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	91
Figura 8.- Valores de ADH a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	92
Figura 9.- Valores de aldosterona a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	93
Figura 10.- Cambios en la osmolalidad en sangre a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	100
Figura 11.- Cambios en el índice de Dill-Costill a lo largo del periodo de esfuerzo y rehidratación	100
Figura 12.- Cambios en el pH urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	103
Figura 13 Cambios en el bicarbonato urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	104
Figura 14.- Cambios en el sodio urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	105
Figura 15.- Cambios en la osmolalidad urinaria durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	105
Figura 16.- Cambios en el fósforo urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	106
Figura 17.- Cambios en el calcio urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	106
Figura 18.- Cambios en la microalbúmina urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	107
Figura 19.- Cambios en el cloro urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	107
Figura 20.- Cambios en el potasio urinario durante los periodos de esfuerzo y rehidratación	107
Figura 21.- Factores moduladores del equilibrio hidroelectrolítico en ejercicio	123

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- El escenario del origen de la vida. Extraído de Naranjo et al., 2022	21
Imagen 2.- Evaluación ergoespirométrica	63
Imagen 3.- Test en cicloergómetro	66
Imagen 4.- Fase de reposición hídrica	67
Imagen 5.- Fase de recuperación hídrica	68

LISTADO DE ABREVIATURAS

- °C:** grados Celsius
- %:** tanto por ciento
- µg/dL:** microgramos por decilitro
- ACT:** Agua Corporal Total
- ACTH:** Hormona adrenocorticotropa
- ADH:** Hormona antidiurética
- AMD:** Agua de Mineralización Débil
- AMF:** Agua de Mineralización Fuerte
- Ca:** Calcio
- CEIC:** Comité Ético de Investigación Clínica
- Cl:** Cloro
- cm:** centímetro
- CO₂:** Dióxido de carbono
- CO₃H:** Bicarbonato
- D-ML/K:** Diuresis en ml/Kg dividido por el peso
- Dif H-U:** Diferencia entre hidratación y diuresis en las 5h de rehidratación forzada
- Dif HT-DT:** Diferencia entre hidratación y diuresis en 12 horas (5 h de rehidratación forzada +7 h de rehidratación en domicilio)
- Domic:** Domicilio
- F⁻:** Fósforo
- FC:** Frecuencia Cardíaca
- FC50:** Frecuencia Cardíaca media al 50%
- FC65:** Frecuencia Cardíaca media al 65%
- FC80:** Frecuencia Cardíaca media al 80%
- FC-AE:** Frecuencia cardíaca en el umbral aeróbico
- FC-AT:** Frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico
- FCM30:** Frecuencia Cardíaca Media tras 30 minutos de esfuerzo
- FCM60:** Frecuencia Cardíaca Media tras 60 minutos de esfuerzo

FCM90: Frecuencia Cardíaca Media tras 90 minutos de esfuerzo

FCmax: Frecuencia Cardíaca Máxima

FCMaxTest: Frecuencia cardíaca máxima durante el periodo de esfuerzo

FCMTest: Frecuencia cardíaca media durante el periodo de esfuerzo

FEC: Fluido Extracelular

FIC: Fluido Intracelular

fL: femtolitro

g/dL: Gramos por decilitro

H⁺: Iones hidrógeno

IMC: Índice de Masa Corporal

INCIDE: Investigación en Ciencias del Deporte

Ingesta-H60: Volumen de agua ingerido tras una hora de rehidratación

Ingesta-H120: Volumen de agua ingerido tras dos horas de rehidratación

Ingesta-H150: Volumen de agua ingerido tras dos horas y media de rehidratación

Ingesta-H5R: Ingesta de agua acumulada a lo largo de 5 horas de recuperación

Ingesta H-Domic: Ingesta de agua en domicilio ad libitum

K: Potasio

Kg: Kilogramos

L: litro

L/día: litros por día

Li: Litio

lpm: latidos por minuto

m²: metro cuadrado

mcg/mL: microgramos por mililitro

Mg: Magnesio

min: Minutos

mg/dL: Miligramos por decilitro

mg/l: Miligramos por litro

mL: Mililitros

mm: Milímetro

mmc: Milímetros cúbicos

mmol/L: milimoles por litro

mOsm/kg: miliosmoles por kilogramo

mosmol: número de osmoles por litro de solvente o de solución

N-Segmentados: Neutrófilos segmentados

Na: Sodio

ng/L: nanogramos por litro

OE: Objetivos Específicos

OG: Objetivo General

pg: picogramo

pg/mL: picogramos por mililitro

pH: Concentración de iones de hidrógeno

PLCR: plaquetas con más de 12 fL

Pro-BNP: Péptido Natriurético Cerebral

RDW: Amplitud de distribución eritrocitaria

RS: Residuo Seco

SiO₂: Dióxido de silicio

T^a/T: Temperatura

T30E: Temperatura timpánica a los 30 minutos de esfuerzo

T60E: Temperatura timpánica a los 60 minutos de esfuerzo

T90E: Temperatura timpánica a los 90 minutos de esfuerzo

T1R: Temperatura timpánica tras una hora de recuperación

T2R: Temperatura timpánica tras dos horas de recuperación

T3R: Temperatura timpánica tras tres horas de recuperación

T4R: Temperatura timpánica tras cuatro horas de recuperación

T5R: Temperatura timpánica tras cinco horas de recuperación

Tot: Total

UAV: Umbral Anaeróbico Ventilatorio

UDC: Universidade da Coruña

VO₂-AE: Consumo de oxígeno en el umbral aeróbico

VO₂-AT: Consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico

VO₂Max: Potencia aeróbica máxima

W: Vatio

W50: 50% de W-AT

W65: 65% de W-AT

W80: 80% de W-AT

W95: 95% de W-AT

W-AE: Potencia mecánica en umbral aeróbico

W-AT: Potencia mecánica en umbral anaeróbico

Wmax: Potencia mecánica máxima

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La vida en la tierra ha nacido en el mar y en su evolución hacia la vida terrestre (Imagen 1), los seres pluricelulares incorporamos dicha agua, de hecho, la vida tal y como la entendemos no es posible sin la presencia de agua líquida.

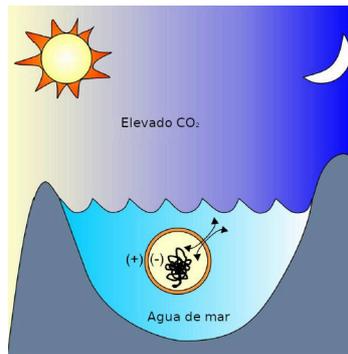


Imagen 1.- El escenario del origen de la vida. **Nota.** Extraído de Naranjo et al., 2022

Las propiedades del agua en los sistemas biológicos, ha tenido siempre interés por las discrepancias entre aspectos teóricos y experimentales, y entre otras cuestiones porque los aspectos físico-químicos explican en gran parte las importantes funciones biológicas que esa agua tiene en los seres vivos en general y en los humanos en particular. El transporte de sustancias, la disolución de otras, la formación de coloides, las reacciones enzimáticas de hidrólisis participando en la síntesis de hidratos y convirtiendo sustancias complejas en formas asimilables por el organismo son funciones primordiales que necesitan del agua.

Por otra parte, muchas de las macromoléculas como enzimas y ácidos nucleicos sólo se vuelven activos al adquirir su estructura compleja gracias a la interacción con el agua, constituyendo pues el elemento indispensable para la vida y por consiguiente, ahora y en un futuro, el elemento a buscar para facilitar la misma (Bertoluzza et al., 1993).

La molécula de agua tiene características y propiedades muy especiales. A pesar de ser eléctricamente neutra, es altamente polar y crea estructuras tridimensionales debido a la hibridación de los orbitales atómicos “s” y “p” del oxígeno. El gran poder de atracción del oxígeno por los elementos de los átomos de hidrógeno posibilita que se produzca un momento dipolar muy fuerte que posibilita crear puentes de hidrógeno con otras moléculas iguales o diferentes.

Por otra parte, el calor de vaporización, conductividad y propiedades dieléctricas son muy peculiares con respecto a otras moléculas, su elevado poder de vaporización (539 Kcal/g) indica que es necesaria mucha energía para vaporizar un poco de agua y explica porque la vaporización del sudor es responsable de la mayor parte del calor perdido por un organismo en movimiento y estrés ambiental.

Como disolvente, el agua tiene infinidad de funciones en la naturaleza e igualmente en el plasma sanguíneo y orina, desempeñando un papel fundamental para el correcto funcionamiento del organismo (Institute-of-Medicine, 2005). Además la hidratación celular es una señal muy importante para regular el metabolismo celular y la expresión de los genes (Haussinger et al., 1994).

El agua es el componente más abundante del organismo humano. Entre otras funciones representa el vehículo de transporte de sustancias por todo el cuerpo, interviene en numerosas reacciones químicas y tiene un papel indispensable en la regulación de la temperatura corporal. Los tejidos y órganos que desempeñan una actividad fisiológica más intensa son los que contienen mayores porcentajes de agua.

El organismo humano tiene que mantener un balance hídrico, equilibrando las pérdidas e ingresos de agua. Las pérdidas de agua se producen, sobre todo, por la producción de orina, la sudoración, el aire espirado, la perspiración insensible y las heces.

El ingreso de agua tiene lugar por medio de la ingesta (agua de bebida, zumos, leche, agua contenida en los alimentos) y el agua metabólica, liberada en las reacciones de oxidación de los diferentes nutrientes.

Un exceso de agua puede causar problemas: un incremento del 2% en el agua corporal total produce edemas que pueden empeorar el rendimiento mental y deportivo; niveles mayores de sobrehidratación pueden ocasionar una encefalopatía hiponatrémica (Hoffman, 2019) con confusión, crisis, coma y, por último, muerte por parada respiratoria. Por el contrario, las pérdidas hídricas se incrementan de manera considerable durante la práctica deportiva, ya que aumenta la sudoración, la ventilación pulmonar y la perspiración insensible debida al incremento del flujo sanguíneo cutáneo. Además de la pérdida de agua, se pierden electrolitos a través del sudor (Bennett et al., 2020; McCubbin, 2022; Noakes, 2012; Wijering et al., 2022). Es una práctica habitual utilizar los cambios en el peso corporal como un índice de los cambios en el contenido de agua corporal y, por tanto, del estado de hidratación (Maughan et al., 2007; Valentino et al., 2016).

La recuperación de la capacidad de trabajo físico es uno de los grandes desafíos para la población deportiva sometida a más de una sesión de entrenamiento diaria o deportes en los que se compite en varias series en un día o días sucesivos. Dicha recuperación pasa por recuperar combustibles, electrolitos y por realizar una rehidratación durante y después de la sesión de entrenamiento para tener un rendimiento óptimo en cada una de las sesiones (Cheuvront et al., 2005; Maughan et al., 2007).

El estado de deshidratación está asociado con una disminución en el rendimiento durante el ejercicio de resistencia. Un metaanálisis de 14 trabajos demostró que dicha disminución comienza cuando se produce al menos un 2% de pérdida de la masa corporal,

especialmente en ambientes cálidos y húmedos (Goulet et al., 2008), este valor coincide con los encontrados en ultra maratón (Valentino et al., 2016).

Los objetivos para lograr una óptima rehidratación nutricional son específicos para cada deportista, para cada especialidad y para cada sesión de entrenamiento y vendrán determinados por algunos de los siguientes factores:

- Los cambios fisiológicos y homeostáticos causados por el ejercicio.
- Los objetivos relacionados con el aumento del rendimiento o una mejor adaptación a la sesión de ejercicio.
- La duración del período de entrenamiento y las condiciones climáticas y ambientales.
- La disponibilidad de nutrientes para digerir durante el periodo de recuperación.

Por todo ello, es necesario profundizar en el conocimiento de la influencia de la mineralización del agua de bebida en la capacidad de trabajo físico y velocidad de rehidratación tras ejercicio físico en situación de estrés ambiental, que es el objetivo fundamental de este trabajo.

CAPÍTULO 2: ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

El agua es un elemento básico para nuestros cuerpos (Figura 1) y todos y cada uno de los sistemas del cuerpo humano dependen de ella (Almalki et al., 2022; Kleiner, 1999). En promedio, en un adulto sano, el agua representa un 60%-70% del peso total de su cuerpo (Pierson et al., 1998; Suhr et al., 2010), mientras que representa un 75% del peso corporal en niños y un 55% en personas muy mayores siendo esencial para la homeostasis celular y para la vida (Popkin et al., 2010). Para mantener el cuerpo de una persona adulta funcionando adecuadamente, se recomienda una ingesta diaria de un mínimo de dos litros de agua (aproximadamente 1 ml por cada Kcal ingerida), dicha agua está presente en las células, en los espacios intersticiales (siendo parte importante del líquido extracelular), en la sangre, en el sudor, en la saliva y hasta en las lágrimas. Una correcta hidratación es importante para la salud.

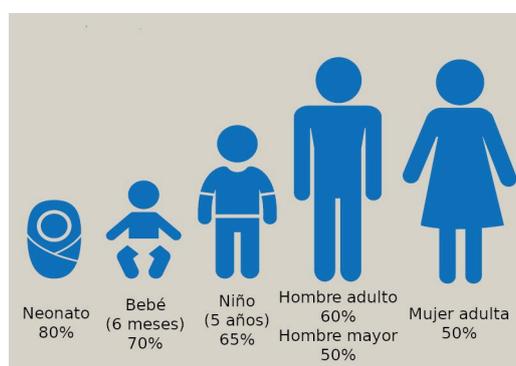


Figura 1.- Agua corporal total como proporción del peso corporal. **Nota.** Extraído de Henderson et al., 2021

Este capítulo versará sobre el intercambio de agua y la regulación del balance hídrico en relación a la salud y al rendimiento.

2.1.- HIDRATACIÓN, SALUD Y RENDIMIENTO

Dado que las células constituyen las unidades funcionales del organismo y dependen del ambiente hidroelectrolítico para su correcto funcionamiento (Grandjean et al., 2003) y que los diferentes espacios hídricos están compartimentados, debido a que la composición iónica es distinta en cada uno de ellos (Henderson et al., 2021; Sawka & Coyle, 1999; Sawka et al., 1998). Habitualmente, los seres humanos mantienen estable el equilibrio hidroelectrolítico cotidiano, siempre que exista disponibilidad de líquido y de alimentos, y no exista una mala relación entre sed y pérdida de agua (Institute-of-Medicine, 2005; Kenefick et al., 2012). La capacidad para corregir las variaciones en el flujo de agua de los distintos compartimentos y los electrolitos para mantener un adecuado nivel hídrico se torna pues, esencial, teniendo en cuenta las posibles variaciones debidas a las actividades a realizar en ambientes muchas veces hostiles, y donde el correcto funcionamiento del complejo entramado del equilibrio electrolítico es imprescindible para evitar problemas (Cheuvront et al., 2004).

La hidratación óptima es necesaria para el mantenimiento de todas las funciones fisiológicas y cognitivas (Chouraqui, 2022), debiendo tener en cuenta además la variabilidad existente a lo largo del ciclo vital y la debida al género. Los niños, especialmente los más jóvenes, son particularmente susceptibles a la deshidratación. En particular la falta de madurez de sus riñones, y la relativamente alta superficie cutánea, así como su dependencia de los adultos y su propensión a tener trastornos digestivos debidos a pérdidas de fluidos. Las consecuencias de una deshidratación moderada tienen un gran impacto en las funciones cognitivas (Almalki et al., 2022), dado que el impacto de la hidratación es mucho mayor en niños (en comparación con adultos). Las únicas intervenciones que muestran resultados consistentes en una mejora del rendimiento en tareas cognitivas fue el consumo agudo de fluidos.

La pérdida de agua ocurre constantemente a través de los pulmones, de la piel, los riñones y el tracto gastrointestinal y tiene un efecto adverso en la salud física (Armstrong et al., 1985; Janiszewska & Przybylowicz, 2020; Lopez et al., 2011) y cognitiva (Armstrong et al., 2012; Ganio et al., 2011; Merhej, 2019; Smith et al., 2012) de los adultos (Perrier et al., 2013).

Los estudios muestran claramente que la ingesta de agua decrece con la edad, especialmente después de los 60 años (Johnson, 2022), pero la cuestión es ¿bebemos menos porque somos viejos, o somos viejos porque bebemos menos? Existen datos para sustentar ambos sentidos de la hipótesis. En adultos viejos, las respuestas fisiológicas a la sed (estímulos hiperosmóticos e hipervolémicos) son más mitigadas en comparación con adultos jóvenes (Kenney & Chiu, 2001) y también existen datos que permiten afirmar que una baja ingesta hídrica puede contribuir a problemas de salud y a alteraciones en la función celular. Así por ejemplo, en adultos viejos, una baja ingesta hídrica está relacionada con una mala función de la memoria (MacLeod et al., 2018; Mantantzis et al., 2020; Suhr et al., 2010), con la regulación de la glucosa sanguínea (Adam et al., 2022; Burge et al., 2001), con la incidencia de problemas cardíacos (Deshayes et al., 2022; Leurs et al., 2010) y el riesgo de caídas (Hamrick et al., 2020)

Cuando hablamos del agua, no nos centramos en un tipo concreto de agua, sino que nos referimos a todos los tipos de agua, de mineralización débil y de mineralización fuerte, agua de manantial o de pozo, agua carbonatada o destilada. Además, nosotros no sólo ingerimos agua de manera directa, esto es bebiendo, sino también a través de la comida e incluso una pequeña parte, denominada agua metabólica, procede de la oxidación de macronutrientes (Popkin et al., 2010; Sawangjang & Takizawa, 2023). La proporción de agua que proviene de la comida y la bebida varía con la cantidad de frutas y verduras incluidas en la dieta. Así en Estados Unidos se estima que la proporción de

agua ingerida en los alimentos es de un 22% y dicha proporción sería mucho mayor en España y en otros países de Europa (Institute-of-Medicine, 2005; Johnson & Adams, 2020; Moreno et al., 2002; Sawangjang & Takizawa, 2023).

2.1.1.- Agua corporal y su distribución

La distribución del agua a nivel corporal ha sido ampliamente estudiada (Adolph, 1938; Knepper et al., 2015; Mitchell et al., 1945; Morelle et al., 2015; Watson & Austin, 2018, 2021). El cuerpo humano está compuesto aproximadamente por un valor medio del 60% de agua para un adulto joven, presentando oscilaciones a lo largo del ciclo vital (50%-70%), aunque se considera el agua corporal total como un elemento único (Figura 2), la realidad es que se subcompartimenta, desde el punto de vista funcional, en fluido intracelular y fluido extracelular, representando el líquido que contienen el 67 y el 33% del agua corporal total respectivamente (Matthie et al., 1998; Sawka et al., 2007). El líquido extracelular se subdivide a su vez en líquido intersticial y plasmático (Watson & Austin, 2018), existiendo mecanismos comunes de intercambio hídrico entre distintos compartimentos y obviando el pequeño componente transcelular (líquido cefalorraquídeo, globo ocular, etc.) por tener un volumen tan pequeño que no interfiere en la dinámica del agua (Darrow & Yannet, 1935; Watson & Austin, 2018).

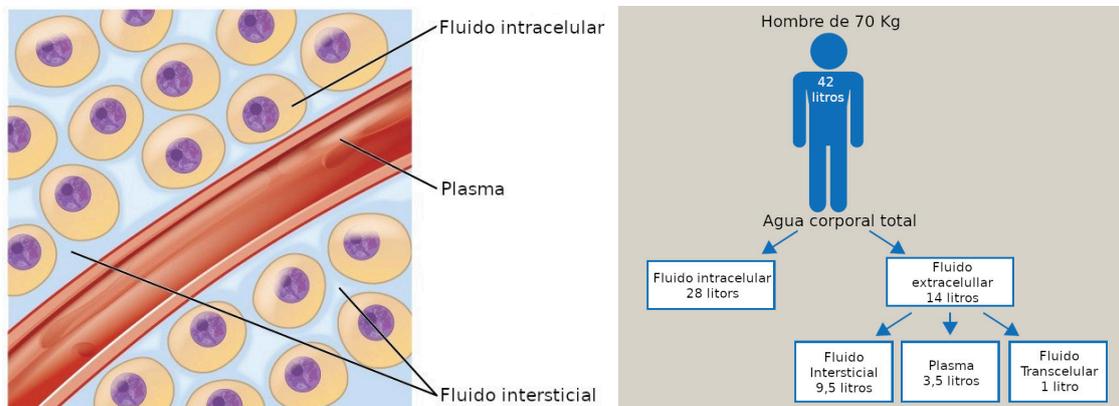


Figura 2.- Compartimentos para los fluidos corporales y distribución del agua corporal en un hombre de 70 Kg.

Nota. Extraído de Henderson et al., 2021

La hidratación de la masa corporal magra es muy constante, aproximadamente un 73% de agua, a lo largo de la vida, con independencia de la etnia y del género. La gran variabilidad del agua corporal total se debe a las diferencias en la composición corporal (Institute-of-Medicine, 2005). Dos individuos con idéntica masa corporal total, pero con diferentes masas grasas pueden presentar diferencias muy significativas en el agua corporal total y, por ende, la misma pérdida hídrica resultará en porcentajes de deshidratación distintos.

Las fuerzas osmóticas y la presión hidrostática juegan un papel decisivo en la distribución del agua en los distintos compartimentos, pues cada uno de ellos tiene un soluto principal (restringido mayoritariamente para él), así, las sales sódicas (osmoles extracelulares), las sales potásicas (osmoles intracelulares) y las proteínas plasmáticas (osmoles intravasculares), que son los responsables de mantener volúmenes extra, intracelular y vascular respectivamente (Henderson et al., 2021).

Los estados de equilibrio se alcanzan cuando la presión hidrostática se iguala a la presión osmótica que mueve el agua a través de membranas semipermeables que separan los distintos compartimentos (Verkman et al., 1996).

Una molécula-gramo de cualquier compuesto no dissociable, que consta del número de Avogadro de partículas ($6,023 \times 10^{23}$) es un mol, un osmol si hablamos de osmolalidad. Un osmol de cualquier soluto disuelto en 22,4 kg de agua reduce la actividad o tendencia de escape de ésta en una atmósfera de presión. Si se disuelve un osmol en un Kg de agua, la reducción es de 22,4 atmosferas de presión. Una molécula-gramo de ClNa se disocia duplicando el número de iones en solución, y, por tanto, un mol de ClNa produce un efecto osmótico de dos osmoles. El miliosmol (mosm), es la medida adecuada para las soluciones biológicas. Así un mosm de cualquier sustancia disuelto en un Kg de

agua a temperatura corporal disminuye la tendencia de escape de esta actividad con una fuerza equivalente a 19,3 mm de Hg (Aukland & Reed, 1993).

2.1.2.- Composición de los fluidos corporales en los tres principales compartimentos

En lo que respecta al plasma, es el ion sodio el catión más importante, siendo los principales aniones el cloro y el bicarbonato. Por otra parte, las proteínas plasmáticas constituyen también una importante fracción de los aniones. La concentración de iones se expresa habitualmente en miliequivalentes por litro (meq/L), pero para medir la osmolalidad de un litro de agua habría que tener en cuenta que en cada litro de plasma, en una situación normal, sólo hay 930 ml de agua, siendo el resto, fundamentalmente, proteínas y lípidos, pero en algunas patologías, pueden resultar relevante (McManus et al., 1995).

En lo que respecta a la composición del líquido intersticial, la concentración iónica en dicho espacio es diferente a la del plasma, debido en parte al efecto del equilibrio de Gibbs-Donnan (Naranjo, 2022; Waniewski et al., 2021) que explica como la presencia en plasma de iones no difusibles, como las proteínas plasmáticas, da lugar a una distribución asimétrica de los iones difusibles en las membranas semipermeables.

Las consecuencias de este efecto son, en primer lugar, que el número de iones positivos y negativos debe igualarse, es decir, mantener electroneutralidad. En segundo lugar, los iones difusibles se reparten asimétricamente en ambos compartimentos y, en tercer lugar, el número de partículas es mayor en el compartimento donde se encuentran las proteínas no difusibles, siendo mayor su presión osmótica. Esto ocurre de forma significativa en las paredes capilares que separan plasma de líquido intersticial y que da lugar a que la concentración de cationes en líquido intersticial sea menor, mientras que la

de aniones es mayor. Finalmente, y en lo que respecta a la composición de líquido intracelular, decir que la composición iónica varía significativamente de unas células a otras, en función del tipo de tejidos. Con carácter general, los cationes más relevantes en el compartimento intracelular son el potasio (K^+) y el magnesio (Mg^+) y los principales aniones son proteínas. La elevada concentración de K^+ y la baja de Na^+ están conservadas por la bomba Na-K. Además, es necesario considerar el efecto Gibbs-Donnan, por la elevada presencia de solutos intracelulares no difusibles (proteínas intracelulares) que producen una presión oncótica mayor (Guyton et al., 1971; Henderson et al., 2021).

2.1.3.- Dinámica de intercambio hídrico entre los compartimentos intracelulares y extracelulares

Los volúmenes intra y extracelulares vendrán determinados por los mecanismos que operan, por tanto, para la conservación de la tonicidad, el volumen y la composición iónica específica. Dichos mecanismos homeostáticos aseguran el equilibrio en caso de libre acceso a alimentos y bebidas (Bhave & Neilson, 2011; Institute-of-Medicine, 2005). Y se logra con la conjunción de respuestas neuroendocrinas y renales fundamentalmente (Chien, 2007; DiBona, 2005) que regulan fundamentalmente el necesario equilibrio hídrico e iónico que posibilitan el correcto funcionamiento de las células de nuestro organismo, y, en consecuencia, la vida. Debemos además de tener en mente, los factores de comportamiento social no regulatorios, de los que hablaremos más adelante.

Para prevenir la deshidratación, todos los animales terrestres han desarrollado una sofisticada red sensitiva de controles fisiológicos para mantener el agua corporal y la ingesta de fluidos mediante la sensación de sed. Los humanos deben de beber por varias razones, particularmente por razones hedonistas, pero la mayor parte de las veces que bebemos es debido a un déficit de agua que desencadena el mecanismo fisiológico

regulatorio de la sed. El mecanismo de la sed se conoce bastante bien “a día de hoy” la razón de la ingesta hídrica no desencadenada por los mecanismos regulatorios está relacionada con la gran capacidad de los riñones para eliminar el exceso de agua o de reducir la secreción de orina para economizar agua de manera temporal. Pero este proceso de excreción sólo puede posponer la necesidad de beber o de no beber cuando hay un exceso de agua. La ingesta hídrica no regulatoria a menudo produce confusión, especialmente en los países del primer mundo con acceso a bebidas con sabores atractivos u otro tipo de fluidos que contienen otras sustancias deseadas por la persona que bebe. Los más comunes entre estos son los consumidores de alcohol en los que el agua sólo cumple una función de transporte. Beber estos productos no se debe a una sed excesiva o a hiperdipsia, como se puede demostrar al ofrecer agua en lugar de bebidas alcohólicas encontrando que el bebedor es en realidad hipodíptico, caracterizado por una sed anormalmente disminuida (Nakamura et al., 2020; Popkin et al., 2010).

2.1.4.- Control del balance hídrico entre los compartimentos intracelulares y extracelulares: concepto de equilibrio y mecanismos de regulación

Para que el volumen y la composición corporal permanezcan estables, las tasas de aparición y desaparición de cualquier sustancia se equilibrarán en el organismo, cuando la cantidad ingerida más la cantidad producida sea igual a la cantidad excretada más la cantidad consumida. Existen multitud de compuestos orgánicos cuyo equilibrio es resultado de producción y consumo, pero cuando no hay ni producción ni consumo, como es el caso de los electrolitos, el equilibrio se alcanza por ajustes en la excreción. En el caso del agua, para mantener un buen estado de hidratación, debe proceder habitualmente de alimentos y bebidas en un 90% y de un 10% de agua metabólica originada por la

oxidación de macronutrientes. Y las pérdidas provienen de perspiración insensible (piel y respiración), pérdidas fecales, producción de orina y sudoración (Horswill, 1998).

El mantenimiento constante de los niveles de agua y de minerales requiere la coordinación de detectores sensitivos en diferentes lugares del cuerpo, conectados por vías neurales con centros de integración en el cerebro para procesar la información. Estos centros son sensibles a factores humorales (neurohormonas) producidas para ajustar la diuresis, natriuresis y la presión sanguínea (mineralcorticoides, angiotensina, vasopresina, factor atrial natriurético). Las instrucciones enviadas desde los centros de procesamiento a los “órganos ejecutores” (riñones, glándulas sudoríparas, glándulas salivares) y a la parte del cerebro responsable de las acciones correctivas tales como beber son transmitidas por ciertos nervios además de las sustancias mencionadas anteriormente (Grigg et al., 2022; Nicolaidis, 1998; Popkin et al., 2010).

La mayor parte de los componentes del balance de fluidos están controlados por mecanismos homeostáticos que responden a las necesidades de agua del cuerpo. Estos mecanismos son sensitivos y precisos y se activan con un déficit o un exceso de la cantidad de agua de sólo unos cientos de milímetros cúbicos. Un déficit de agua produce un incremento en la concentración de iones en el compartimento extracelular, que obtienen el agua del compartimento intracelular y causan la reducción del tamaño celular.

Los factores que regulan los mecanismos de conservación hídrica son cuatro, tres de ellos son prioritarios en situaciones cotidianas (conservación de tonicidad y de volumen y conservación del equilibrio ácido-base) y el otro entra en juego durante la realización de actividad física de cierta intensidad (la temperatura).

Conservación de la tonicidad:

La preservación de la tonicidad del líquido extracelular es la función principal de los mecanismos secretores de ADH y de la sed (McKinley & Johnson, 2004). La

vasopresina, también denominada ADH, aumenta la permeabilidad en los túbulos contorneados permitiendo la entrada de agua al espacio hipertónico de las pirámides renales, dando lugar a un aumento de la concentración de orina y disminución de su volumen. Si no existiese una producción de vasopresina, la orina sería hipotónica con respecto al plasma (Thompson et al., 1986).

Cuando aumenta la presión osmótica efectiva del plasma, se incrementa la secreción de ADH y se estimula el mecanismo de la sed. Ambos mecanismos tienen por objetivo retener agua del organismo para el mantenimiento de la tonicidad en el estrecho margen que ésta tiene (280-295 mosm/Kg), y que, salvo problemas de salud o deshidratación por otros motivos (como puede ocurrir con el ejercicio), se eleva de forma considerable. El mecanismo por el cual la vasopresina ejerce su efecto antidiurético es activado por los receptores V_2 , y viene mediado por acuaporinas, proteínas que forman conductos de agua en la membrana luminal de los túbulos colectores y así mismo en otras membranas del organismo, el conducto acuoso que responde a la vasopresina es la acuaporina 2 (Adeoye et al., 2022). Por otra parte, otros receptores $V1A$, $V1B$ son responsables de otros efectos de la ADH, por ejemplo, el efecto vasopresor del músculo liso y su acción también sobre el área postrema (órgano circunventricular cuyo objeto es disminuir el gasto cardíaco) del $V1A$, mientras que el $V1B$ es mediador en la adenohipófisis de la secreción de la ACTH (Adroque & Madias, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d), lo que ya nos indica la imbricación de todos los sistemas en el exquisito control del medio interno.

Los cambios de osmolalidad en el líquido extracelular que suponen un ligero aumento por encima de los 285 mosm/Kg implican una liberación desde la neurohipófisis de la ADH almacenada, el umbral osmótico para la sed es similar al umbral para la mayor secreción de ADH y pequeños cambios en la osmolalidad (de al menos un 1%) dan lugar

a cambios en la secreción para tratar de mantener la osmolalidad en los niveles indicados (Thompson et al., 1986).

Por otra parte, existen otros factores que modulan la liberación de ADH, así los cambios en el volumen de líquido extracelular influyen bastante en la liberación de la misma, de forma que los receptores de presión del sistema vascular, a través de vías neurógenas actúan como respuesta ante situaciones de hipovolemia y de hipotensión (Berl, 2015).

Esta reducción es detectada por dos tipos de sensores cerebrales, uno que controla la ingesta hídrica y otra que controla la excreción de orina enviando mensajes a los riñones principalmente a través de la hormona antidiurética (vasopresina) para producir un menor volumen de orina más concentrada (Haroutounian et al., 2021; Popkin et al., 2010; Ramsay, 1998). Cuando el cuerpo contiene exceso de agua ocurre el proceso inverso, la menor concentración de iones en los fluidos corporales permite incrementar la cantidad de agua en el compartimento extracelular. Las células absorben más agua, la ingesta hídrica se inhibe y los riñones excretan más agua.

De este modo los riñones tienen un papel importante en la regulación hídrica y en el balance de fluidos. La función de los riñones es más eficiente en presencia de agua abundante. Si los riñones economizan agua, producen una orina más concentrada, lo que significa un incremento en el coste energético y un mayor deterioro de los tejidos. Esto ocurre, sobre todo, cuando los riñones están en situación de estrés, por ejemplo, cuando la dieta contiene cantidades excesivas de sal u otras sustancias tóxicas que necesitan ser eliminadas. En consecuencia, beber agua suficiente protege a estos órganos vitales.

Conservación de volumen:

Es fundamental para mantener la capacidad de trabajo físico y el mantenimiento del mismo viene determinado principalmente por la cantidad de solutos osmóticamente

activos, siendo el Na^+ el factor más importante (Ball, 2013). Por tanto, los mecanismos que controlan el equilibrio del Na^+ son los principales responsables del mantenimiento del volumen extracelular y cuyos estímulos se unen a la regulación osmótica del ADH. La angiotensina II es el péptido fundamental en dicha función, estimulando la secreción de aldosterona, la cual produce retención de sal y agua, provocando además vasoconstricción de los vasos sanguíneos y aumentando la sensación de sed; constituye así una parte esencial de la respuesta del organismo a la hipovolemia ante situaciones como el ejercicio que implican disminuciones importantes del volumen extracelular, pues va a provocar constricción arteriolar y elevación de las presiones arteriales sistólica y diastólica y como acción adicional, liberación de noradrenalina en neuronas simpáticas postganglionares que dan lugar a una disminución del filtrado glomerular y acción directa sobre los túbulos renales para aumentar la reabsorción de Na^+ (Zeidel, 1993).

Además de la angiotensina, existen otros factores natriuréticos. El primero, denominado así por haber sido descubierto en la aurícula, el péptido natriurético atrial. Posteriormente otros factores natriuréticos similares, fueron aislados en el cerebro (péptido natriurético cerebral), aunque también se halla presente, y en mayor cantidad a nivel ventricular. Ambos péptidos natriuréticos actúan a nivel renal aumentando la excreción del Na^+ y disminuyendo su reabsorción al incrementar por un lado la filtración glomerular por relajación de arteriolas eferentes y por otra parte al actuar sobre los túbulos renales inhibiendo la reabsorción del Na^+ . Otra de sus acciones es provocar un incremento de la permeabilidad capilar, lo que facilita una mayor extravasación para ayudar a disminuir la presión arterial (Epstein, 1992; Mandroukas et al., 1995).

Observamos pues que, en el intrincado proceso de control del volumen, los péptidos natriuréticos inhiben la secreción de renina y contrarrestan la acción vasopresora de las catecolaminas y la angiotensina II, es decir, tratan de corregir el aumento de

volumen circulante que provoca distensión auricular y ventricular. Dicho aumento en los péptidos natriuréticos ocurre también cuando se sumerge la cabeza en agua o la elevación de decúbito a bipedestación (Epstein, 1992).

Existen otros dos mecanismos primordiales, que, a pesar de estar siempre presentes, deberán de expresarse de forma más preeminente durante la realización de actividad física de cierta intensidad (conservación del equilibrio ácido-base y de la temperatura).

Conservación del equilibrio ácido-base, acidificación de la orina y excreción de bicarbonato:

El mantenimiento del equilibrio ácido-base del medio interno es el tercer factor donde el agua y los minerales que contiene la misma, juegan un papel importante en la homeostasis del medio interno (Adroque & Madias, 1998, 1999).

La reacción encargada de conseguir dicho equilibrio es principalmente la secreción de hidrogeniones en los túbulos renales, siendo el intercambio de Na^+ y H^+ uno de los principales mecanismos que posibilitan dicho efecto. Pero para que ello sea posible, debe de mantenerse un gradiente de transporte a lo largo de los túbulos proximales y distales, así como en los túbulos colectores, que permitan alcanzar un pH urinario de alrededor de 4,5, es decir casi mil veces mayor que en plasma. Para ello se producen tres reacciones encadenadas importantes en el líquido tubular que retiran el hidrogenión libre y son las reacciones con bicarbonato, ácido difosfórico, y amonio (Lemann et al., 2003).

La modulación de la secreción renal de ácido se ve alterada, además, por los cambios en la presión de CO_2 intracelular, la concentración de K^+ ionizado, los valores de la anhidrasa carbónica y la hormona adrenocorticotropa.

La preservación de la concentración de H^+ del líquido extracelular se vuelve función primordial de los riñones para el mantenimiento de la homeostasis del interior celular (muy sensible a dichos cambios) (Noakes et al., 2005).

Mantenimiento de temperatura:

El ejercicio dinámico, sobre todo si es de cierta intensidad, induce un incremento importante del calor metabólico generado a nivel muscular con la consiguiente elevación de temperatura corporal (Benzinger, 1969), para mantener en los estrechos límites ($\pm 0,5^{\circ}C$) alrededor de los $37^{\circ}C$ la temperatura normal, se activan diversos mecanismos que permiten que el aumento de la temperatura no se produzca de forma tan rápida, lo que llevaría al colapso tras diez minutos de ejercicio moderado (Binder et al., 2012).

Los seres humanos disponemos de cuatro mecanismos para el control de temperatura: conducción, convección, radiación y evaporación. Los tres primeros son predominantes para la pérdida de calor en reposo y su efectividad dependerá del gradiente de temperatura alrededor de la piel, modulado por el mayor o menor flujo sanguíneo para transportar el calor del núcleo central al ambiente que rodea el cuerpo (Brenzelmann et al., 1977; Kenney & Johnson, 1992; Wyss et al., 1975).

Puesto que el ejercicio dinámico incrementa de forma drástica la tasa metabólica de producción de calor, el balance entre el calor generado y su disipación se vuelven claves para mantener la capacidad de trabajo físico, y en última instancia, la vida. El nivel de hidratación y la capacidad sudorativa son determinantes para ello (Nadel et al., 1980).

El nivel de hidratación es crítico en los procesos de regulación de la temperatura corporal (Wang et al., 2022). La pérdida de agua a través del sudor es un importante mecanismo para refrescarse en climas cálidos o en la práctica de actividad física. Las pérdidas de agua a través de la piel (ya sea por perspiración o por sudoración) pueden oscilar entre los 0,3 L/hora en condiciones sedentarias hasta los 2 L/hora en situación de

calor o actividad física intensa. La ingesta hídrica puede oscilar entre 2,5 y 3 L/día en adultos y en condiciones normales hasta los 6 L/día en condiciones extremas de temperatura o actividad física (Popkin et al., 2010; Sawka et al., 2007; Sawka et al., 1998).

La correlación existente entre la elevación de la temperatura corporal central y la intensidad de trabajo ya ha sido ampliamente demostrada para condiciones medioambientales entre 5°C y 30°C, siendo la capacidad evaporativa la que posibilita la mayor pérdida de calor si las condiciones medioambientales permiten una evaporación plena (Gagnon et al., 2013; Nielsen & Nielsen, 1965).

La respuesta termorreguladora ante la génesis de calor metabólico que incluye la sudoración y el control vasomotor cutáneo es modulada por el área preóptica hipotalámica (Nakamura & Morrison, 2008, 2010), siendo la temperatura media corporal, la suma de la temperatura interna y la de la piel, la responsable de los incrementos de vasodilatación y sudoración, existiendo, un umbral de disparo a partir del cual existe un incremento casi lineal entre la temperatura media, la vasodilatación y la tasa de sudoración hasta su posterior atenuación (Nadel et al., 1980; Nadel et al., 1971).

Existen otros muchos factores que tienen influencia sobre este umbral de disparo, incluyendo el nivel de hidratación, la carga de barorreceptores, el ritmo circadiano, el ciclo menstrual, el entrenamiento, la alimentación y la edad. Estos factores se ponen de manifiesto incluso antes de que el ejercicio provoque una elevación cuantificable de temperatura interna, ya que la sudoración ocurre inmediatamente antes, sugiriendo la existencia de factores no térmicos que van asociados al ejercicio y contribuyen al incremento de sudoración cuando por el contrario, el flujo sanguíneo subcutáneo permanece insensible a las condiciones térmicas durante el ejercicio dinámico (Johnson & Park, 1982; Vanbeaumont, 1963).

Tanto el comando central, como la acción de mecanorreceptores y receptores metabólicos han sido estudiados como responsables de los cambios inducidos por estrés térmico, observándose respuestas, a veces contradictorias, sobre las respuestas vasoconstrictoras o vasodilatadoras que ocurren según los distintos tipos o modalidades de ejercicio estático o dinámico (Kellogg et al., 1993). Así, estudiando el efecto tanto del comando central como de receptores periféricos sobre la respuesta termorreguladora, se ha observado que en ejercicios isométricos bloqueando la respuesta periférica, aparecen elevación de la tasa de sudoración, pero el flujo sanguíneo en piel se reduce a pesar del incremento de presión arterial y de frecuencia cardíaca (Shibasaki, Aoki, et al., 2009; Shibasaki, Rasmussen, et al., 2009; Shibasaki et al., 2004).

2.1.5.- Ingesta hídrica regulatoria y no regulatoria

La mayor parte de las veces que bebemos, es como respuesta a un déficit de agua. Además de la excreción de orina, el otro mecanismo regulatorio de fluidos es la ingesta hídrica, mediada a través de la sensación de sed. Como hemos visto, hay dos mecanismos fisiológicos diferentes en la sensación de sed: los mecanismos intracelulares y los extracelulares. Cuando se pierde agua se incrementa la concentración de iones, como consecuencia, el espacio intracelular cede agua al compartimento extracelular. Esta situación es detectada por el sistema nervioso central que envía mensajes hormonales que inducen a la ingesta hídrica. Esta asociación con los receptores que controlan el volumen extracelular está acompañada por una mayor apetencia de sales. Así, las personas que han sudado copiosamente prefieren bebidas que sean relativamente ricas en sales de Na⁺ antes que el agua pura.

A pesar de que las personas sienten sed con cierta frecuencia, esta sensación juega un papel poco importante en el control diario de ingesta hídrica en los países del primer

mundo donde la temperatura suele estar regulada. Normalmente ingerimos líquidos, pero no para saciar la sed. Son líquidos asociados a las comidas (sopa, leche...), asociados a bebidas estimulantes (té, café...) o bebidas asociadas a sensaciones placenteras. Estas bebidas suelen ser mediadas por las papilas gustativas que se comunican con el cerebro. Este sistema puede ser beneficioso para los seres humanos ya que se rehidratan antes de tener sensación de sed, reponiendo el agua antes de que se produzca la deshidratación (Popkin et al., 2010).

2.2.- EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA DESHIDRATACIÓN

El papel del agua en la salud se caracteriza, generalmente, en términos de desviaciones de un estado ideal de hidratación. El concepto de deshidratación abarca tanto el proceso de pérdida de agua corporal como el estado de deshidratación. La mayor parte de la investigación que relaciona la ingesta hídrica con el funcionamiento físico y mental parte de un estado de hidratación basado en la existencia de una cantidad de agua suficiente para evitar pérdidas de agua que conduzcan a la deshidratación y que mantenga una retención de fluidos incluso en situación de estrés térmico o de actividad intensa. Pero hay poca investigación que apoye la noción de que un aporte adicional de agua en individuos adecuadamente hidratados confiere beneficios (Caldwell et al., 2021; Popkin et al., 2010).

El papel del agua y de la hidratación en la actividad física, ha sido de considerable interés y bien descrito, especialmente en atletas y en militares (Goulet, 2013; R. J. Maughan et al., 2007; Murray, 2007; Sawka & Noakes, 2007). Durante competiciones deportivas, no es infrecuente que los atletas pierdan entre un 6 y un 10% de su peso corporal a través de los mecanismos de transpiración, así llegan a la deshidratación si no se produce la reposición de fluidos. El rendimiento físico disminuye en atletas con bajos

niveles de deshidratación hasta un 2% (Murray, 2007). Cuando se alcanzan niveles medios de deshidratación los atletas presentan descensos en el rendimiento en pruebas de resistencia (Cheuvront et al., 2003; Cheuvront et al., 2007; Goulet et al., 2008), con incrementos significativos de la fatiga, con alteraciones en la capacidad termoreguladora, con un descenso de la motivación, y un fuerte incremento del esfuerzo percibido (Cheuvront et al., 2003; Montain & Coyle, 1992). La rehidratación puede revertir estos déficits, e incluso reducir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio y la deshidratación (Paik et al., 2009).

La pérdida de agua puede influir en la capacidad cognitiva, y no solo en la física, así, con niveles medios de deshidratación se producen disrupciones en el estado de ánimo y en la función cognitiva en general, afectando especialmente a los muy jóvenes y a los muy mayores en ambientes muy cálidos o durante la realización de ejercicio de alta intensidad.

Los líquidos en la dieta son, generalmente absorbidos, en el intestino delgado proximal, y la ratio de absorción está determinado por la cantidad de materia orgánica que contiene el intestino delgado en un momento dado. El nivel de vacío gástrico por el volumen total consumido y decelera por la densidad de materia de alta energía y por la osmolalidad (Leiper, 1998; Popkin et al., 2010). Además del agua incluida en los alimentos (1 L/día) y en las bebidas (aproximadamente 2-3 L/día), las secreciones digestivas incorporan agua (aproximadamente 8 L/día) que son absorbidas por el intestino delgado que tiene capacidad para absorber hasta 15 L/día. El colon absorbe unos 5 L/día y 1,5 L/día pasan a través de la válvula ileocecal (Ritz & Berrut, 2005).

Como se ha señalado anteriormente, el riñón es fundamental para regular el equilibrio hídrico y la presión arterial, así como para eliminar los residuos del organismo. El metabolismo del agua en el riñón puede clasificarse en regulado y obligado. La

regulación del agua está mediada por las hormonas, con el objetivo de mantener un rango ajustado de osmolalidad plasmática entre 275 y 290 mOsm/kg. El aumento de la osmolalidad del plasma y la activación de osmorreceptores (intracelulares) y barorreceptores (extracelulares) estimulan la liberación hipotalámica de la hormona antidiurética (ADH), que actúa en el riñón disminuyendo el volumen de orina y provocando la retención de agua, así la orina pasa a ser hipertónica. Con la disminución de la osmolalidad del plasma, se inhibe la liberación de vasopresina y el riñón aumenta la producción de orina hipotónica.

Además de regular el equilibrio de los líquidos, los riñones necesitan agua para filtrar los residuos del torrente sanguíneo y la excreción a través de la orina. La excreción de agua a través del riñón elimina solutos de la sangre, y se requiere un volumen mínimo de orina obligatoria para eliminar la carga de solutos con un volumen máximo de salida de 1 L/h (Popkin et al., 2010; Schoen, 1957).

El volumen sanguíneo, la presión arterial y la frecuencia cardíaca están estrechamente relacionados. El volumen sanguíneo se regula normalmente de forma estricta mediante la adecuación de la ingesta y la eliminación de agua, como se ha explicado en la función renal. En individuos sanos, ligeros cambios en la frecuencia cardíaca y la vasoconstricción actúan para equilibrar el efecto de las fluctuaciones normales del volumen sanguíneo en la presión arterial (Jacques et al., 2021; Popkin et al., 2010). La disminución en el volumen de sangre puede ocurrir, a través de la pérdida de sangre (o donación de sangre), o la pérdida de agua corporal a través del sudor, como se observa con el ejercicio. El volumen sanguíneo se distribuye de forma diferente en función de la posición del corazón, ya sea en posición supina o erguida, y el paso de una posición a otra puede provocar un aumento de la frecuencia cardíaca, un descenso de la presión arterial y, en algunos casos, un síncope. Esta hipotensión postural (o hipotensión

ortostática) puede ser mediada por la ingesta de 300-500 ml de agua (Lu, 2005; Lu et al., 2002; Schroeder et al., 2002). La ingesta de agua reduce de forma aguda la frecuencia cardíaca y aumenta la presión arterial en tanto en individuos normotensos como hipertensos (Callegaro et al., 2007; Fujii et al., 2022; Mendonca & Fernhall, 2016). Estos efectos de la ingesta de agua sobre el efecto vasopresor y la frecuencia cardíaca se producen a los 15-20 minutos de beber agua y pueden durar hasta 60 minutos (Ando et al., 2009; Robillard & Gregoire, 2018).

2.3.- DESHIDRATACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA

La deshidratación es una palabra comúnmente entendida para describir un déficit de agua corporal total (ACT) (Al-Qurashi et al., 2022; Chevront & Kenefick, 2014; Hew-Butler et al., 2018).

El campo de la investigación sobre la relación entre la deshidratación y el rendimiento en resistencia se encuentra en el inicio de una nueva era. Este apartado recorre los últimos descubrimientos que describen la relación entre la deshidratación inducida por el ejercicio y el rendimiento de resistencia y proporciona los conocimientos necesarios para que los atletas competitivos entrenados en resistencia desarrollen una estrategia de hidratación ganadora. La pérdida aguda de peso corporal antes del ejercicio, igual o superior al 2%, puede afectar con un descenso de la resistencia. Por lo tanto, los atletas de resistencia deben esforzarse por comenzar el ejercicio bien hidratados, lo que puede lograrse manteniendo baja la sensación de sed, con excreción de orina de color muy pálido y bebiendo aproximadamente 5-10 ml/kg de peso corporal de agua 2 horas antes del ejercicio.

Durante el ejercicio de 1 hora o menos de duración, la deshidratación no disminuye el rendimiento de resistencia, pero se recomienda a los deportistas que se enjuaguen la boca con bebidas deportivas. Durante un ejercicio que dure más de 1 h, en el que el líquido está fácilmente disponible, beber según de acuerdo con los dictados de la sed maximiza el rendimiento de resistencia. En atletas cuya sensación de sed es poco fiable o cuando factores externos como el estrés psicológico o la ingesta repetida de alimentos pueden entorpecer la sensación de sed, se recomienda programar la ingesta de líquidos. para mantener la pérdida de peso corporal inducida por el ejercicio en torno al 2% o 3% (Goulet, 2012).

Los fluidos corporales también contienen sustancias disueltas, cuya pérdida transitoria puede alterar la redistribución del agua a través de las membranas celulares. Cuando la concentración de líquidos corporales perdidos es hipoosmótica con respecto al plasma, se crea un gradiente osmótico y la partición de la pérdida de agua se reparte entre el espacio de fluido intracelular (FIC) y el espacio de fluido extracelular (FEC) (Al-Qurashi et al., 2022; Cheuvront & Kenefick, 2014; Costill et al., 1976; Darrow & Yannet, 1935; Hew-Butler et al., 2018; Holliday et al., 1999; Lavietes et al., 1935; Leard & Freis, 1949; Maffly & Leaf, 1959; Nadal et al., 1941; Nose et al., 1988b; Pitcavage et al., 1962; Wolf, 1948; Wynn, 1957).

La pérdida relativamente grande del FIC y el carácter hiperosmótico del espacio del FEC suele denominarse "deshidratación intracelular", o a veces hiperosmótica-hipovolemia, hipohidratación o deshidratación con pérdida mínima de sal. Cuando la concentración de fluidos corporales perdidos es isoosmótica con respecto al plasma, se produce una contracción relativamente mayor del FEC (deshidratación extracelular), el gradiente osmótico que empuja a los fluidos del mayor depósito de reserva intracelular

está ausente (Bartter, 1956; Cheuvront & Kenefick, 2014; Darrow, 1938; Darrow & Yannet, 1935; Hew-Butler et al., 2018; Nadal et al., 1941).

"La deshidratación extracelular también se denomina a veces isoosmótica-hipovolemia, agotamiento de volumen o deshidratación con pérdida de sal. La importante distinción fisiológica entre los dos "tipos" principales de deshidratación, aunque no es un concepto nuevo (Cheuvront & Kenefick, 2014; Laron, 1957; Nadal et al., 1941), es una distinción determinante para el tratamiento (Cheuvront & Kenefick, 2014; Holliday, 1965; Mange et al., 1997) y posiblemente el aspecto más esencial y menospreciado de la evaluación de la deshidratación (Cheuvront & Kenefick, 2014; Cheuvront et al., 2013).

La respuesta fisiológica a la deshidratación intracelular surge de la estimulación primaria de los osmorreceptores y estimulación secundaria de los barorreceptores (Cheuvront & Kenefick, 2014; Dunn et al., 1973; Robertson & Athar, 1976). El control endocrino del balance hídrico incluye la compensación renal mediada por hormonas de la conservación y de la adquisición de agua (sed) (Cheuvront & Kenefick, 2014; Vesterdal, 1966). La respuesta a la deshidratación extracelular es no osmolar (Cheuvront & Kenefick, 2014; Schrier & Berl, 1975a, 1975b) e incluye una vasoconstricción aguda mediada simpáticamente vasoconstricción y una defensa neurohumoral más lenta del volumen sanguíneo (VS) (Cheuvront & Kenefick, 2014; Garrett et al., 2014; Schrier, 1990; Schrier & Berl, 1975a, 1975b; Schrier & Niederberger, 1994). Los umbrales de osmolalidad (mmol/kg) y volumen de estas respuestas dependen en gran medida del "tipo" de deshidratación que se haya producido y de la magnitud de deshidratación necesaria para provocar una compensación (Cheuvront & Kenefick, 2014; Cheuvront et al., 2013).

Los factores que influyen en el desequilibrio que dan lugar a la deshidratación durante la realización de ejercicio son de índole muy variable. Entre ellos tenemos cuatro factores fundamentales: medioambientales, calor y humedad, disfunciones y enfermedades, y, culturales y organizativos.

Factores mediadores del entorno:

Las condiciones en las que se realiza el ejercicio influyen de forma muy importante en los niveles de hidratación, independientemente del libre acceso, no siempre posible a la ingesta hídrica para su reposición. El tipo de actividad, la intensidad y duración del esfuerzo y las condiciones macro y micro ambientales diversas hacen que la deshidratación no sea nada infrecuente en la población deportiva, con pérdidas de más de siete litros en dos horas de entrenamiento intenso (Burke & Hawley, 1997; Horswill et al., 2009; Kenefick & Cheuvront, 2012; Laird & Johnson, 2012). Si, además, la realización de la actividad tiene lugar en situaciones medioambientales complicadas (altitud, microgravedad, buceo), la deshidratación y los cambios en los diversos compartimentos hídricos del organismo pueden ser importantes y tremendamente significativos y necesitar de reposiciones con dosis significativas de sodio para evitar o mitigar las complicaciones (Epstein, 1992; Grigoriev et al., 1991; Pendergast & Lundgren, 2009).

Calor y humedad:

Ambos factores son, con mucho, sin existencia de alteración patológica, los más influyentes en el desequilibrio hídrico. Al aumentar la temperatura ambiente el flujo sanguíneo de la piel aumenta para facilitar la pérdida de calor por conducción, convección o radiación (si es posible) e inmediatamente se activan glándulas sudoríparas, de forma bien distinta de unos sujetos a otros, para perder calor por evaporación. Aproximadamente

cada litro de sudor evaporado transfiere unas 600 Kcal, pero ello depende en gran medida de la temperatura y, sobre todo, de la humedad del ambiente, al condicionar una mayor presión de vapor de agua y una menor pérdida calórica al realizar la actividad. Inmediatamente los mecanismos regulatorios ya comentados dan lugar, dependiendo de la tasa de sudoración individual y de la capacidad de los riñones para conservar agua y electrolitos, determinarán la velocidad de deshidratación (Lockett, 2012).

Disfunciones y enfermedades:

Las diversas situaciones de mayor exposición a patógenos que ocurren durante las competiciones, con cambios de alimentación, hacen que se presenten habitualmente situaciones de vómitos y diarrea que dan lugar a cuadros de deshidratación más o menos marcados. Si ello no es corregido de forma precoz, tendremos a ese deportista en una situación de deshidratación con mayor o menor pérdida de electrolitos (Burke & Hawley, 1997).

Factores culturales y organizativos:

Diversos aspectos de organización en los deportes y otros aspectos ligados a condicionantes culturales (religiosos) e incluso concepciones erróneas sobre necesidades de hidratación promueven situaciones de reducción de ingesta de fluidos con la consiguiente hipohidratación y con consecuencias sobre el rendimiento y la competición (Kurylas et al., 2019; Leiper & Molla, 2003; Pereira & Casarini, 2019).

2.3.1.- Deshidratación y rendimiento en resistencia aeróbica

A finales del siglo XX y principios del siglo XXI, numerosos trabajos científicos han analizado ampliamente los efectos de la pérdida de peso corporal inducida sobre el rendimiento de resistencia y las funciones fisiológicas (Casa et al., 2015; Chevront et

al., 2003; Jones, 2004; Sawka & Pandolf, 1990) y menor número de estudios recientemente (Al-Qurashi et al., 2022; Casa et al., 2015). El mensaje general y común que transmiten, es que la pérdida de peso corporal inducida por el ejercicio perjudica significativamente el rendimiento de resistencia.

El rendimiento se reduce al producirse una pérdida de agua y, si el deportista ya está algo deshidratado al comenzar el ejercicio, la reducción en el rendimiento se magnifica. Niveles de deshidratación equivalentes al 1% del peso corporal son suficientes para afectar a las respuestas termorreguladoras al ejercicio; pérdidas entre el 2-3% son suficientes para afectar negativamente al rendimiento deportivo. Una pérdida de alrededor del 2% en un sujeto de 70 Kg representa una pérdida por sudor de aproximadamente 1,4 litros (Sawka & Pandolf, 1990).

Un estudio de (Maughan & Leiper, 1995) examinó el efecto de bebidas con diferente contenido en sodio sobre el proceso de rehidratación en sujetos que habían perdido un 1,9% del peso corporal tras ejercicio. Comprobaron que el volumen de orina producido estaba influenciado por la cantidad de sodio consumido, siendo mucho mayor el volumen de orina con las bebidas de escaso contenido en ese electrolito. En otro estudio se postuló que la inclusión de ion potasio en la bebida consumida podía ayudar a la rehidratación mejorando la retención de agua en el espacio intracelular (Nadel et al., 1990).

La ingesta de carbohidratos durante el ejercicio mejora el rendimiento, pero hay diferencias en función de las distintas estrategias de aporte de los mismos. Las tasas de oxidación son diferentes para los diferentes carbohidratos y, por tanto, no todos son igual de efectivos (Jeukendrup & Jentjens, 2000). Sin embargo, una ingesta excesiva de carbohidratos puede empeorar el estado de hidratación por promover un flujo neto de

agua hacia la luz intestinal causando de manera temporal una pérdida de agua corporal en el intestino delgado (Maughan, 1991).

Para conseguir una adecuada rehidratación, la cantidad de bebida que el sujeto ha de ingerir tras el ejercicio tiene que ser mayor que la cantidad perdida. Si el volumen de bebida ingerido es equivalente a la pérdida por sudor, el sujeto se encuentra hipohidratado. Durante la fase de recuperación persiste la sudoración y además hay pérdida obligadas de orina, por lo que los sujetos deben reponer una mayor cantidad de líquido que el déficit producido durante el ejercicio debiendo consumirse volúmenes de, al menos, el 150% del déficit para compensar las pérdidas y garantizar que se restituya el balance hídrico dentro de las 6 horas siguientes de recuperación. Un volumen ingerido que represente un 150-200% de la cantidad perdida por sudor permite una rehidratación correcta, aunque la cantidad de sodio en la bebida es un factor importante (Shirreffs et al., 1996).

En el mantenimiento y regulación del balance hídrico, en condiciones normales, intervienen el mecanismo de la sed y algunas hormonas como ADH y aldosterona. Una osmolalidad incrementada hace que salga agua de los osmorreceptores hacia la sangre, deshidratándolos, lo que estimula el mecanismo de la sed y la liberación de ADH, que retiene agua en el túbulo renal y disminuye las pérdidas por orina. Por otra parte, la deshidratación extracelular (hipovolemia) estimula a barorreceptores específicos en el riñón que estimulan el sistema renina-angiotensina-aldosterona, reduciendo la pérdida de sodio y agua por el riñón (Thornton, 2010). Pero la sed, en determinadas condiciones de estrés y ejercicio en ambientes cálidos, fríos o en altitud, puede no ser un estímulo suficiente para mantener la hidratación, por lo que podría retardarse hasta 24 horas la total reposición de los niveles hídricos del organismo (Greenleaf, 1992).

La rehidratación ideal debería tener una concentración similar a la del sudor, pero dada la enorme variabilidad individual en la composición del sudor, no es posible una única formulación. Además, el volumen y composición del sudor varían en función de la diferente composición del líquido utilizado para la rehidratación (Morgan et al., 2004).

Por otra parte, durante el ejercicio de alta intensidad, el elevado metabolismo muscular produce un incremento en la concentración de iones H^+ en músculos y sangre. Esto lleva a una acidosis del medio interno que los mecanismos de homeostasis corporales tienen que neutralizar. Existen algunos estudios que sugieren que la ingesta de bicarbonato sódico en los días previos al ejercicio y durante la fase de recuperación y rehidratación disminuye el tiempo de fatiga en el ejercicio aeróbico (Kenefick et al., 2002), aunque en otras disciplinas deportivas no parece aumentar el rendimiento (Kupcis et al., 2012).

La palatabilidad es otro factor que influye en la adecuada rehidratación. Maughan & Leiper, 1993 estudiaron a 8 sujetos que realizaron un ejercicio intenso de 2 horas de duración en un ambiente caluroso y a los que suministraron diferentes bebidas *ad libitum* (glucosa + electrolitos, agua, bebida deportiva comercial y mezcla de limonada y naranjada) cada una en una ocasión diferente y pudieron comprobar que bebían más de la bebida deportiva comercial y de la limonada-naranjada. Por tanto, si es una bebida agradable al paladar, el sujeto consumirá un mayor volumen y su hidratación será más efectiva.

La información y conocimientos acerca de la adecuada hidratación que deberían realizar los deportistas no siempre es la adecuada. En un estudio realizado con los participantes en la carrera de maratón de Londres, un 95,8% tenía clara una estrategia de hidratación, pero un 12% de ellos tenía pensado ingerir un volumen excesivo de líquido que los podría poner en riesgo de sufrir una hiponatremia asociada al ejercicio (Williams

et al., 2012). Un estudio realizado en partidos de baloncesto de la NBA puso de manifiesto que el 50% de los jugadores comenzaban los partidos en un estado de hipohidratación y que la ingesta de líquidos no llegaba a compensar ese estado previo ni las pérdidas que tenían lugar a lo largo del partido, por lo que las estrategias de hidratación deberían ser mejoradas (Osterberg et al., 2009).

2.3.2.- Deshidratación en ambientes cálidos

La “National Athletic Trainers Association” establece entre los mecanismos de prevención para el tratamiento de problemas de salud provocados por el esfuerzo en situaciones de calor que las personas deben mantener la euhidratación y reponer adecuadamente reponer los líquidos perdidos a través del sudor durante y después de los partidos y entrenamientos (Casa et al., 2015). Durante el ejercicio, los atletas deben consumir líquidos a un ritmo suficiente para reponer el agua perdida a través del sudor o consumir la máxima cantidad que puedan tolerar (Convertino et al., 1996). Desde su actualización de 2007, el “*American College of Sports Medicine*” propuso que “la deshidratación mayor del 2% del peso corporal degrada el rendimiento aeróbico en ambientes templados, cálidos y calurosos y que mayores niveles de deshidratación degradarán aún más. Por lo tanto, es un concepto bien aceptado, que la deshidratación es un factor de riesgo para la salud (American-College-of-Sport-Medicine, 2007; Haroutounian et al., 2021; Kenefick & Sawka, 2007; Maughan & Shirreffs, 2010).

El ejercicio físico intenso cuando es realizado en un ambiente cálido y húmedo representa un desafío para los mecanismos homeostáticos del organismo (Maughan & Meyer, 2013). En el ejercicio de resistencia, la elevada producción de calor junto con una disminuida capacidad para la disipación del mismo, pueden provocar una disminución en el rendimiento y esta situación puede progresar hacia el golpe de calor y, en casos extremos, hacia la muerte (Sawka & Coyle, 1999; Takayama et al., 2020). Por este

motivo, el American College of Sports Medicine recomienda, ya desde hace tiempo, que los deportistas debieran reemplazar las pérdidas de fluidos durante el ejercicio para mejorar el rendimiento y prevenir la hipohidratación y la aparición de enfermedad por calor (American-College-of-Sport-Medicine, 2007; Convertino et al., 1996; Noakes, 2007).

La temperatura ambiente es un factor condicionante en el rendimiento deportivo. Un estudio demostró que un ejercicio que podía mantenerse a 11°C durante 92 minutos se reducía a 83 minutos si la temperatura se incrementaba a 21°C y solamente a 51 minutos si la temperatura subía hasta los 30°C (Galloway et al., 1997).

La adecuada rehidratación tras un ejercicio físico intenso en ambientes climáticos adversos es difícil de conseguir en muchas ocasiones. ¿Qué debe beber el deportista y en qué cantidad? Algunos estudios han confirmado que beber agua solamente no es la mejor pauta para reemplazar el agua perdida por el sudor, sino que es necesario reponer electrolitos (Gonzalezalonso et al., 1992).

2.3.3.- Rehidratación y distintos tipos de agua

La abundante oferta en el mercado de bebidas que utilizan los deportistas – y los ciclistas en particular- para su rehidratación en sesiones de entrenamiento y competición, así como la aparición de nuevas bebidas y marcas comerciales, justifican abordar nuevos estudios que analicen las ventajas de dichas bebidas en los procesos de rehidratación. Sin embargo, existen escasos datos publicados en relación con la ingesta, en el ámbito deportivo, de bebidas de mineralización fuerte, lo que justifica el desarrollo de este estudio.

De acuerdo con la normativa vigente, las aguas que actualmente se envasan para consumo humano son las aguas minerales naturales, las de manantial, las aguas preparadas y las aguas de consumo público envasadas, Cada una de ellas está regulada

por su legislación específica, siendo las aguas minerales naturales las que se consumen habitualmente.

Las aguas minerales naturales se definen como “aquellas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Estas aguas se distinguen del agua potable ordinaria por su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos y por su pureza original”.

La normativa que regula las aguas de bebida son el Real Decreto 1798/2010 el que regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. (Real Decreto 1798/2010; Real Decreto 1799/2010). Ambas son transposición de la Directiva 2009/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, legislación común de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales (Directiva 2009/54/CE) y, finalmente el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro (Real Decreto 3/2023). El contenido en minerales de estas aguas presenta una gran variabilidad poseyendo muchas de ellas cantidades importantes de sodio, potasio, calcio, bicarbonato... Algunas de ellas contienen cantidades elevadas de bicarbonato como anión asociado al catión sodio. Además, las aguas minerales naturales contienen cantidades variables de otros elementos como calcio, magnesio, potasio, factores todos ellos relacionados con la hidratación.

La normativa autoriza la utilización de las menciones que figuran a continuación, siempre que respeten los correspondientes criterios fijados y a condición de su establecimiento sobre la base de análisis fisicoquímicos y, si fuera necesario, de exámenes farmacológicos, fisiológicos y clínicos (Tabla 1).

Tabla 1.- Clasificación de las aguas minerales envasadas en función del grado de mineralización

Menciones	Criterios para efectuar las menciones en base a contenido
De mineralización muy débil.	Hasta 50 mg/l de RS.
Oligometálicas o de mineralización débil.	Hasta 500 mg/l de RS.
De mineralización media.	Desde 500 mg/l hasta 1.500 mg/l de RS.
De mineralización fuerte.	Más de 1.500 mg/l de RS.
Bicarbonatada.	Más de 600 mg/l de bicarbonato.
Sulfatada.	Más de 200 mg/l de sulfatos.
Clorurada.	Más de 200 mg/l de cloruro.
Cálcica.	Más de 150 mg/l de calcio.
Magnésica.	Más de 50 mg/l de magnesio.
Fluorada, o que contiene flúor.	Más de 1 mg/l de flúor.
Ferruginosa, o que contiene hierro.	Más de 1 mg/l de hierro bivalente.
Acidulada.	Más de 250 mg/l de CO ₂ libre.
Sódica.	Más de 200 mg/l de sodio.
Indicada para la preparación de alimentos infantiles	
Indicada para dietas pobres en sodio.	Hasta 20 mg/l de sodio.
Puede tener efectos laxantes.	
Puede ser diurética.	

RS: Residuo seco

Nota. Extraído de: Real Decreto 1798/2010 (Anexo 3)

Existen estudios que sugieren que la hidratación con aguas minerales bicarbonatadas sódicas de elevada mineralización reduce la diuresis y aumentan la hidratación del organismo tras el ejercicio anaeróbico disminuyendo el tiempo de fatiga (Al-Qurashi et al., 2022; Heil et al., 2009).

En España, a diferencia el resto de Europa, existen pocas aguas minerales comercializadas con estas características. Una de ellas es el agua mineral Magma® de Cabreiroá (España) que es un agua bicarbonatada alcalina, caracterizada por un relativamente alto contenido de bicarbonato, sodio, anhídrido carbónico, silicio, además de iones calcio, magnesio, litio y fluoruro. Es un agua de amplio consumo alimentario por parte de la población.

Sin embargo, no existen suficientes estudios con metodología científica que evalúen la magnitud de los efectos sobre la hidratación de los deportistas. La hipótesis planteada es que si la ingestión de aguas bicarbonatadas sódicas de fuerte mineralización demuestra ser más efectiva en la hidratación de los deportistas que un agua de débil mineralización se podrá incorporar en las recomendaciones dietéticas de hidratación de los deportistas.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Este estudio nace como consecuencia del contrato de colaboración entre Hijos de Rivera Inversiones Corporativas S.L. y la Universidade da Coruña para la realización de proyecto “MAGMA” en el que se trata de analizar la influencia de la mineralización del agua de bebida Magma-Cabreiroá en la capacidad de trabajo físico y velocidad de rehidratación tras ejercicio físico en situaciones de estrés ambiental.

3.2.- ASPECTOS ÉTICO-LEGALES

Esta investigación se ha realizado respetando los principios ético-legales vigentes. La Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. SE MODIFICA el art. 83.1, por Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre. SE MODIFICA los arts. 2, 44.3 y la disposición adicional 15, por Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo. SE DICTA DE CONFORMIDAD con el art. 45.2 y disposición final 15, y aprueba el Estatuto de la Agencia Española de protección de Datos: Real Decreto 389/2021, de 1 de junio Por esto garantizamos la confidencialidad en el tratamiento de los datos derivados de la investigación, en especial, los relativos a las identidades personales y características de los participantes. La información será custodiada por el Grupo de Investigación INCIDE, perteneciente a la Universidade da Coruña. Respetando la Ley 14/2007, Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2001) y Convenio de Oviedo (1997), así como el protocolo de regulación de acceso a la historia clínica y consentimiento informado (Ley 41/2002, Decreto 29/2009, Decreto 164/). Finalmente, debido a la existencia de tratamiento, se respetará la Orden SAS/3470/2009.

Para la realización del estudio se ha solicitado y obtenido la autorización del Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia (CEIC) (código 2013/009) y se ha respetado la confidencialidad de la información según la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal 15/1999 de 13 de diciembre.

La base de datos que se ha utilizado es una base de datos anonimizada. Todos fueron informados mediante la hoja de información y firmaron el consentimiento informado.

Las muestras de sangre y orina fueron enviadas el mismo día de su recogida al laboratorio que procedió a realizar las determinaciones y la posterior destrucción de las citadas muestras siguiendo la metodología habitual de eliminación de residuos del laboratorio. El equipo investigador no almacenó muestra biológica ninguna una vez sea remitida al laboratorio para su análisis.

3.3.- OBJETIVOS

3.3.1.- Objetivos Generales (OG)

El objetivo del estudio es analizar cómo se produce la rehidratación tras un ejercicio físico de alta intensidad y en una situación de estrés ambiental, en función de la distinta mineralización del agua de bebida utilizada, así como determinar si dichas bebidas pueden servir de ayuda para lograr una mejor recuperación del nivel hídrico y una más pronta capacidad de trabajo físico.

Dada la enorme importancia que supone una correcta rehidratación para conseguir una adecuada recuperación y una optimización de las cargas de trabajo que los deportistas son capaces de tolerar, y teniendo en cuenta que la distinta mineralización y osmolaridad de las bebidas determina un mejor o peor tiempo de rehidratación, consideramos oportuno

la realización de un estudio en el que, tras la realización de un ejercicio de alta intensidad y situación de estrés ambiental, sean valorados los cambios que se producen en el proceso de recuperación y rehidratación con dos tipos distintos de aguas minerales.

Los tipos de agua utilizada en el estudio fueron: un agua de mineralización débil (AMD) y otra de mineralización fuerte (AMF), en este caso MAGMA® de Cabreiroá.

Con ello, se busca determinar si la presencia de mayor o menor cantidad de solutos en el agua de bebida representa una ventaja a la hora de realizar ejercicio de alta intensidad, y puede suponer, por sí misma, una ayuda ergogénica nutricional.

3.3.2.- Objetivos específicos (OE)

OE1.- Determinar las características antropométricas de cada uno de los sujetos participantes en el estudio y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación.

OE2.- Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación.

OE3.- Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA® de Cabreiroá)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso.

OE4.- Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua.

OE5.- Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua.

OE6.- Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización.

OE7.- Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación.

3.4.- PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.4.1.- Tipo de ensayo y diseño del mismo

Estudio de intervención de secuencia cruzada (crossover design).

3.4.2.- Selección de sujetos

Fueron incluidos en el estudio deportistas (ciclistas) aficionados de alto nivel pertenecientes al Club Ciclista Padronés.

Criterios de inclusión

Se seleccionaron los deportistas varones del club ciclista de edades comprendidas entre 18 y 35 años que desearon ser incluidos en el estudio y que cumplieron los siguientes criterios:

- 1.- Aceptación expresa de inclusión.
- 2.- Más de tres años de práctica deportiva continuada.

3.- Que hubieran realizado la pretemporada con un volumen de trabajo adecuado y que se encontrasen en fase de trabajo al final del período preparatorio e inicio del período competitivo.

4.- Que se sometiesen a una prueba de esfuerzo máximo, con determinación ergoespiométrica de los parámetros cardiológicos, respiratorios y metabólicos que correspondiesen a su nivel máximo y los umbrales anaeróbicos, al objeto de homogeneizar la carga de ejercicio que se aplicaría durante la prueba.

5.- Que se encontrasen en condiciones de tolerar el ejercicio planteado.

Criterios de exclusión

1.- No cumplir los requisitos para someterse a una prueba de esfuerzo.

2.- No alcanzar el nivel de prestaciones que garantizase el ser capaz de tolerar la carga de esfuerzo que iba a ser impuesto durante el estudio.

3.- Problemas psiquiátricos, neurológicos o psicológicos que impidiesen la comprensión adecuada y el seguimiento del estudio.

4.- Existencia de patologías encontradas durante la exploración, estudios analíticos o durante la prueba de esfuerzo que supusiesen o pudiesen suponer un riesgo para la salud al someterse a las pruebas de deshidratación y rehidratación o bien pudiesen condicionar los resultados.

3.4.3.- Emplazamiento para la realización del estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Valoración Funcional de la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física de la Universidad de A Coruña, situado en el campus de Bastiagueiro (Oleiros).

3.4.4.- Desarrollo del estudio

En el estudio participaron 8 ciclistas varones, pertenecientes al Club Ciclista Padronés, de edades comprendidas entre 18 y 35 años, todos ellos con más de 3 años de práctica deportiva continuada. Fueron seleccionados para su participación en el estudio en la pretemporada, al final del período preparatorio.

A los sujetos del grupo se les proporcionó información acerca del desarrollo y características del experimento y se les informó de los posibles riesgos. Después se solicitó su consentimiento por escrito y, tras la obtención de éste, se llevó a cabo un estudio consistente en una anamnesis, una exploración por aparatos y sistemas, una evaluación antropométrica y una evaluación cardiológica en reposo.

Una vez descartada la presencia de cualquier patología que aconsejase su no inclusión en el estudio, a cada uno de los participantes se le realizó una evaluación ergoespirométrica (Imagen 2) y cardiológica durante una prueba de esfuerzo maximal que consistió en un test incremental progresivo en rampa (incremento de 1W cada 2 segundos) realizada en cicloergómetro (Cardgirus SNT pro) y con análisis de gases espirados (Medical Graphics CPX-Plus, Medical Graphics Corporation, St. Paul, Minnesota, EE.UU.) software Breeze 6.4 y análisis cardiológico (WelchAllynCardioperfect).



Imagen 2.- Evaluación ergoespirométrica
Nota. Fuente: Elaboración propia

Una vez realizados los test maximales, se determinaron los valores de potencia mecánica absoluta y relativa, la frecuencia cardíaca y el valor de consumo máximo de oxígeno y el umbral anaeróbico ventilatorio (UAV) de cada uno de los participantes, así como los porcentajes de dichos valores que correspondían al UAV. Se determinaron asimismo los valores de potencia mecánica que correspondían al 95%, 80%, 65% y 50% del valor de la potencia en umbral para cada uno de los sujetos, potencias a las que pedalearon durante la fase de esfuerzo de cada una de las pruebas de deshidratación y rehidratación.

Previamente a la realización del estudio, a todos los participantes se les dieron recomendaciones nutricionales solicitándoles que los dos días previos a la prueba realizaran su dieta habitual, incrementando el último día ligeramente la ingesta de hidratos de carbono, como habitualmente realizan cuando tienen una carrera y se les recomendó que no ingiriesen una cantidad de sal elevada. Dichas recomendaciones

nutricionales deberían ser repetidas, en la medida de lo posible, en los dos días previos al segundo estudio, tratando de homogeneizar el aporte glucídico y la ingesta de sal.

Los sujetos fueron sometidos a dos pruebas de deshidratación-rehidratación que se llevaron a cabo en dos fechas diferentes, con un intervalo de 15 días entre ellas, y en cada una se utilizó para rehidratar un tipo de bebida (AMF o AMD). La primera prueba, con un tipo de agua, se realizó una semana después de la realización del test maximal y 15 días después de la primera, se realizó la segunda prueba con el otro tipo de bebida.

En la Tabla 2 se recogen las características químicas de las dos bebidas utilizadas en el estudio.

Tabla 2.- Características químicas de las dos bebidas utilizadas

<i>Parámetro</i>	Agua mineral natural Magma de Cabreiroa (AMF) mg/l	Agua de mineralización débil (AMD) mg/l
Residuo Seco (RS)	1.518	20
CO₃H⁻	1.616,5	11
Cl⁻	26,0	4,25
F⁻	4,8	<0,06
Ca	21,7	2,04
Mg	12,6	0,51
Na	545,7	6,1
Li	2,9	<0,1
K	50,5	1,1
SiO₂	60,4	11,0
CO₂	1.200	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los días en los que se llevaron a cabo dichas pruebas, los sujetos realizaron un desayuno en su domicilio, desplazándose a la Facultad de Ciencias de Deporte y de la Educación Física de la UDC y, una vez en el laboratorio de valoración funcional, cada ciclista preparó su cicloergómetro, adecuándolo a sus características antropométricas y colocando sus propios pedales.

Una vez preparado el cicloergómetro y, antes del inicio de la fase de esfuerzo (Imagen 3), se procedió al vaciamiento de la vejiga y se recogió una muestra de orina. Se

realizó una determinación del peso y de la temperatura timpánica, se canalizó una vena del antebrazo y se tomó una muestra de sangre para determinar los valores hematológicos, bioquímicos y hormonales que se monitorizaron también durante el esfuerzo y la fase de rehidratación.

Cuando los sujetos se encontraban preparados, realizaban una adecuación al cicloergómetro con un período de calentamiento de 3 minutos, con una carga de 50 W y, después de un breve reposo, se inició el estudio incrementando la carga un 20% cada minuto hasta alcanzar el 95% de la potencia determinada para el UAV individual, reduciendo la misma al 80% durante los primeros 30 minutos, al 65% los siguientes 30 minutos y al 50% los últimos 30 minutos, siendo necesario completar los 90 minutos de duración de la prueba a dichas intensidades para dar por válida la fase de esfuerzo.

Durante el ejercicio, los sujetos dispusieron en el frontal de su ciclo una mesa auxiliar donde se colocó un ventilador (Meteor EC®, Soler & Palau, Barcelona) que generaba una corriente de aire hacia su cuerpo de 1.5 m/s, medida con anemómetro (TROTEC BA15®, Trotec GmbH & Co. KG, Heinsberg). Una vez iniciado el período de esfuerzo se registró, cada 30 minutos, la evolución de la frecuencia cardíaca y la temperatura (T^a) timpánica. La temperatura y humedad de la sala se mantuvieron en valores muy similares (T^a de 29°C y humedad de 75%) todos los días que se llevaron a cabo los estudios, controlándose estos parámetros mediante un termohigrómetro (Termohigrómetro LUFFT C200®, Fellbach, Germany), un humidificador (humidificador ultrasónico JANÉ 50112®, Barcelona), pulverización manual de agua y el sistema de calefacción en funcionamiento durante la fase de esfuerzo.



Imagen 3.- Test en cicloergómetro
Nota. Fuente: Elaboración propia

Tras la finalización del período de esfuerzo, los sujetos se secaban, cambiando su culotte por un slip y, una vez pesados y comprobada la pérdida de peso, se procedió a calcular la cantidad de agua a ingerir, multiplicando la pérdida de peso por 1,5 veces, es decir, un 150% de la masa perdida durante el esfuerzo.

La fase de reposición hídrica (Imagen 4) se llevó a cabo, cada uno de los días, con una bebida de diferente mineralización (AMD o AMF). La velocidad de rehidratación se fijó en porcentajes similares para todos los individuos de tal forma que $\frac{1}{3}$ del volumen total de agua que debían beber, lo tenían que ingerir en los primeros 30 minutos tras ejercicio, continuando cada 30 minutos con un $\frac{1}{6}$ del volumen total a beber hasta completar en 150 min la reposición calculada.



Imagen 4.- Fase de reposición hídrica
Nota. Fuente: Elaboración propia

El día previo a cada estudio se preparaban, numeradas para cada sujeto, cinco botellas con 1,550 litros de la correspondiente agua, con el objeto de facilitar la correcta y exacta distribución de la cantidad de bebida. La bebida de mineralización fuerte, al tener gas, se dejaba abierta para que perdiese éste y facilitar de este modo su ingesta. Las bebidas se mantuvieron refrigeradas en un enfriador de bebidas (Infrico ERV 53, Infrico S.L. Lucena, Córdoba, España) a una temperatura de 10°C.

Para determinar la cantidad exacta de la ingesta hídrica de cada sujeto se utilizó una probeta (SIMAX- KAVALIER de 500ml, Kavalierglass, a.s. Praga, República Checa) graduada cada 5 ml. En cada una de las ingestas se verificaba con la probeta la cantidad a añadir o retirar de la botella ya preparada entregándose a cada sujeto la cantidad exacta de líquido a ingerir en ese período de tiempo. Durante las 6 horas de la fase de rehidratación, los sujetos permanecían en la sala en reposo leyendo o visionando películas, y solamente podían beber de las botellas que se le proporcionaban con la cantidad exacta de bebida. La temperatura de la bebida se mantuvo siempre a 10°C.

Con el objeto de recabar información acerca de la apetencia y sensación de saciedad de cada tipo de bebida se les entregó a los sujetos un cuestionario de palatabilidad, que tenían que cubrir a los 30 minutos y a los 150 minutos del período de rehidratación.

Durante cada hora del proceso de rehidratación, los sujetos realizaban la misma rutina en el laboratorio:

- 1.- Acudir al servicio contiguo a la sala, recoger una muestra de orina y orinar en un recipiente de control de diuresis.
- 2.- Se desvestía y se determinaba su peso.
- 3.- Toma de temperatura timpánica.
- 4.- Realización de extracción sanguínea.



Imagen 5.- Fase de recuperación hídrica
Nota. Fuente: Elaboración propia

Tras esta fase de reposición hídrica pautada y forzada (Imagen 5), los sujetos se duchaban y eran acompañados a un restaurante donde ingirieron todos los días la misma comida estandarizada, con ingesta de agua ad libitum, pero de la misma bebida utilizada

durante la fase de reposición hídrica en el laboratorio. Para ello, a cada uno de los participantes se le hacía entrega previamente de 2 botellas de agua completamente llenas (1550 ml cada una). También se les entregaban a los sujetos dos contenedores de diuresis y un frasco para tomar una última muestra de orina.

Esta última muestra de orina era recogida a las 12 horas tras el inicio del estudio, en su domicilio, y recogían en los contenedores que se les entregaron la diuresis acumulada en estas 6 horas en domicilio. Los sujetos anotaban la diuresis acumulada y la cantidad de agua ingerida de las 2 botellas entregadas. La muestra de orina recogida era enviada por mensajería al día siguiente al laboratorio para su análisis.

Todo este procedimiento se repitió 15 días después, con el mismo grupo de sujetos, realizando el segundo estudio de deshidratación-rehidratación con el otro tipo de bebida, diferente a la que habían ingerido en el primer estudio.

3.5.- VARIABLES DE ESTUDIO

3.5.1.- Variables estudiadas en el OE1

“Determinar las características antropométricas de cada uno de los sujetos participantes en el estudio y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación”

Las variables antropométricas medidas y calculadas han sido las siguientes (tabla 3):

- Peso, Talla, IMC

- Composición corporal: Masa grasa, porcentaje de masa grasa, masa muscular, porcentaje de masa muscular, masa ósea, porcentaje de masa ósea, masa residual, porcentaje de masa residual, sumatorio de seis pliegues
- Somatotipo (endomorfia, mesomorfia, ectomorfia).

Las variables obtenidas en la prueba de esfuerzo máximo están en la tabla 3:

Tabla 3.- Variables de estudio del OEI (antropométricas y pruebas de esfuerzo)

Variables antropométricas	
Peso	Medido en Kg
Talla	Medida en cm.
IMC	Se calcula dividiendo los kilogramos de peso por el cuadrado de la estatura en metros (IMC = peso (kg)/ [estatura (m)] ²)
Masa grasa	Medido en Kg
% Masa grasa	Medido en porcentaje (%)
Masa muscular	Medido en Kg
% Masa muscular	Medido en porcentaje (%)
Masa ósea	Medido en Kg
% Masa ósea	Medido en porcentaje (%)
Masa residual	Medido en Kg
% Masa residual	Medido en porcentaje (%)
Sumatorio de seis pliegues	Medido en mm
Somatotipo	Se calculará la Endomorfia, la Mesomorfia y la Ectomorfia mediante el método de Heat y Carter
Variables relativas a la prueba de esfuerzo	
Wmax	Potencia mecánica máxima, en watos.
W-AT	Potencia mecánica en umbral anaeróbico, en watos
W-AE	Potencia mecánica en umbral aeróbico, en watos
W95, W80, W65, W50	Porcentajes del 95%, 80%, 65% y 50% de W-AT, en watos
FC basal	Frecuencia cardíaca en reposo basal
FCmax	Frecuencia cardíaca máxima
FC-AT	Frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico
FC-AE	Frecuencia cardíaca en el umbral aeróbico
FC80, FC65, FC50	Frecuencias cardíacas medias al 80, 65 y 50% durante el test
VO₂Max	Potencia aeróbica máxima (en ml x Kg-1 x min ⁻¹)
VO₂-AT, VO₂-AE	Consumo de oxígeno en los umbrales anaeróbico (VT2) y aeróbico (VT1), medidos en ml x Kg-1 x min ⁻¹ .

Nota. Fuente: Elaboración propia

La composición corporal fue determinada mediante un modelo de cuatro componentes siguiendo el protocolo de De Rose y Guimaraes. El cálculo del somatotipo se realizó siguiendo el protocolo de Carter y Heath (Carter & Heath, 1990; de Rose & Guimaraes, 1980).

Se han medido los consumos de oxígeno mediante el ergoespirómetro y las frecuencias cardíacas con el Cardioperfect y el cardiotacómetro del Cardgirus.

Todas las variables de estudio son cuantitativas en escala de razón.

3.5.2.- Variables estudiadas en el OE2

“Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación”

Se han medido las siguientes variables: Frecuencia cardíaca (FC), Temperaturas timpánicas (T-basal, T30E, T60E, T90E, T1R, T2R, T3R, T4R, T5R). Se han medido con un cardiotacómetro y un termómetro, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4.- Variables de estudio del OE2

FCM30, FCM60, FCM90	Frecuencias cardíacas medias durante el esfuerzo: primeros 30 minutos, de 30 a 60 minutos y de 60 a 90 minutos
FCMTest	Frecuencia cardíaca media durante el periodo de esfuerzo
FCMaxTest	Frecuencia cardíaca máxima durante el periodo de esfuerzo
T-basal, T30E, T60E, T90E, T1R, T2R, T3R, T4R, T5R	Temperaturas timpánicas Basales y durante los periodos de esfuerzo y recuperación

Nota. Fuente: Elaboración propia

Todas las variables de estudio son cuantitativas en escala de razón.

3.5.3.- Variables estudiadas en el OE3

“Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA®de Cabreiró)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso.”

Las variables de estudio pueden observarse en la tabla 5:

Tabla 5.- Variables de estudio del OE3

Peso Inicial	Peso en Kg al inicio del test de esfuerzo
Peso Final	Peso en Kg al final del test de esfuerzo
Diferencia Peso	Diferencia entre peso inicial y peso final
%Deshidratacion	$(\text{Diferencia de peso} / \text{Peso inicial}) \times 100$
Ingesta H-60, Ingesta H-120, Ingesta H-150	Volúmenes de agua ingeridos durante la rehidratación (a 1 h, a las 2 h y las 2,5 horas) en ml
Ingesta H-5R	Ingesta de agua acumulada a lo largo del periodo de recuperación en ml
RH-ML/K	Rehidratación en ml/Kg
Ingesta H-Domic	Ingesta de agua en domicilio <i>ad libitum</i> en ml
Ingesta total	Ingesta 5H + ingesta domiciliaria en ml
Diuresis 60, Diuresis 120, Diuresis 180, Diuresis 240, Diuresis 300, Diuresis Domic, Diuresis Tot	Diuresis acumulada a 1h, 2h, 3h, 4h y 5h del periodo de rehidratación; diuresis en domicilio y diuresis total en ml.
D-ML/K-Inicial	Diuresis en ml/Kg dividido por el peso inicial
D-ML/K-Final	Diuresis en ml/Kg dividido por el peso final
Dif H-U	Diferencia entre hidratación y diuresis en las 5h de rehidratación forzada en ml
Dif HT-DT	Diferencia entre hidratación y diuresis en 12 horas (5 h de rehidratación forzada +7 h de rehidratación en domicilio) en ml

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las variables de rehidratación que figuran en la tabla anterior son todas ellas variables cuantitativas en escala de razón. Se han medido los pesos en Kg y los volúmenes de agua ingeridos y miccionados en ml.

3.5.4.- Variables estudiadas en el OE4

Tabla 6.- Variables de estudio del OE4

Pro-BNP	Péptido Natriurético Cerebral, medido en nanogramos por litro (ng/L), medido mediante Inmunoanálisis de Electroquimioluminiscencia
Cortisol	Hormona suprarrenal, medida en microgramos por decilitro ($\mu\text{g/dL}$), medido mediante Quimioluminiscencia
ADH	Hormona antidiurética medida en picogramos por mililitro (pg/mL), medido por RIA
Aldosterona	Hormona corticosuprarrenal medida en picogramos por mililitro (pg/mL), medido por Radioinmunoanálisis

Nota. Fuente: Elaboración propia

“Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua.”

Las variables de estudio pueden observarse en la tabla 6: y son los valores séricos de las siguientes hormonas: Pro-BNP, Cortisol, ADH, Aldosterona. Son todas variables cuantitativas en escala de razón.

3.5.5.- Variables estudiadas en el OE5

“Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua” se han utilizado las siguientes variables de estudio (tablas 7 y 8):

- Datos de hematología: Hematíes, Hemoglobina, Hematocrito, Volumen corpuscular medio, Hemoglobina corpuscular media, Concentración de hemoglobina corpuscular media, RDW, Leucocitos, %N-Segmentados, %Linfocitos, %Monocitos, %Eosinófilos, %Basófilos, N-Segmentados, Linfocitos, Monocitos, Eosinófilos, Basófilos, Plaquetas, Volumen plaquetario medio, PLCR, Índice de Dill-Costill.
- Datos de bioquímica sanguínea: Creatinina, Sodio, Potasio, Cloro, Osmolalidad, Fósforo, Calcio, Albúmina, Magnesio.

Son todas variables cuantitativas en escala de razón. Se han medido mediante analíticas sanguíneas.

Tabla 7.- Variables hematológicas de estudio del OE5

Hematíes	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Hemoglobina	Medido en gramos por decilitro (g/dL)
Hematocrito	Medido en %
Volumen corpuscular medio	Medido en femto litros (fL)
Hemoglobina corpuscular media	Medido en picogramos (pg)
Concentración de hemoglobina corpuscular media	Medido en gramos por decilitro (g/dL)
RDW	Medido en %
Leucocitos	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
%N-Segmentados	Medido en %
%Linfocitos	Medido en %
%Monocitos	Medido en %
%Eosinófilos	Medido en %
%Basófilos	Medido en %
N-Segmentados	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Linfocitos	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Monocitos	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Eosinófilos	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Basófilos	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Plaquetas	Medido en millones por milímetro cúbico (mmc)
Volumen Plaquetario Medio	Medido en femto litros (fL)
PLCR	Medido en %
Indice de Dill-Costill	Medido en gramos cada 100 mililitros (g.100ml ⁻¹)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.- Variables de bioquímica sanguínea de estudio del OE5

Creatinina	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método reacción cinética de Jaffe (Larsen)
Sodio	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante electrodo selectivo
Potasio	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante electrodo selectivo
Cloro	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante el método del electrodo selectivo
Osmolalidad	Medido en miliosmoles (mosmol), mediante tensión de vapor
Fósforo	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método fosfomolibdato
Calcio	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método punto final bicromático (OCPC)
Albúmina	Medido en gramos por decilitro (g/dL), mediante el método punto final tricromático (BCP)
Magnesio	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica

Nota. Fuente: Elaboración propia

Son todas variables cuantitativas en escala de razón. Se han medido mediante analíticas sanguíneas.

Pará calcular el índice de Dill-Costill, se ha utilizado la fórmula original para el cálculo del porcentaje de cambio en volumen de sangre, plasma y células rojas en estado de deshidratación (Dill & Costill, 1974; Matomaki et al., 2018).

3.5.6.- Variables estudiadas en el OE6

“Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización”

Las variables de estudio se pueden observar en la tabla 9, relativas a la bioquímica de orina:

Bioquímica de orina: Sodio, Potasio, Cloro, Calcio, Fósforo, Osmolalidad, Bicarbonato, Microalbúmina, pH.

Tabla 9.- Variables de estudio del OE6

Sodio	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante el método de Electrodo selectivo
Potasio	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante el método de Electrodo selectivo
Cloro	Medido en milimoles por litro (mmol/L), mediante el método del Tiocianato mercuríco
Calcio	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método de Punto final bicromático (OCPC)
Fósforo	Medido en miligramos por decilitro (mg/dL), mediante el método Fosfomolibdato
Osmolalidad	Medido en miliosmoles (mosmol)
Bicarbonato	Medido en milimoles por litro (mmol/L)
Microalbúmina	Medido en microgramos por mililitro (mcg/mL), mediante el método Nefelometría
pH	Adimensional

Nota. Fuente: Elaboración propia

Son todas variables cuantitativas en escala de razón. Se han medido mediante análisis de orina.

3.5.7.- Variables estudiadas en el OE7

“Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación”

Se ha utilizado un cuestionario con las siguientes variables: Plenitud Gástrica 30, Plenitud Gástrica 150, Hinchazón 30, Hinchazón 150, Salinidad 30, Salinidad 150, Agradabilidad 30, Agradabilidad 150 (ver tabla 10). Son todas variables semicuantitativas medidas en una escala de 0 a 10.

Tabla 10.- Variables de estudio del OE7

Plenitud Gástrica 30	Sensación de plenitud gástrica medida 30 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Plenitud Gástrica 150	Sensación de plenitud gástrica medida 150 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Hinchazón 30	Sensación de hinchazón medida 30 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Hinchazón 150	Sensación de hinchazón medida 150 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Salinidad 30	Sensación de salinidad del agua medida 30 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Salinidad 150	Sensación de salinidad del agua medida 150 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Agradabilidad 30	Sensación de agradabilidad medida 30 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10
Agradabilidad 150	Sensación de agradabilidad medida 150 minutos después de finalizado el ejercicio utilizando una escala de 0 a 10

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el valorar del OE1: *“Determinar las características antropométricas y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos*

participantes en el estudio con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación” se ha realizado un análisis descriptivo básico de las variables cuantitativas en escala de razón (Edad (años), Talla (cm), Años de entrenamiento (años), Peso basal (Kg), IMC (Kg/m²), Masa grasa (Kg), Porcentaje de masa grasa (%), Masa muscular (Kg), Porcentaje de masa muscular (%), Masa ósea (Kg), Porcentaje de masa ósea (%), Masa residual (Kg), Porcentaje de masa residual (%), Sumatorio de seis pliegues (mm), Endomorfia, Mesomorfia, Ectomorfia, FC Basal (lpm), Wmax (vatios), W-AT (vatios), W-AE (vatios), W95 (vatios), W80 (vatios), W65 (vatios), W50 (vatios), FCMax (lpm), FC80 (lpm), FC65 (lpm), FC50 (lpm), FC-AT (lpm), FC-AE (lpm), VO2Max (mL.Kg-1.min-1), VO2-AT (mL.Kg-1.min-1), VO2-AE (mL.Kg-1.min-1)), utilizando la media aritmética y la desviación típica para la descripción.

Para contrastar el **OE2**: *“Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación.”* se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón relativas a la frecuencia cardíaca (FC basal, FC80, FC65, FC50, FCM30, FCM60, FCM90, FCMTest, FCMaxTest) y las relativas a las temperaturas timpánicas (T-basal, T30E, T60E, T90E, T1R, T2R, T3R, T4R, T5R). Para comparar dichas variables en función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

Para contrastar el **OE3**: “*Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA® de Cabreiró)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso.*” se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón relativas al peso (Peso inicial, Peso final, Diferencia de peso, Porcentaje de deshidratación, E90, R60, R120, R180, R240, R300), a la ingesta hídrica (Ingesta H60, Ingesta H120, Ingesta H150, Ingesta H-5R, RH-ML/K, Ingesta H-Domicilio, Ingesta total) y a la diuresis (Diuresis 60, Diuresis 120, Diuresis 180, Diuresis 240, Diuresis 300, Diuresis Domicilio, Diuresis Total, D-ML/K-Inicial, D-ML/K-Final, Diferencia H-U, Diferencia HT-DT, Diuresis H2, Diuresis H3, Diuresis H4, Diuresis H5). Para comparar dichas variables en función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

Para contrastar el **OE4**: “*Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua.*” se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón (Pro-BNP, Cortisol, ADH, Aldosterona). Para comparar dichas variables en función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado

que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

Para contrastar el **OE5**: *“Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua.”* se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón relativas a variables hematológicas (Hematíes, Hemoglobina, Hematocrito, Volumen corpuscular medio, Hemoglobina corpuscular media, Concentración de hemoglobina corpuscular media, RDW, Leucocitos, %N-Segmentados, %Linfocitos, %Monocitos, %Eosinófilos, %Basófilos, N-Segmentados, Linfocitos, Monocitos, Eosinófilos, Basófilos, Plaquetas, Volumen Plaquetario Medio, PLCR, Índice de Dill-Costill) y bioquímicas (Creatinina, Sodio, Potasio, Cloro, Osmolalidad, Fósforo, Calcio, Albúmina, Magnesio). Para comparar dichas variables en función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

Para contrastar el **OE6**: *“Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización”* se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón relativas a variables relativas a la bioquímica de orina (Sodio, Potasio, Cloro, Calcio, Fósforo, Osmolalidad, Bicarbonato, Microalbúmina, pH). Para comparar dichas variables en

función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

Para contrastar el **OE7**: “*Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación*” se ha realizado un estudio descriptivo de las variables cuantitativas en escala de razón relativas a variables relativas a la apetencia (Plenitud Gástrica 30, Plenitud Gástrica 150, Hinchazón30, Hinchazón150, Salinidad30, Salinidad150, Agradable30, Agradable150). Para comparar dichas variables en función de la variable de agrupación tipo de agua (agua de mineralización fuerte o AMF; agua de mineralización débil o AMD), se ha seguido la vía paramétrica utilizando la prueba t para dos muestras relacionadas, previa garantía de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que la muestra es pequeña). En caso de no garantizarse la normalidad, se ha utilizado la vía no paramétrica para comparar dos muestras relacionadas, realizando la prueba de Wilcoxon. La significación estadística se ha establecido para valores de $p < 0,05$.

3.7.- ACONTECIMIENTOS ADVERSOS Y RETIRADAS

Todo acontecimiento adverso que ocurriera durante el estudio, ya se tratara de accidente, de enfermedad intercurrente o de anomalía de laboratorio fue notificado y documentado en una ficha de recogida de datos. Fueron divididos en categoría leve y grave. El agua mineral bicarbonatada es un alimento de libre comercialización y

adquisición en los centros de alimentación que no requiere ningún tipo de recomendación ni precaución por parte de los deportistas. Únicamente, los participantes con graves patologías cardíacas y renales, con restricción máxima de la ingesta de sodio serían los que tendrían alguna restricción.

El único acontecimiento adverso motivado por el estudio podría ser la Intolerancia

Retiradas: De acuerdo con la Declaración de Helsinki, los participantes, tienen derecho a retirarse del estudio en cualquier momento y por cualquier motivo, pudiendo expresarlo personalmente o a través de su representante. Ninguno de ellos lo hizo.

Por incumplimiento o violación de las normas contenidas en el protocolo: Se procedieron a recoger las violaciones del protocolo en el CDR. No hubo ninguna.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE1: ANTROPOMETRÍA Y PRUEBA DE ESFUERZO

“Determinar las características antropométricas y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos participantes en el estudio con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación”

Los resultados de la muestra estudiada se recogen en la tabla 11. La edad media de los sujetos estudiados fue de $24,00 \pm 6,74$ años. Los datos antropométricos indican que los sujetos poseen un importante porcentaje de masa muscular ($47,00 \pm 1,17$) y un somatotipo de predominio ectomórfico-mesomórfico que corresponde a sujetos con un alto grado de entrenamiento.

Los valores de frecuencia cardíaca máxima fueron de $194,88 \pm 4,73$ latidos/minuto, que se utilizaron para determinar las frecuencias cardíacas a las que pedalearon los sujetos a lo largo del período de esfuerzo (FC80, FC65 y FC50).

Tabla 11.- Valores antropométricos y de la prueba de esfuerzo

Variable	$\bar{X} \pm \sigma$	%	n
Edad (años)	24,00±6,74		8
Talla (cm)	178,2±4,12		8
Años de entrenamiento (años)	5,38±4,72		8
Peso basal (Kg)	67,76±9,38		8
IMC (Kg/m ²)	21,28±2,41		8
Masa grasa (Kg)	7,74±2,43		8
Porcentaje de masa grasa (%)		11,09±1,78	8
Masa muscular (Kg)	31,98±5,05		8
Porcentaje de masa muscular (%)		47,00±1,17	8
Masa ósea (Kg)	11,98±1,08		8
Porcentaje de masa ósea (%)		17,80±1,86	8
Masa residual (Kg)	16,40±2,58		8
Porcentaje de masa residual (%)		24,10±0,00	8
Sumatorio de seis pliegues (mm)	50,65±17,80		8
Endomorfia	2,31±0,77		8
Mesomorfia	3,93±1,03		8
Ectomorfia	3,93±1,03		8

FC Basal (lpm)	46,75±3,98	8
Wmax (vatios)	424,38±38,32	8
W-AT (vatios)	293,75±26,83	8
W-AE (vatios)	190,63±21,12	8
W95 (vatios)	279,38±29,21	8
W80 (vatios)	235,5±21,86	8
W65 (vatios)	191,25±18,66	8
W50 (vatios)	148,13±15,80	8
FCMax (lpm)	194,88±4,73	8
FC80 (lpm)	168±9,9	8
FC65 (lpm)	158,75±9,27	8
FC50 (lpm)	144,63±9,05	8
FC-AT (lpm)	174,63±9,46	8
FC-AE (lpm)	133,63±8,49	8
VO ₂ Max (mL.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	65,65±11,14	8
VO ₂ -AT (mL.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	51,85±7,26	8
VO ₂ -AE (mL.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	32,18±4,43	8

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE2: HEMODINÁMICA DEL ESFUERZO Y LA RECUPERACIÓN

“Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación.”

La FC de reposo fue medida el día que se realizó la ergoespirometría, obteniendo unos resultados de $46,75 \pm 3,98$ latidos/minuto. La respuesta cardiovascular durante la etapa de esfuerzo se ha medido con la frecuencia cardíaca media durante los primeros 30 minutos, de 30 a 60 minutos y de 60 a 90 minutos. En la frecuencia cardíaca no se han encontrado diferencias significativas entre las dos fechas en las que se tomaron los datos (sig. 0,378, ver Tabla 12 y Figura 3). No se muestran los valores de FC durante el periodo de recuperación ya que todos los sujetos presentaron frecuencias cardiacas dentro de los valores basales a los 5 minutos tras la finalización del esfuerzo.

La temperatura timpánica experimenta un aumento durante los primeros 30 minutos alcanzando valores máximos de $38,21 \pm 0,30$ °C. Constatar que los valores vuelven a la normalidad tras la primera hora de recuperación.

Tabla 12.- Modificaciones hemodinámicas durante la fase de esfuerzo y de rehidratación

Variable	AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
Frecuencia cardíaca							
FC basal	46,75±3,98						
FC80	168,00±9,90	0,089	8	167,5±8,02	0,051	8	0,719 ^a
FC65	158,75±9,27	0,129	8	157,50±8,73	0,492	8	0,250 ^a
FC50	144,63±9,05	0,259	8	143,13±6,17	0,560	8	0,396 ^a
FCM30	179,13±8,58	0,087	8	178±8,70	0,206	8	0,406 ^a
FCM60	168,38±9,61	0,449	8	167,75±7,36	0,225	8	0,633 ^a
FCM90	157,50±10,92	0,457	8	156±8,72	0,378	8	0,233 ^a
FCMTest	156,63±8,21	0,172	8	155,13±6,96	0,026*	8	0,397 ^b
FCMaxTest	179,13±8,58	0,087	8	178,13±8,77	0,166	8	0,441 ^a
Temperaturas timpánicas							
T-basal	36,26±0,26	0,152	8	36,46±0,35	0,782	8	0,068 ^a
T30E	38,21±0,30	0,158	8	38,23±0,24	0,646	8	0,890 ^a
T60E	38,1±0,38	0,011*	8	38,18±0,31	0,664	8	0,442 ^b
T90E	37,64±0,25	0,200	8	37,61±0,29	0,434	8	0,842 ^a
T1R	36,73±0,34	0,249	8	36,64±0,40	0,130	8	0,622 ^a
T2R	36,60±0,15	0,239	8	36,41±0,41	0,233	8	0,300 ^a
T3R	36,39±0,23	0,356	8	36,54±0,16	0,162	8	0,111 ^a
T4R	36,54±0,13	0,178	8	36,59±0,29	0,434	8	0,668 ^a
T5R	36,46±0,51	0,004*	8	36,55±0,13	0,283	8	0,574 ^b

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

* Diferencias estadísticamente significativas

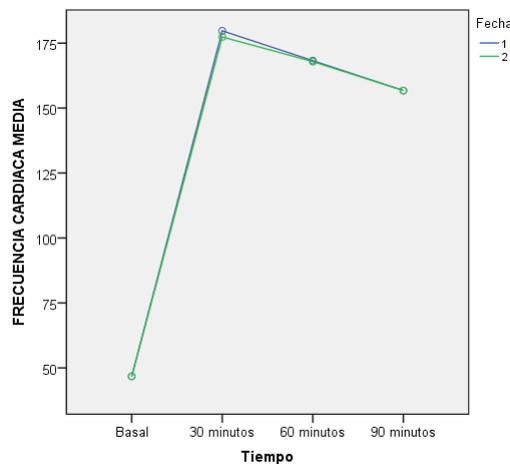


Figura 3. Frecuencias cardíacas medias basales y a los 30, 60 y 90 minutos de esfuerzo en función de la fecha.

4.3.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE3: EFICACIA DE LAS DOS AGUAS

“Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA® de Cabreiróa)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad

de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso.”

El principal objetivo de este estudio era valorar los cambios en la rehidratación de deportistas utilizando dos aguas de diferente mineralización. Para ello los parámetros utilizados han sido la pérdida de pesos durante el esfuerzo y la diuresis durante la fase de rehidratación.

El peso inicial de los sujetos no presentó diferencias significativas entre los dos días de realización de las pruebas (hidratación con AMD y AMF MAGMA® de Cabreiróa). Igual comportamiento se observó en el peso de los atletas posterior al esfuerzo. Tras el periodo de 90 minutos de esfuerzo los deportistas presentaron un porcentaje de deshidratación próximo al 3% ($3,23 \pm 0,45$ con AMF y $3,01 \pm 0,39$ con AMD), lo que representa una pérdida de peso por encima de los 2 Kg. La deshidratación fue similar en los dos días de esfuerzo, sin existir diferencias significativas entre ambas fechas, como era de esperar.

La fase de reposición hídrica se llevó a cabo, cada uno de los días, con una bebida de diferente mineralización (AMD o AMF). La velocidad de rehidratación se fijó en porcentajes similares para todos los individuos de tal forma que 1/3 del volumen total de agua que debían beber, lo tenían que ingerir en los primeros 30 minutos tras ejercicio, continuando cada 30 minutos con un 1/6 del volumen total a beber hasta completar en 150 min la reposición calculada. La reposición hídrica durante las cinco horas del proceso de recuperación correspondiente al 150% de la pérdida de peso sufrida durante la prueba, así como la rehidratación en domicilio ad libitum ha sido similar en los dos días.

Así tras la primera hora de recuperación la diuresis es de $68,75 \pm 47,72$ ml cuando se rehidratan con agua de mineralización fuerte y de $180,63 \pm 82,22$ ml cuando el agua es

de mineralización débil, siendo su diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,003$). Al completarse dos horas de recuperación la diferencia sigue siendo significativa ($p < 0,007$) y los valores de diuresis acumulados son de $190,63 \pm 83,39$ ml mediante rehidratación con agua de mineralización fuerte y de $424,38 \pm 146,27$ ml con agua de mineralización débil. Al final de la tercera hora de recuperación, las diferencias continúan presentando significación ($p < 0,002$) con valores acumulados de $409,38 \pm 178,25$ ml con el agua de mineralización fuerte y $850,00 \pm 145,77$ ml con agua de mineralización débil. Igualmente, tras la cuarta hora de recuperación, la diuresis acumulada es de $837,50 \pm 165,92$ ml cuando el agua es de mineralización fuerte y de $1306,25 \pm 109,18$ ml cuando la mineralización es débil ($p < 0,001$). Al final de la quinta hora, las dos aguas presentan diferencias significativas ($p < 0,002$) y el valor de diuresis con mineralización fuerte es de $1321,88 \pm 184,41$ ml en tanto que con mineralización débil es de $1734,38 \pm 223,58$ ml (ver Tabla 13).

Una vez finalizada el periodo de 5 horas de recuperación controlada los sujetos se fueron a su domicilio donde siguieron recogiendo la orina y bebiendo ad libitum el agua asignada cada uno de los días. La diuresis total, diuresis domiciliaria sumada a la diuresis previa, presenta diferencias significativas entre los dos grupos ($p < 0,013$) siendo el valor de la diuresis total con agua de mineralización fuerte de $2071,88 \pm 611,41$ y de $2721,88 \pm 680,92$ con agua de mineralización débil.

Tabla 13.- Valores del peso corporal, ingesta hídrica y de diuresis durante las fases de esfuerzo y de rehidratación

		AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
Variable	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n		
Peso	Peso inicial	$67,79 \pm 9,91$	0,307	8	$67,72 \pm 9,50$	0,140	8	0,852 ^a
	Peso final (E90)	$65,59 \pm 9,47$	0,278	8	$65,67 \pm 9,12$	0,097	8	0,849 ^a
	Diferencia de peso	$2,2 \pm 0,54$	0,016*	8	$2,05 \pm 0,48$	0,074	8	0,016*^b

Porcentaje de deshidratación	3,23±0,45	0,756	8	3,01±0,39	0,016*	8	0,012*^b
R60	66,94±9,86	0,336	8	66,99±9,32	0,142	8	0,883 ^a
R120	67,57±10,01	0,350	8	67,99±9,51	0,217	8	0,179 ^a
R180	68,00±10,07	0,389	8	68,21±9,70	0,197	8	0,580 ^a
R240	67,62±10,19	0,288	8	67,79±9,81	0,197	8	0,673 ^a
R300	67,25±10,13	0,300	8	67,36±9,82	0,186	8	0,758 ^a
Ingesta							
Ingesta H60	1651,56±405,24	0,017*	8	1556,25±346,60	0,148	8	0,105 ^b
Ingesta H120	1101,00±270,19	0,017*	8	1037,50±231,07	0,148	8	0,105 ^b
Ingesta H180	550,63±135,00	0,017*	8	519,00±115,66	0,149	8	0,128 ^b
Ingesta H300	3303,13±810,47	0,017*	8	3112,50±693,21	0,148	8	0,105 ^b
RH-ML/K	48,44±6,77	0,748	8	45,76±5,67	0,016*	8	0,093 ^b
Ingesta H-Domicilio	1203,13±633,65	0,114	8	1059,38±489,16	0,033*	8	0,773 ^b
Ingesta total	4506,25±1045,12	0,583	8	4171,88±647,31	0,855	8	0,176 ^a
Diuresis							
Diuresis 60	68,75±47,72	0,933	8	180,63±82,22	0,998	8	0,002*^a
Diuresis 120	190,63±83,39	0,052	8	424,39±146,27	0,986	8	0,006*^a
Diuresis 180	409,38±178,25	0,081	8	850,00±145,77	0,056	8	0,001*^a
Diuresis 240	837,50±165,92	0,148	8	1306,25±109,18	0,966	8	0,000*^a
Diuresis 300	1321,88±184,41	0,397	8	1734,38±223,58	0,735	8	0,001*^a
Diuresis Domicilio	750±571,81	0,076	8	987,5±519,44	0,065	8	0,116 ^a
Diuresis Total	2071,88±611,41	0,013*	8	2721,88±680,92	0,015*	8	0,012*^b
D-ML/K-Inicial	19,79±3,45	0,846	8	25,96±4,33	0,927	8	0,001*^a
D-ML/K-Final	20,46±3,57	0,767	8	26,78±4,46	0,955	8	0,001*^a
Diferencia H-U	1981,25±760,26	0,008*	8	1378,13±617,95	0,677	8	0,012*^b
Diferencia HT-DT	2434,38±752,96	0,138	8	1450±643,51	0,086	8	0,003*^a
Diuresis H2	121,88±82,85	0,058	8	243,75±194,80	0,195	8	0,086 ^a
Diuresis H3	218,75±139,35	0,241	8	425,63±70,73	0,705	8	0,008*^a
Diuresis H4	428,13±150,00	0,417	8	456,25±117,07	0,536	8	0,676 ^a
Diuresis H5	484,38±163,17	0,406	8	428,13±161,71	0,363	8	0,484 ^a

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

Se expresan los pesos en Kg y los volúmenes de agua ingeridos y miccionados en ml

* **Diferencias estadísticamente significativas**

También se han encontrado diferencias significativas en la diuresis en ml/K, tanto inicial como final ($p < 0,002$ en ambos casos). El valor inicial de la diuresis con agua de mineralización débil es de $25,96 \pm 4,33$ y con agua de mineralización fuerte es de $19,79 \pm 3,45$. En los valores de diuresis en ml/K finales se observa un comportamiento similar siendo $26,78 \pm 4,46$ el valor con agua de mineralización débil y $20,46 \pm 3,57$ cuando el agua es de mineralización fuerte.

Como resumen podemos decir que en el proceso de recuperación existen claras diferencias en los niveles de diuresis cuando los deportistas beben el agua de mineralización fuerte o débil (Figura 4).

Las diuresis acumuladas durante las cinco horas de recuperación indican que la rehidratación es mucho más efectiva cuando los deportistas se hidratan con el agua de mineralización fuerte Magma® de Cabreiroá (Figura 5).

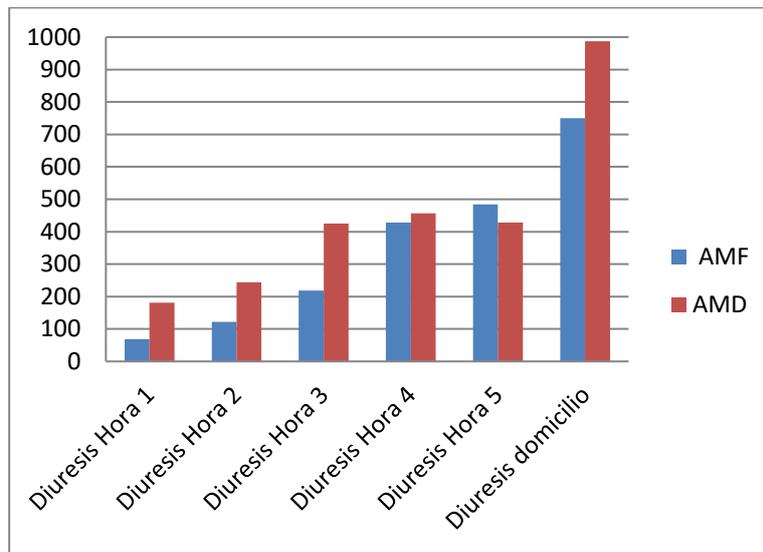


Figura 4.- Diuresis en el periodo de recuperación en función del agua de rehidratación

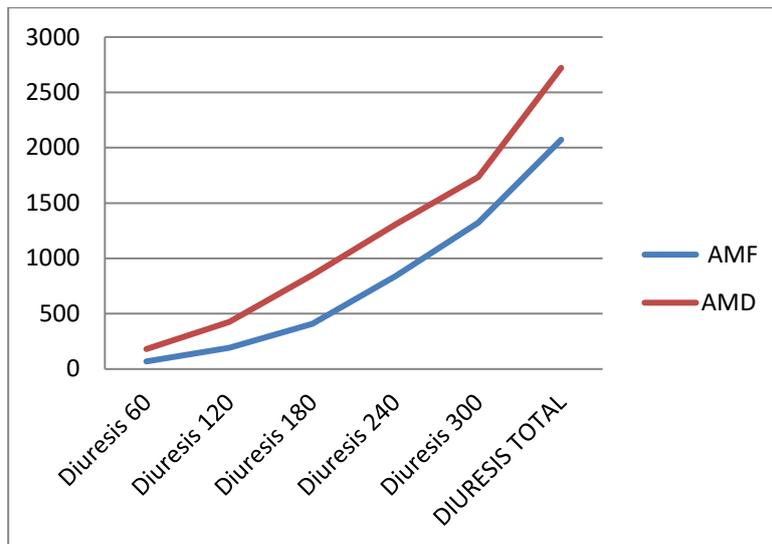


Figura 5.- Diuresis acumulada en función del agua de rehidratación

4.4.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE4: HORMONAS Y EQUILIBRIO HÍDRICO

“Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua.”

Se han medido el proBNP, cortisol, ADH y aldosterona en el momento basal; a los 30, 60 y 90 minutos de esfuerzo; y durante las 5 horas del periodo de recuperación cada 60 minutos

Los resultados se recogen en la tabla 14. No hubo diferencias significativas en la fase de esfuerzo entre los dos grupos como era de esperar salvo en el proBNP a los 90 minutos de esfuerzo, siendo sus valores significativamente superiores ($p < 0,049$) con AMF frente a AMD. Durante todo el periodo de recuperación se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el proBNP (valores mayores en AMF frente a AMD) y en las dos últimas horas de ADH (valores mayores en AMF frente a AMD).

Tabla 14.- Valores hormonales durante las fases de esfuerzo y rehidratación

Hormona		AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
		$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
proBNP (ng/L)	Basal	25,88±13,27	0,137	8	23,50±9,02	0,349	8	0,260 ^a
	E30	32,63±18,88	0,446	8	26,13±9,20	0,039*	8	0,172 ^b
	E60	38,88±23,70	0,429	8	30,75±13,50	0,229	8	0,091 ^a
	E90	43,25±25,38	0,408	8	34,63±16,33	0,303	8	0,048**a
	R60	42,71±25,15	0,253	8	32,00±14,65	0,130	8	0,038**a
	R120	38,88±21,96	0,207	8	30,88±13,13	0,093	8	0,045**a
	R180	39,00±21,39	0,117	8	29,25±14,17	0,113	8	0,014**a
	R240	38,63±21,44	0,146	8	29,13±12,87	0,117	8	0,025**a
	R300	38,25±20,31	0,189	8	29,88±12,33	0,083	8	0,047**a
Cortisol (µg/dL)	Basal	15,34±4,98	0,657	8	14,06±2,41	0,773	8	0,483 ^a
	E30	16,54±3,72	0,196	8	17,1±3,75	0,173	8	0,750 ^a

	E60	16,46±6,70	0,004*	8	17,63±3,37	0,881	8	0,575 ^b
	E90	14,50±5,05	0,076	8	15,14±4,19	0,975	8	0,501 ^a
	R60	13,12±3,61	0,245	8	11,64±2,39	0,029*	8	0,237 ^b
	R120	9,54±2,44	0,451	8	9,15±3,00	0,803	8	0,474 ^a
	R180	7,54±1,84	0,318	8	8,06±1,91	0,100	8	0,564 ^a
	R240	7,03±2,34	0,854	8	7,21±1,90	0,159	8	0,839 ^a
	R300	7,58±1,83	0,950	8	7,66±3,92	0,786	8	0,834 ^a
ADH (pg/mL)	Basal	1,51±0,11	0,373	8	1,47±0,07	0,361	8	0,481 ^a
	E30	2,81±0,77	0,344	8	2,42±0,95	0,189	8	0,226 ^a
	E60	4,51±0,53	0,152	8	3,64±1,51	0,536	8	0,225 ^a
	E90	5,91±1,96	0,475	8	5,29±1,72	0,148	8	0,605 ^a
	R60	3,30±2,83	0,086	8	1,68±0,64	0,000*	8	0,115 ^b
	R120	2,71±1,56	0,626	8	1,73±0,73	0,000*	8	0,050 ^b
	R180	3,41±2,66	0,066	8	2,07±0,78	0,179	8	0,217 ^a
	R240	2,64±1,75	0,003*	8	1,44±0,28	0,001*	8	0,011*^b
	R300	2,64±1,07	0,350	8	1,62±0,63	0,004*	8	0,018*^b
Aldosterona (pg/mL)	Basal	250,50±89,01	0,875	8	290,88±194,01	0,040*	8	0,674 ^b
	E30	781,75±384,51	0,338	8	803,12±310,38	0,854	8	0,832 ^a
	E60	1128,25±492,86	0,399	8	1051,00±425,44	0,013*	8	0,674 ^b
	E90	1074,25±536,59	0,416	8	979,75±460,34	0,081	8	0,404 ^a
	R60	614,28±262,13	0,277	8	566,25±269,57	0,758	8	0,620 ^a
	R120	402,95±211,06	0,470	8	419,87±210,96	0,469	8	0,655 ^a
	R180	218,64±100,34	0,670	8	281,29±170,79	0,191	8	0,210 ^a
	R240	151,86±53,63	0,632	8	206,74±127,43	0,096	8	0,153 ^a
	R300	119,26±27,82	0,140	8	156,02±98,82	0,016*	8	0,093 ^b

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

* **Diferencias estadísticamente significativas**

4.4.1.- proBNP

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran un aumento lineal del pro-BNP a lo largo del período de esfuerzo, aunque sin llegar a alcanzar el valor límite de normalidad, y un descenso en sus valores en el período de recuperación (Figura 6).

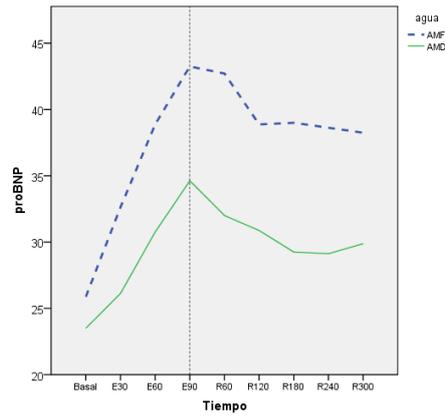


Figura 6.- Valores del proBNP a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación.

4.4.2.- Cortisol

Nuestros resultados muestran un incremento del cortisol a lo largo del período de ejercicio, alcanzando sus valores más elevados tras una hora de esfuerzo, para comenzar a descender en la última media hora de esfuerzo y más acentuadamente con la ingesta de agua en el período de rehidratación. No hemos encontrado diferencias significativas, se observa que el descenso en los valores de cortisol es ligeramente mayor con el AMD durante el proceso (Figura 7).

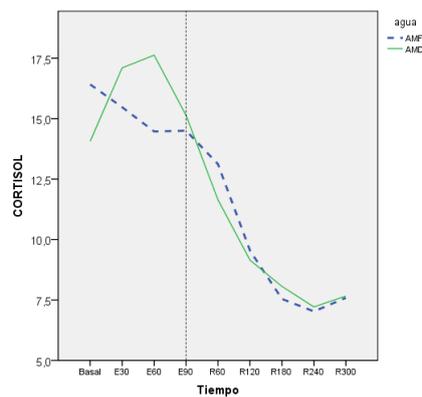


Figura 7.- Valores del cortisol a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación.

4.4.3.- ADH

Nuestros resultados muestran un incremento de la ADH durante el período de esfuerzo, para ir disminuyendo sus valores a lo largo del período de rehidratación. Se observa que los valores de ADH tienden a ser mayores durante la recuperación con AMF frente a AMD y llegando esas diferencias a valores significativos en las dos últimas horas de la recuperación (Figura 8).

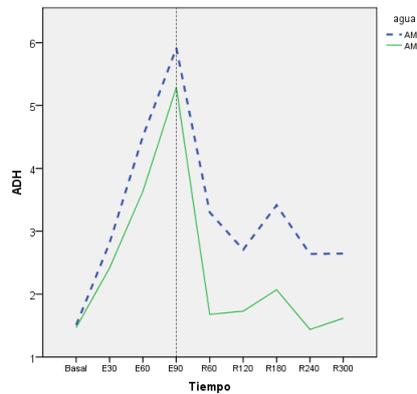


Figura 8.- Valores de ADH a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación

4.4.4.- Aldosterona

La aldosterona es la hormona de regulación del sodio mediante un aumento de la absorción de éste en el túbulo renal. La aldosterona es una hormona que presenta cambios rápidos y bruscos en sus niveles séricos en respuesta al ejercicio.

Nuestros resultados muestran un aumento en 4-5 veces sus valores basales durante el ejercicio para descender rápidamente tras el esfuerzo (Figura 9). Los valores de la aldosterona descienden durante el período de rehidratación tanto con el AMD como con el AMF (MAGMA), pero con ésta el descenso es mayor con AMF, a partir de R120 hasta R300, sin ser significativo, por lo que esta reducción en la secreción indicaría una recuperación más rápida de la normalidad con el AMF que rehidratando con un AMD, debido a la menor cantidad de electrolitos que contiene ésta.

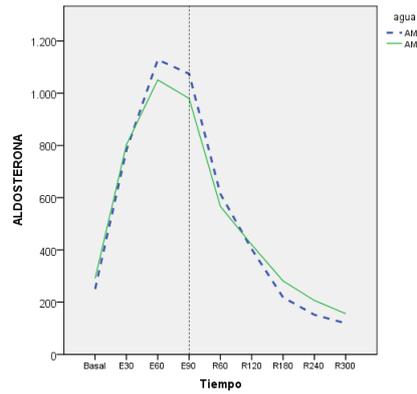


Figura 9.- Valores de aldosterona a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación

4.5.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE5: MODIFICACIONES HEMATOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS

“Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua.”

En este estudio se han analizado un total de 21 parámetros de hematología y 9 de bioquímica sanguínea a lo largo del período de esfuerzo (basal, E30, E60 y E90) y a lo largo de la fase de rehidratación (R60, R120, R180, R240 y R300).

Los valores de hematocrito, Hemoglobina, sodio, osmolalidad e índice de Dill-Costill son los más determinantes a la hora de valorar la deshidratación y los cambios en el volumen plasmático. Los resultados se recogen en las tablas 15 y 16.

Tabla 15.- Valores hematológicos durante las fases de esfuerzo y rehidratación

Hematología		AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
		$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
Hemáties (mme)	Basal	4,82±0,26	0,904	8	4,90±0,24	0,102	8	0,175 ^a
	E30	4,98±0,25	0,993	8	5,10±0,29	0,081	8	0,030 ^{*a}
	E60	5,03±0,23	0,269	8	5,14±0,31	0,196	8	0,129 ^a

	E90	4,98±0,35	0,256	8	5,12±0,31	0,528	8	0,040 *a
	R60	4,82±0,31	0,355	8	4,80±0,27	0,841	8	0,473 ^a
	R120	4,70±0,22	0,108	8	4,80±0,31	0,604	8	0,223 ^a
	R180	4,70±0,26	0,055	8	4,68±0,29	0,729	8	0,753 ^a
	R240	4,66±0,28	0,904	8	4,69±0,30	0,463	8	0,428 ^a
	R300	4,64±0,27	0,571	8	4,71±0,31	0,307	8	0,191 ^a
Hemoglobina (g/dL)	Basal	14,88±0,69	0,272	8	14,99±0,66	0,389	8	0,518 ^a
	E30	15,36±0,80	0,402	8	15,65±0,85	0,505	8	0,056 ^a
	E60	15,69±1,00	0,799	8	15,74±0,86	0,348	8	0,738 ^a
	E90	15,31±1,08	0,190	8	15,69±0,81	0,809	8	0,089 ^a
	R60	14,86±0,87	0,032 *	8	14,75±0,73	0,715	8	0,446 ^b
	R120	14,54±0,72	0,075	8	14,74±0,82	0,560	8	0,388 ^a
	R180	14,49±0,86	0,884	8	14,43±0,77	0,305	8	0,797 ^a
	R240	14,40±0,84	0,133	8	14,46±0,72	0,464	8	0,608 ^a
	R300	14,29±0,85	0,152	8	14,48±0,86	0,161	8	0,357 ^a
Hematocrito (%)	Basal	42,84±1,70	0,904	8	43,55±1,87	0,322	8	0,164 ^a
	E30	44,13±1,83	0,518	8	46,14±4,68	0,011 *	8	0,080 ^b
	E60	44,43±1,81	0,238	8	45,13±2,07	0,209	8	0,234 ^a
	E90	44,06±2,70	0,257	8	45,04±2,12	0,322	8	0,094 ^a
	R60	43,24±2,45	0,222	8	42,65±1,72	0,520	8	0,346 ^a
	R120	42,04±1,87	0,128	8	42,65±1,91	0,943	8	0,351 ^a
	R180	41,98±1,80	0,203	8	41,49±1,71	0,324	8	0,353 ^a
	R240	41,54±2,03	0,904	8	41,55±1,98	0,648	8	0,967 ^a
	R300	41,24±2,00	0,187	8	41,71±2,11	0,338	8	0,274 ^a
VCM (fL)	Basal	89,06±2,66	0,644	8	89,04±2,70	0,532	8	0,931 ^a
	E30	88,69±2,60	0,255	8	88,08±2,66	0,656	8	0,017 *a
	E60	88,41±2,55	0,539	8	87,90±2,69	0,861	8	0,024 *a
	E90	88,64±2,71	0,491	8	88,01±2,73	0,721	8	0,041 *a
	R60	89,83±2,67	0,535	8	88,96±2,66	0,158	8	0,085 ^a
	R120	89,50±2,79	0,868	8	88,90±2,91	0,360	8	0,073 ^a
	R180	89,39±3,16	0,441	8	88,75±2,80	0,536	8	0,125 ^a
	R240	89,26±2,81	0,577	8	88,63±2,92	0,326	8	0,037 *a
	R300	89,01±2,81	0,765	8	88,65±2,78	0,854	8	0,156 ^a
HCM (pg)	Basal	30,91±0,62	0,178	8	30,63±0,62	0,231	8	0,182 ^a
	E30	30,86±0,88	0,295	8	30,69±0,69	0,458	8	0,592 ^a
	E60	31,14±0,70	0,470	8	30,63±0,68	0,208	8	0,229 ^a
	E90	30,78±0,78	0,659	8	30,64±0,81	0,646	8	0,637 ^a
	R60	30,86±0,62	0,089	8	30,74±0,71	0,529	8	0,865 ^a
	R120	30,94±0,66	0,061	8	30,70±0,80	0,644	8	0,360 ^a
	R180	30,83±0,85	0,081	8	30,84±0,89	0,473	8	0,970 ^a
	R240	30,93±0,71	0,571	8	30,83±0,67	0,753	8	0,730 ^a
	R300	30,81±0,73	0,892	8	30,75±0,78	0,726	8	0,829 ^a
CHCM (g/dL)	Basal	34,71±0,85	0,857	8	34,41±0,59	0,826	8	0,084 ^a
	E30	34,83±1,22	0,476	8	34,86±0,68	0,743	8	0,906 ^a
	E60	35,30±1,52	0,921	8	34,88±0,65	0,878	8	0,369 ^a
	E90	34,75±1,09	0,374	8	34,83±0,62	0,639	8	0,789 ^a
	R60	34,34±0,81	0,947	8	34,56±0,49	0,917	8	0,599 ^a
	R120	34,60±0,84	0,757	8	34,55±0,54	0,944	8	0,832 ^a
	R180	34,50±1,10	0,861	8	34,75±0,63	0,398	8	0,463 ^a
	R240	34,66±1,03	0,917	8	34,80±0,58	0,691	8	0,566 ^a
	R300	34,64±1,08	0,688	8	34,70±0,56	0,928	8	0,822 ^a
RDW (%)	Basal	12,59±0,24	0,071	8	12,74±0,21	0,040 *	8	0,034 *b

	E30	12,59±0,29	0,888	8	12,74±0,24	0,007*	8	0,106 ^b
	E60	12,64±0,29	0,049*	8	12,69±0,20	0,255	8	0,434 ^b
	E90	12,60±0,28	0,822	8	12,75±0,26	0,179	8	0,156 ^a
	R60	12,66±0,23	0,415	8	12,74±0,24	0,505	8	0,237 ^a
	R120	12,88±0,85	0,220	8	12,84±0,33	0,750	8	0,914 ^a
	R180	12,76±0,71	0,755	8	12,76±0,20	0,191	8	0,999 ^a
	R240	12,63±0,38	0,994	8	12,76±0,31	0,740	8	0,468 ^a
	R300	12,53±0,31	0,964	8	12,70±0,34	0,568	8	0,259 ^a
Leucocitos (mmc)	Basal	6,00±1,17	0,128	8	6,55±1,30	0,585	8	0,007**a
	E30	8,48±1,73	0,821	8	9,07±1,73	0,451	8	0,100 ^a
	E60	8,50±1,62	0,591	8	8,94±1,62	0,681	8	0,385 ^a
	E90	8,35±1,82	0,033*	8	8,89±2,22	0,182	8	0,398 ^b
	R60	7,81±2,01	0,783	8	7,48±2,00	0,484	8	0,660 ^a
	R120	8,32±2,06	0,322	8	8,30±1,30	0,679	8	0,970 ^a
	R180	8,86±1,66	0,796	8	8,08±1,10	0,486	8	0,075 ^a
	R240	8,29±1,73	0,079	8	7,80±0,98	0,569	8	0,340 ^a
	R300	7,84±1,60	0,303	8	7,82±1,15	0,181	8	0,948 ^a
%N-Segmentados (%)	Basal	52,83±7,38	0,019*	8	56,78±7,76	0,995	8	0,208 ^b
	E30	48,88±9,09	0,905	8	52,73±9,74	0,962	8	0,023**a
	E60	56,50±11,56	0,006*	8	58,30±11,21	0,131	8	0,208 ^b
	E90	68,06±9,09	0,421	8	68,08±8,10	0,361	8	0,568 ^a
	R60	73,03±8,24	0,408	8	73,43±5,36	0,780	8	0,616 ^a
	R120	76,04±7,16	0,641	8	74,24±4,80	0,074	8	0,507 ^a
	R180	74,15±7,44	0,887	8	72,11±4,23	0,413	8	0,484 ^a
	R240	70,43±8,74	0,577	8	69,81±4,35	0,185	8	0,843 ^a
	R300	67,14±8,91	0,549	8	66,85±4,29	0,150	8	0,922 ^a
%Linfocitos (%)	Basal	38,85±7,48	0,205	8	34,95±9,30	0,638	8	0,116 ^a
	E30	43,56±10,19	0,862	8	39,95±10,78	0,905	8	0,034**a
	E60	36,80±11,21	0,051	8	34,90±11,76	0,331	8	0,311 ^a
	E90	26,39±8,21	0,248	8	26,01±8,12	0,894	8	0,487 ^a
	R60	21,50±6,79	0,331	8	21,49±5,77	0,867	8	0,602 ^a
	R120	19,24±6,21	0,805	8	20,76±5,29	0,528	8	0,543 ^a
	R180	21,54±6,62	0,728	8	22,93±4,79	0,581	8	0,620 ^a
	R240	25,13±7,68	0,635	8	25,30±4,80	0,075	8	0,950 ^a
	R300	28,25±7,77	0,519	8	27,88±4,91	0,707	8	0,888 ^a
%Monocitos (%)	Basal	4,78±1,47	0,658	8	5,01±1,52	0,403	8	0,379 ^a
	E30	4,46±1,38	0,489	8	4,79±1,31	0,308	8	0,423 ^a
	E60	4,09±1,40	0,713	8	4,55±1,25	0,369	8	0,302 ^a
	E90	3,73±1,11	0,965	8	4,04±0,91	0,729	8	0,433 ^a
	R60	3,96±0,79	0,307	8	3,73±0,99	0,805	8	0,929 ^a
	R120	3,90±1,03	0,383	8	4,01±0,94	0,042*	8	0,527 ^b
	R180	3,53±0,78	0,232	8	4,08±0,98	0,998	8	0,055 ^a
	R240	3,44±0,87	0,089	8	3,88±0,82	0,583	8	0,105 ^a
	R300	3,54±1,03	0,164	8	4,15±0,96	0,127	8	0,104 ^a
%Eosinófilos (%)	Basal	3,20±2,04	0,171	8	2,89±1,80	0,176	8	0,388 ^a
	E30	2,60±1,90	0,062	8	2,21±1,37	0,159	8	0,345 ^a
	E60	2,23±2,00	0,002*	8	1,95±1,22	0,055	8	0,726 ^b
	E90	1,54±1,45	0,005*	8	1,55±0,89	0,140	8	0,933 ^b
	R60	1,29±0,94	0,078	8	1,10±0,52	0,127	8	0,738 ^a
	R120	0,66±0,53	0,967	8	0,78±0,40	0,833	8	0,616 ^a
	R180	0,64±0,56	0,017*	8	0,70±0,34	0,342	8	0,553 ^b
	R240	0,74±0,66	0,039*	8	0,79±0,38	0,093	8	0,611 ^b

	R300	0,83±0,84	0,008*	8	0,84±0,47	0,254	8	0,674 ^b
%Basófilos (%)	Basal	0,35±0,19	0,424	8	0,38±0,24	0,341	8	0,668 ^a
	E30	0,40±0,32	0,036*	8	0,33±0,22	0,263	8	0,157 ^b
	E60	0,39±0,17	0,292	8	0,30±0,14	0,330	8	0,111 ^a
	E90	0,29±0,15	0,330	8	0,33±0,14	0,819	8	0,736 ^a
	R60	0,23±0,10	0,473	8	0,26±0,15	0,055	8	0,482 ^a
	R120	0,16±0,07	0,006*	8	0,21±0,12	0,042*	8	0,102 ^b
	R180	0,15±0,09	0,000*	8	0,19±0,11	0,006*	8	0,257 ^b
	R240	0,28±0,14	0,006*	8	0,23±0,16	0,042*	8	0,461 ^b
	R300	0,25±0,14	0,099	8	0,29±0,19	0,040*	8	0,593 ^b
N-Segmentados (mmc)	Basal	3,19±0,85	0,165	8	3,74±1,04	0,403	8	0,031**^a
	E30	4,09±0,93	0,162	8	4,80±1,35	0,273	8	0,025**^b
	E60	4,88±1,84	0,872	8	5,28±1,60	0,301	8	0,431 ^a
	E90	5,81±2,11	0,084	8	6,23±2,14	0,447	8	0,298 ^a
	R60	5,76±1,86	0,580	8	5,57±1,84	0,391	8	0,961 ^a
	R120	6,39±2,04	0,147	8	6,20±1,25	0,955	8	0,706 ^a
	R180	6,62±1,75	0,126	8	5,85±1,02	0,525	8	0,171 ^a
	R240	5,89±1,76	0,039*	8	5,47±0,91	0,459	8	0,484 ^b
	R300	5,31±1,57	0,046*	8	5,26±1,01	0,162	8	0,899 ^b
Linfocitos (mmc)	Basal	2,31±0,58	0,567	8	2,26±0,65	0,153	8	0,720 ^a
	E30	3,77±1,43	0,783	8	3,60±1,11	0,896	8	0,240 ^a
	E60	3,06±1,00	0,563	8	3,05±1,00	0,994	8	0,925 ^a
	E90	2,08±0,40	0,145	8	2,22±0,55	0,777	8	0,443 ^a
	R60	1,63±0,61	0,178	8	1,53±0,27	0,777	8	0,370 ^a
	R120	1,55±0,50	0,991	8	1,69±0,36	0,400	8	0,454 ^a
	R180	1,87±0,58	0,313	8	1,82±0,31	0,766	8	0,838 ^a
	R240	2,04±0,74	0,781	8	1,95±0,30	0,875	8	0,707 ^a
	R300	2,18±0,73	0,004*	8	2,15±0,33	0,336	8	0,779 ^b
Monocitos (mmc)	Basal	0,28±0,07	0,448	8	0,33±0,11	0,773	8	0,054 ^a
	E30	0,36±0,07	0,484	8	0,43±0,14	0,514	8	0,153 ^a
	E60	0,34±0,91	0,800	8	0,41±0,13	0,366	8	0,168 ^a
	E90	0,31±0,09	0,831	8	0,37±0,13	0,986	8	0,255 ^a
	R60	0,30±0,07	0,059	8	0,28±0,09	0,428	8	0,736 ^a
	R120	0,31±0,07	0,490	8	0,33±0,09	0,303	8	0,300 ^a
	R180	0,30±0,04	0,411	8	0,33±0,10	0,308	8	0,293 ^a
	R240	0,28±0,05	0,424	8	0,31±0,09	0,306	8	0,170 ^a
	R300	0,27±0,05	0,344	8	0,33±0,10	0,065	8	0,062 ^a
Eosinófilos (mmc)	Basal	0,20±0,15	0,013*	8	0,20±0,14	0,180	8	0,944 ^b
	E30	0,22±0,17	0,006*	8	0,21±0,15	0,095	8	0,236 ^b
	E60	0,19±0,18	0,001*	8	0,19±0,14	0,022*	8	0,944 ^b
	E90	0,12±0,09	0,088	8	0,15±0,11	0,074	8	0,192 ^a
	R60	0,10±0,09	0,015*	8	0,09±0,05	0,538	8	0,753 ^b
	R120	0,06±0,05	0,135	8	0,07±0,04	0,382	8	0,514 ^a
	R180	0,06±0,05	0,001*	8	0,06±0,03	0,421	8	0,786 ^b
	R240	0,06±0,07	0,023*	8	0,06±0,03	0,269	8	0,753 ^b
	R300	0,07±0,08	0,000*	8	0,07±0,04	0,063	8	0,674 ^b
Basófilos (mmc)	Basal	0,020±0,009	0,030*	8	0,025±0,018	0,095	8	0,180 ^b
	E30	0,034±0,021	0,197	8	0,029±0,019	0,137	8	0,170 ^a
	E60	0,034±0,015	0,139	8	0,028±0,017	0,104	8	0,217 ^a
	E90	0,024±0,015	0,107	8	0,028±0,012	0,429	8	0,522 ^a
	R60	0,017±0,007	0,212	8	0,020±0,014	0,070	8	0,289 ^a
	R120	0,015±0,009	0,000*	8	0,019±0,011	0,021*	8	0,083 ^b

	R180	0,014±0,007	0,000*	8	0,018±0,012	0,000*	8	0,257 ^b
	R240	0,023±0,010	0,314	8	0,019±0,011	0,046*	8	0,180 ^b
	R300	0,020±0,010	0,086	8	0,023±0,014	0,059	8	0,598 ^a
Plaquetas (mmc)	Basal	235,88±44,02	0,531	8	246,38±36,41	0,631	8	0,361 ^a
	E30	230,57±106,68	0,164	8	313,13±51,16	0,904	8	0,135 ^a
	E60	286,25±67,50	0,840	8	319,25±55,02	0,617	8	0,180 ^a
	E90	279,13±67,70	0,623	8	313,63±55,83	0,678	8	0,199 ^a
	R60	228,43±66,68	0,049*	8	254,50±46,59	0,749	8	0,390 ^a
	R120	239,00±47,86	0,135	8	253,50±41,09	0,753	8	0,293 ^a
	R180	245,50±45,04	0,101	8	243,13±39,23	0,430	8	0,866 ^a
	R240	235,38±44,23	0,125	8	238,00±34,82	0,454	8	0,817 ^a
	R300	230,00±47,70	0,527	8	238,88±36,53	0,120	8	0,539 ^a
VPM (fL)	Basal	9,45±0,39	0,394	8	9,33±0,32	0,357	8	0,272 ^a
	E30	9,65±0,55	0,353	8	9,31±0,36	0,546	8	0,150 ^a
	E60	9,61±0,59	0,666	8	9,36±0,40	0,890	8	0,185 ^a
	E90	9,64±0,52	0,702	8	9,36±0,31	0,376	8	0,080 ^a
	R60	9,50±0,59	0,301	8	9,34±0,39	0,315	8	0,629 ^a
	R120	9,45±0,52	0,053	8	9,49±0,36	0,957	8	0,763 ^a
	R180	9,35±0,26	0,393	8	9,28±0,38	0,188	8	0,580 ^a
	R240	9,25±0,36	0,350	8	9,16±0,35	0,335	8	0,414 ^a
	R300	9,19±0,45	0,348	8	9,15±0,38	0,662	8	0,760 ^a
PLCR (%)	Basal	21,31±3,59	0,914	8	20,51±2,15	0,313	8	0,431 ^a
	E30	22,36±3,46	0,506	8	20,73±2,63	0,446	8	0,242 ^a
	E60	22,38±3,67	0,931	8	21,00±2,75	0,926	8	0,217 ^a
	E90	22,50±3,27	0,372	8	21,04±2,33	0,597	8	0,125 ^a
	R60	21,50±3,98	0,229	8	20,76±3,15	0,338	8	0,861 ^a
	R120	20,96±3,27	0,171	8	21,59±2,28	0,522	8	0,439 ^a
	R180	20,68±1,74	0,096	8	20,29±2,64	0,066	8	0,624 ^a
	R240	19,84±2,34	0,330	8	19,40±2,29	0,249	8	0,524 ^a
	R300	19,50±2,81	0,519	8	19,39±2,45	0,402	8	0,887 ^a

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

* **Diferencias estadísticamente significativas**

Tabla 16.- Valores bioquímicos de sangre durante las fases de esfuerzo y rehidratación

Bioquímica		AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
		$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
Creatinina (mg/dL)	Basal	0,95±0,12	0,274	8	0,98±0,10	0,408	8	0,451 ^a
	E30	1,08±0,14	0,521	8	1,04±0,13	0,178	8	0,442 ^a
	E60	1,13±0,25	0,752	8	1,10±0,14	0,429	8	0,711 ^a
	E90	1,18±0,19	0,876	8	1,11±0,14	0,110	8	0,279 ^a
	R60	1,09±0,13	0,960	8	1,09±0,16	0,201	8	0,522 ^a
	R120	1,01±0,25	0,171	8	0,95±0,26	0,201	8	0,588 ^a
	R180	0,94±0,16	0,167	8	0,96±0,18	0,003*	8	0,683 ^b
	R240	0,95±0,17	0,201	8	0,90±0,26	0,254	8	0,407 ^a
	R300	0,96±0,11	0,062	8	0,95±0,21	0,237	8	0,802 ^a
Sodio (mmol/L)	Basal	140,13±2,30	0,074	8	141,13±1,89	0,081	8	0,388 ^a
	E30	141,88±1,64	0,220	8	142,00±1,69	0,208	8	0,897 ^a

	E60	141,75±1,75	0,278	8	142,13±1,96	0,663	8	0,670 ^a
	E90	142,88±1,64	0,036*	8	143,38±1,77	0,471	8	0,458 ^b
	R60	140,29±1,98	0,700	8	140,63±2,32	0,070	8	0,999 ^b
	R120	136,25±5,60	0,453	8	136,50±5,24	0,254	8	0,936 ^a
	R180	135,75±2,91	0,252	8	136,13±1,36	0,804	8	0,763 ^a
	R240	137,25±2,43	0,272	8	135,63±3,46	0,453	8	0,377 ^a
	R300	138,25±1,48	0,066	8	137,38±1,19	0,036*	8	0,200 ^b
Potasio (mmol/L)	Basal	4,21±0,24	0,219	8	4,20±0,11	0,120	8	0,888 ^a
	E30	5,14±0,22	0,453	8	5,11±0,23	0,197	8	0,722 ^a
	E60	5,20±0,33	0,016*	8	5,13±0,21	0,686	8	0,893 ^b
	E90	4,94±0,37	0,393	8	4,96±0,34	0,012*	8	0,833 ^b
	R60	4,58±0,41	0,953	8	4,69±0,27	0,659	8	0,598 ^a
	R120	4,24±0,24	0,967	8	4,45±0,14	0,044*	8	0,176 ^b
	R180	4,07±0,31	0,020*	8	4,23±0,21	0,005*	8	0,783 ^b
	R240	3,76±0,24	0,207	8	3,97±0,19	0,754	8	0,256 ^a
	R300	3,84±0,28	0,509	8	3,90±0,22	0,518	8	0,842 ^a
Cloro (mmol/L)	Basal	101,63±1,69	0,862	8	101,25±1,91	0,217	8	0,670 ^a
	E30	103,00±1,51	0,416	8	103,13±2,23	0,633	8	0,916 ^a
	E60	102,75±1,39	0,591	8	102,75±2,31	0,209	8	0,999 ^a
	E90	103,50±1,51	0,147	8	103,75±1,83	0,456	8	0,732 ^a
	R60	100,43±1,81	0,033*	8	101,13±2,10	0,221	8	0,498 ^b
	R120	97,38±2,26	0,814	8	98,50±2,07	0,490	8	0,309 ^a
	R180	96,25±1,39	0,804	8	97,13±1,36	0,101	8	0,329 ^a
	R240	97,00±1,41	0,377	8	97,38±1,92	0,787	8	0,623 ^a
	R300	97,50±1,31	0,307	8	97,50±1,20	0,518	8	0,999 ^a
Osmolalidad (mosmol)	Basal	285,13±5,54	0,355	8	284,13±5,91	0,928	8	0,715 ^a
	E30	290,88±6,71	0,000*	8	290,63±2,77	0,627	8	0,499 ^b
	E60	293,13±3,91	0,539	8	292,50±3,07	0,000*	8	0,398 ^b
	E90	294,00±7,01	0,216	8	293,75±2,96	0,556	8	0,925 ^a
	R60	287,00±5,48	0,573	8	286,88±6,17	0,588	8	0,947 ^a
	R120	277,38±9,99	0,007*	8	280,00±4,53	0,083	8	0,600 ^b
	R180	279,13±8,66	0,913	8	274,63±5,09	0,660	8	0,191 ^a
	R240	279,75±3,57	0,000*	8	276,25±3,57	0,314	8	0,400 ^b
	R300	279,88±2,53	0,823	8	275,75±3,15	0,498	8	0,010* ^a
Fósforo (mg/dL)	Basal	3,64±0,62	0,237	8	3,64±0,42	0,785	8	0,999 ^a
	E30	4,55±0,90	0,019*	8	4,25±0,61	0,902	8	0,351 ^b
	E60	4,80±0,66	0,577	8	4,44±0,47	0,709	8	0,200 ^a
	E90	4,68±0,56	0,034*	8	4,56±0,46	0,952	8	0,324 ^b
	R60	4,00±0,44	0,522	8	3,70±0,35	0,056	8	0,248 ^a
	R120	3,56±0,35	0,182	8	3,85±0,90	0,758	8	0,400 ^a
	R180	3,53±0,49	0,455	8	3,50±0,30	0,493	8	0,897 ^a
	R240	3,69±0,68	0,050	8	3,80±0,49	0,783	8	0,564 ^a
	R300	3,78±0,58	0,995	8	3,84±0,43	0,661	8	0,771 ^a
Calcio (mg/dL)	Basal	9,28±0,18	0,607	8	9,10±0,43	0,052	8	0,281 ^a
	E30	9,58±0,32	0,786	8	9,35±0,48	0,540	8	0,125 ^a
	E60	9,73±0,33	0,341	8	9,33±0,82	0,360	8	0,143 ^a
	E90	9,78±0,35	0,087	8	9,50±0,62	0,705	8	0,145 ^a
	R60	9,36±0,19	0,473	8	9,18±0,74	0,287	8	0,266 ^a
	R120	9,23±0,32	0,708	8	9,08±0,83	0,192	8	0,580 ^a
	R180	9,26±0,31	0,830	8	9,09±0,42	0,032*	8	0,175 ^b
	R240	9,34±0,24	0,042*	8	9,23±0,09	0,135	8	0,197 ^a
	R300	9,28±0,18	0,099	8	9,33±0,14	0,262	8	0,590 ^a

Albúmina (g/dL)	Basal	4,46±0,23	0,216	8	4,44±0,17	0,862	8	0,794 ^a
	E30	4,70±0,26	0,688	8	4,59±0,19	0,946	8	0,229 ^a
	E60	4,84±0,34	0,203	8	4,60±0,36	0,491	8	0,250 ^a
	E90	4,91±0,31	0,180	8	4,66±0,29	0,204	8	0,150 ^a
	R60	4,67±0,32	0,593	8	4,44±0,45	0,515	8	0,163 ^a
	R120	4,48±0,24	0,223	8	4,48±0,36	0,585	8	0,999 ^a
	R180	4,54±0,23	0,783	8	4,41±0,24	0,719	8	0,317 ^a
	R240	4,51±0,18	0,754	8	4,51±0,19	0,747	8	0,999 ^a
	R300	4,48±0,19	0,263	8	4,59±0,21	0,432	8	0,208 ^a
Magnesio (mg/dL)	Basal	1,84±0,17	0,999	8	1,84±0,16	0,269	8	0,967 ^a
	E30	1,71±0,09	0,305	8	1,75±0,13	0,020*	8	0,401 ^b
	E60	1,62±0,09	0,237	8	1,66±0,14	0,464	8	0,504 ^a
	E90	1,65±0,14	0,202	8	1,66±0,15	0,262	8	0,945 ^a
	R60	1,71±0,12	0,031*	8	1,71±0,12	0,983	8	0,866 ^b
	R120	1,72±0,24	0,503	8	1,72±0,18	0,303	8	0,714 ^a
	R180	1,73±0,16	0,057	8	1,70±0,15	0,196	8	0,649 ^a
	R240	1,68±0,11	0,753	8	1,73±0,18	0,496	8	0,514 ^a
	R300	1,76±0,16	0,280	8	1,73±0,18	0,184	8	0,755 ^a
Dill-Costill (g.100ml⁻¹)	Basal	0,14±8,25	0,768		-11,03±7,73	0,99	8	0,025*^a
	E90	1,42±7,57	0,215		2,19±12,57	0,337	8	0,873 ^a

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

* **Diferencias estadísticamente significativas**

Los valores de hematocrito, Hb y hematíes experimentan un incremento del 3% durante la fase de esfuerzo, lo que se corresponde con el porcentaje de deshidratación sufrido. Los valores de los parámetros hematológicos y bioquímicos estudiados varían tanto durante el período de esfuerzo como durante el período de rehidratación, no mostrando, en general diferencias significativas con los dos tipos de agua utilizada para la rehidratación, con determinadas excepciones, en valores hematológicos (Hematíes a los 30 y a los 90 minutos de esfuerzo con valores mayores en AMF, el Volumen Corpuscular Medio, durante todo el periodo de esfuerzo, con valores mayores en AMF, el %N-Segmentados a los 60 minutos de esfuerzo con valores mayores en AMD, el % linfocitos a los 30 minutos de esfuerzo con valores mayores en AMF y N-Segmentados a los 30 minutos de esfuerzo con valores mayores en AMD) y en parámetros bioquímicos, la osmolalidad (Figura 10), que es mayor con el agua Magma® a partir de la 3ª hora de rehidratación, obteniendo valores significativos al final de la 5ª hora.

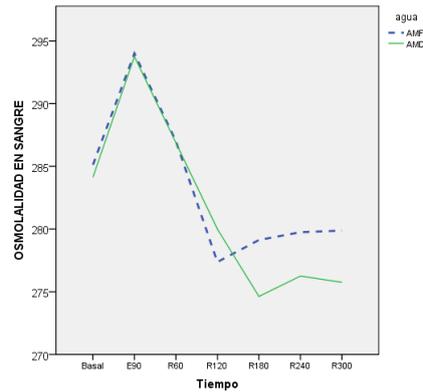


Figura 10.- Cambios en la osmolalidad en sangre a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación

La evolución del índice de Dill-Costill, que refleja cambios en el volumen plasmático (VP), muestra la siguiente tendencia: entre los valores basales y los obtenidos tras 90 minutos de esfuerzo, el incremento del VP es un 11% mayor con el AMD siendo la diferencia significativa y sin embargo entre el final del esfuerzo y las 5 horas de recuperación, el incremento de VP no muestra diferencias significativas (Figura 11).

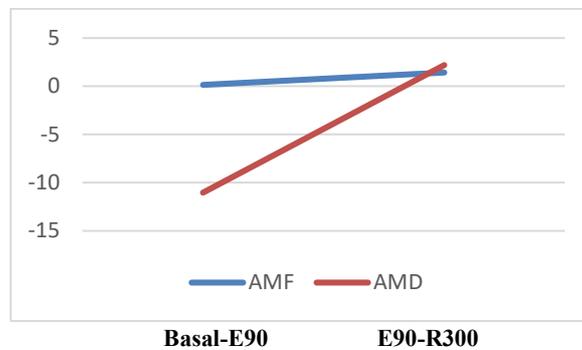


Figura 11.- Cambios en el índice de Dill-Costill a lo largo del período de esfuerzo y rehidratación

Estos resultados indican que el volumen plasmático se recupera de forma similar con ambos tipos de agua ingerida, pero dado que la diuresis es mucho mayor con el AMD, estos datos parecen indicar claramente que el AMF permite una mayor hidratación probablemente tanto en el espacio intersticial como en el intracelular, mejorando la hidratación global del sujeto.

4.6.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE6: COMPOSICIÓN DE LA ORINA

“Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización.”

Los parámetros urinarios que se han estudiado fueron el pH, bicarbonato, sodio, osmolalidad, fósforo, calcio, microalbúmina, cloro y potasio. Las determinaciones de estos parámetros se realizaron antes de iniciar el período de esfuerzo y al finalizar éste, así como cada hora durante las cinco horas del período de rehidratación. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 17.

Tabla 17.- Valores bioquímicos de orina durante el periodo de recuperación

Bioquímica de Orina		AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
		$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
pH	Basal	6,30±0,27	--	5	6,33±0,29	--	3	0,875 ^b
	E90	6,33±1,15	0,000*	7	6,36±0,73	0,367	3	0,655 ^b
	R60	6,71±0,81	0,725	7	6,38±0,58	0,048*	8	0,102 ^b
	R120	7,75±0,27	0,001*	8	6,50±0,85	0,208	8	0,027*^b
	R180	7,31±0,53	0,366	8	5,81±0,88	0,037*	8	0,003*^a
	R240	7,25±0,65	0,389	8	6,06±1,32	0,028*	8	0,058 ^b
	R300	7,14±0,38	0,314	7	6,07±1,34	0,065	8	0,052 ^a
	R12H	8,07±0,19	0,501	7	6,57±0,61	0,421	7	0,000*^a
Bicarbonato (mmol/L)	Basal	3,84±2,67	--	5	3,43±1,70	--	3	0,824 ^b
	E90	9,07±3,52	0,493	7	6,77±4,07	0,450	3	0,400 ^a
	R60	14,54±13,07	0,001*	7	8,43±5,31	0,028*	8	0,027*^b
	R120	29,30±15,13	0,185	8	6,83±5,83	0,017*	8	0,012*^b
	R180	12,80±6,15	0,603	8	5,83±3,38	0,053	8	0,043*^a
	R240	12,65±6,57	0,493	8	5,23±2,90	0,000*	8	0,049*^b
	R300	12,29±7,02	0,317	7	3,31±1,06	0,692	8	0,010*^a
	R12H	--	--	-	--	--	-	--
Sodio (mmol/L)	Basal	144,20±66,51	--	5	131,33±93,35	--	3	0,826 ^b
	E90	92,67±44,99	0,717	7	88,00±48,49	0,726	3	0,837 ^a
	R60	68,14±30,26	0,072	7	83,43±58,77	0,101	8	0,404 ^a
	R120	52,75±46,49	0,031*	8	33,65±11,90	0,010*	8	0,050 ^b
	R180	15,38±7,74	0,498	8	11,88±6,83	0,003*	8	0,160 ^b
	R240	12,14±3,39	0,259	8	11,00±7,70	0,003*	7	0,344 ^b
	R300	37,14±29,19	0,282	7	11,29±4,89	0,460	8	0,045*^a
	R12H	98,57±33,35	0,513	7	54,29±34,16	0,972	7	0,009*^a
Osmolalidad (mosmol)	Basal	931,00±163,82	--	5	571,00±404,95	--	3	0,143 ^b
	E90	780,00±265,04	0,794	7	790,67±221,86	0,285	3	0,895 ^a

	R60	954,71±153,50	0,362	7	881,71±218,89	0,396	8	0,383 ^a
	R120	541,38±309,11	0,113	8	384,50±259,66	0,149	8	0,103 ^a
	R180	162,37±70,52	0,257	8	113,62±65,09	0,007*	8	0,183 ^b
	R240	226,25±328,13	0,000*	8	93,38±62,71	0,004*	8	0,018*^b
	R300	280,00±234,26	0,367	7	124,29±53,71	0,367	8	0,107 ^a
	R12H	541,43±181,88	0,982	7	372,57±130,33	0,947	7	0,078 ^a
Fósforo (mg/dL)	Basal	93,60±57,16	--	5	79,00±14,73	--	3	0,688 ^b
	E90	34,33±17,47	0,554	7	44,33±4,04	0,726	3	0,355 ^a
	R60	106,43±31,33	0,986	7	93,14±29,96	0,996	8	0,324 ^a
	R120	33,00±21,97	0,057	8	21,25±13,92	0,120	8	0,082 ^a
	R180	9,38±3,62	0,292	8	7,25±2,60	0,257	8	0,231 ^b
	R240	7,13±2,90	0,148	8	6,88±1,64	0,178	8	0,831 ^a
	R300	25,71±17,92	0,813	7	9,43±2,76	0,565	8	0,060 ^a
	R12H	44,29±19,98	0,744	7	37,43±14,90	0,900	7	0,517 ^a
Calcio (mg/dL)	Basal	15,18±5,85	--	5	10,80±2,44	--	3	0,274
	E90	7,67±2,33	0,247	7	5,80±0,98	0,790	3	0,192 ^a
	R60	7,56±3,17	0,067	7	8,87±3,83	0,411	8	0,317 ^a
	R120	5,28±0,78	0,000*	8	5,24±0,67	0,000*	8	0,655 ^b
	R180	<5,00	--	8	<5,00	--	8	--
	R240	<5,00	--	8	<5,00	--	8	--
	R300	5,67±1,69	0,000*	7	<5,00	--	8	--
	R12H	7,89±2,59	--	7	6,29±1,89	--	7	0,043*^b
Microalbúmina (mcg/mL)	Basal	6,72±3,47	--	5	6,50±2,26	--	3	0,926 ^b
	E90	32,17±10,62	0,566	7	23,90±18,41	0,946	3	0,648 ^a
	R60	100,20±50,89	0,456	7	65,80±56,10	0,041*	8	0,310 ^b
	R120	7,35±4,60	0,202	8	10,64±9,22	0,066	8	0,433 ^a
	R180	3,14±1,79	0,002*	8	2,74±1,15	0,003*	8	0,600 ^b
	R240	2,09±0,12	0,000*	8	2,18±0,30	0,000*	8	0,593 ^b
	R300	3,09±1,20	0,298	7	2,69±0,81	0,086	8	0,283 ^a
	R12H	5,61±5,02	0,058	7	6,56±5,43	0,501	7	0,241 ^a
Cloro (mmol/L)	Basal	190,80±70,07	--	5	167,33±89,11	--	3	0,691 ^b
	E90	185,00±96,97	0,257	7	169,33±96,72	0,247	3	0,663 ^a
	R60	158,57±54,43	0,679	7	160,43±73,03	0,807	8	0,899 ^a
	R120	90,25±57,86	0,095	8	71,50±59,21	0,062	8	0,221 ^a
	R180	28,75±11,34	0,314	8	22,38±13,81	0,002*	8	0,208 ^b
	R240	17,67±2,07	0,493	8	20,67±16,00	0,001*	8	0,596 ^b
	R300	43,57±32,26	0,139	7	20,71±9,84	0,449	8	0,064 ^a
	R12H	84,43±24,22	0,305	7	61,57±30,73	0,551	7	0,027*^a
Potasio (mmol/L)	Basal	61,16±17,08	--	5	64,27±12,44	--	3	0,999 ^b
	E90	93,83±30,14	0,576	7	97,28±39,79	0,872	3	0,867 ^a
	R60	157,40±47,23	0,377	7	114,66±61,53	0,299	8	0,018*^a
	R120	81,46±37,73	0,311	8	46,99±35,71	0,178	8	0,061 ^a
	R180	24,66±6,10	0,923	8	12,33±7,01	0,204	8	0,006*^b
	R240	12,16±4,03	0,636	8	8,00±3,93	0,125	8	0,126 ^a
	R300	24,29±17,46	0,349	7	10,00±2,72	0,481	8	0,060 ^a
	R12H	48,90±22,91	0,684	7	21,24±6,40	0,334	7	0,027*^a

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

* Diferencias estadísticamente significativas

El análisis de orina refleja claramente los cambios en la regulación hidroelectrolítica del organismo al ser uno de los mecanismos de regulación más rápidos que poseemos. En nuestro estudio hemos obtenido diferencias muy importantes entre ambos tipos de aguas ingeridos durante la fase de rehidratación.

El pH de la orina depende claramente de la mineralización del agua (sig. <0,05), siendo significativamente diferente en las dos aguas ingeridas, sobre todo a partir de la segunda hora de recuperación y tras la recuperación a domicilio, siendo superior con el AMF Magma® de Cabreiroá, y variando con el tiempo. El modo en que el pH varía con el tiempo difiere, casi significativamente (sig. 0,061) en función del agua, es decir, el pH urinario de los sujetos que se rehidrataron con un AMF aumenta con el tiempo, mientras que el pH de los que bebieron AMD disminuye ligeramente con el tiempo. El pH de la orina, a las 12 horas, sigue más elevado con el AMF, presentando valores más básicos que a las 5 horas de rehidratación. Por tanto, la rehidratación con AMF Magma® de Cabreiroá da lugar a una orina más básica que cuando la rehidratación es con un AMD (Figura 12).

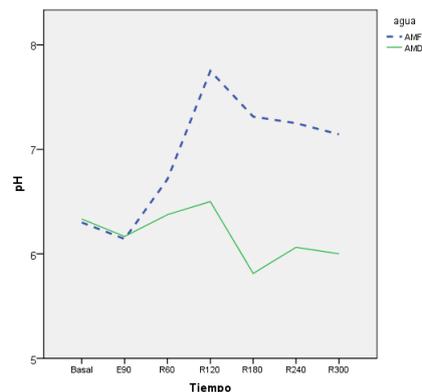


Figura 12.- Cambios en el pH urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

Se observa un comportamiento parecido con el bicarbonato, con valores superiores en aquellos deportistas rehidratados con el AMF (sig. <0,05) durante todo el periodo de recuperación (Figura 13).

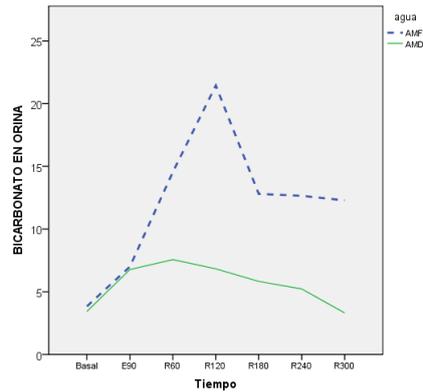


Figura 13.- Cambios en el bicarbonato urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

El sodio presenta valores significativamente mayores en AMF tras 5 horas de recuperación y tras la recuperación domiciliaria. El calcio y el cloro, tienen valores significativamente mayores en AMF tras recuperación domiciliaria. Finalmente, el potasio tiende a tener mayores valores en AMF, alcanzando la significatividad tras la primera y la tercera horas de recuperación, así como tras la recuperación domiciliaria.

Nuestros resultados muestran el poder alcalinizante del agua Magma de Cabreiroá que a su vez puede influir en el equilibrio ácido-base del cuerpo. Incluso pequeños cambios en el pH tienen efectos determinantes sobre la función celular, lo que sugiere que el consumo de agua mineral MAGMA representa una de las formas más prácticas para aumentar la carga nutricional de álcali del organismo y mejorar el status ácido-base.

El sodio disminuye significativamente a lo largo del período de rehidratación (sig. <0,05). Pero cuando se comparan los niveles de sodio de cada hora de recuperación, únicamente se encuentran diferencias significativas a las 5 horas y las 12 horas, siendo mayor el sodio urinario con el AMF Magma® de Cabreiroá. La mineralización del agua produce diferencias significativas solamente al final del periodo de recuperación (Figura 14).

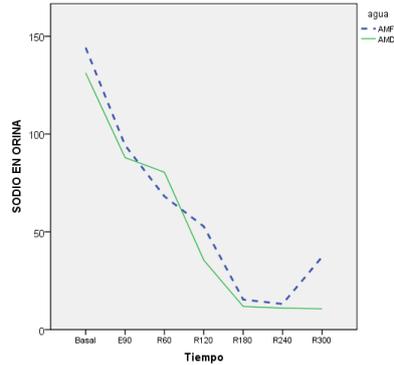


Figura 14.- Cambios en el sodio urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

La osmolalidad disminuye a lo largo del período de rehidratación, presentando valores superiores con el AMF Magma® de Cabreiroá (sig. <0,05), sobre todo a partir de la cuarta hora de rehidratación (Figura 15).

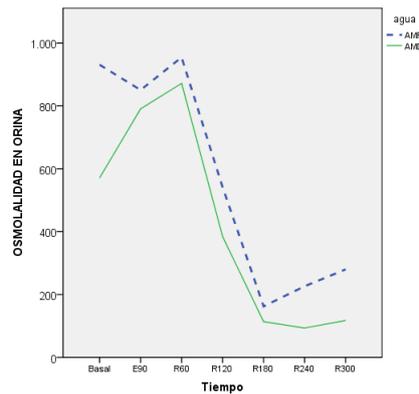


Figura 15.- Cambios en la osmolalidad urinaria durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

Los valores urinarios del fósforo disminuyen a lo largo del período de rehidratación con ambos tipos de agua. Al comparar el fósforo, hora a hora entre ambas aguas, no se encuentran diferencias significativas, aunque a las dos horas y a las 5 horas se roza la significación. El calcio sólo varía con el tiempo de recuperación, pero no varía con la mineralización del agua salvo tras la recuperación domiciliaria, presentando valores mayores en AMF (Figuras 16 y 17).

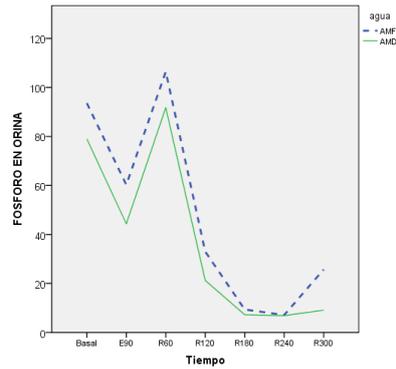


Figura 16.- Cambios en el fósforo urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

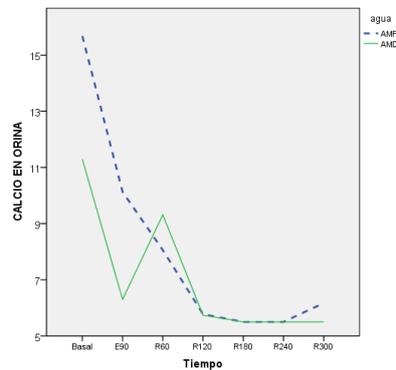


Figura 17.- Cambios en el calcio urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

El comportamiento de la microalbúmina es igual que la del calcio, sólo varía con el tiempo de recuperación, pero no con la mineralización del agua como cabe esperar. Similares resultados se obtienen para el cloro, que al igual que el calcio, sólo varía con el tiempo de recuperación, pero no con la mineralización del agua, salvo en la recuperación domiciliaria, donde presenta valores significativamente mayores en AMF, como se observa en las figuras 18 y 19.

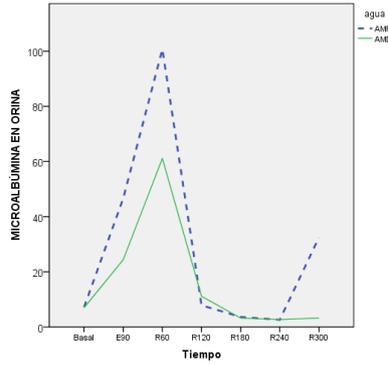


Figura 18.- Cambios en la microalbúmina urinaria durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

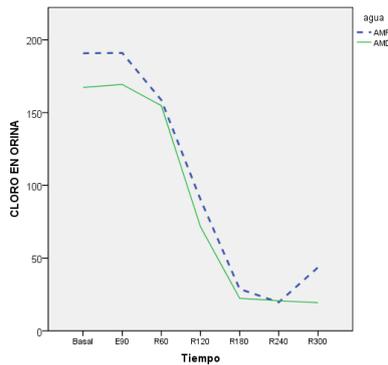


Figura 19.- Cambios en el cloro urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

Por último, los valores de potasio disminuyen con el tiempo de recuperación, siendo mayores con AMF Magma® de Cabreiroá, alcanzando la significación (sig. <0,05) tras la primera, tercera y tras la recuperación domiciliaria, como corresponde tras un aporte claramente superior de potasio con el agua Magma (Figura 20).

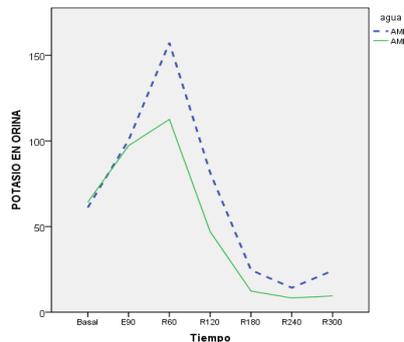


Figura 20.- Cambios en el potasio urinario durante los períodos de esfuerzo y rehidratación

4.7.- RESULTADOS RELATIVOS AL OE7: APETENCIA

“Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación”.

La apetencia de las dos aguas utilizadas en el estudio fue valorada mediante un cuestionario aplicado a los 30 y a los 150 minutos del período de rehidratación. Se les pidió a los sujetos que valorasen, en una escala de 1 a 10 puntos, la sensación de plenitud gástrica, de hinchazón, de salinidad y de agradabilidad.

Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 18.

Tabla 18.- Valores de apetencia de las diferentes aguas (AMF y AMD).

Apetencias	AGUA DE MINERALIZACIÓN FUERTE			AGUA DE MINERALIZACIÓN DÉBIL			Sig. ^{a,b}
	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. Shapiro-Wilk	n	
Plenitud Gástrica 30	5,38±2,56	0,343	8	6,63±2,77	0,264	8	0,305 ^a
Plenitud Gástrica 150	4,38±2,83	0,381	8	6,75±1,83	0,600	8	0,100 ^a
Hinchazón30	4,50±2,39	0,632	8	5,50±3,07	0,241	8	0,479 ^a
Hinchazón150	4,25±2,87	0,164	8	6,63±2,67	0,269	8	0,182 ^a
Salinidad30	7,00±2,00	0,143	8	1,88±0,83	0,067	8	0,000 ^{*a}
Salinidad150	6,38±2,50	0,026 [*]	8	2,25±1,58	0,041 [*]	8	0,018 ^{*b}
Agradable30	3,88±2,64	0,451	8	7,50±2,20	0,295	8	0,017 ^{*a}
Agradable150	4,00±2,39	0,237	8	6,38±2,88	0,421	8	0,058 ^a

^aSignificación de la prueba t para dos muestras relacionadas

^bSignificación de la prueba de Wilcoxon

*** Diferencias estadísticamente significativas**

En cuanto a la apetencia por un agua u otra, hemos encontrado diferencias significativas en la salinidad y en la agradabilidad del agua. La salinidad percibida es diferente en los dos puntos de control (30 y 150 minutos después de finalizado el ejercicio con $p < 0,001$ y $p < 0,019$ respectivamente), tal y como se puede ver en la tabla 18. En todos los casos, la salinidad percibida es mucho mayor en el AMF Magma® de Cabreiroá.

Por otra parte, la agradabilidad percibida del agua es mayor, en todos los casos, con el AMD que les resulta más agradable que el AMF. Existen diferencias significativas en el primer punto de control ($p < 0,018$), pero esa diferencia tiende a desaparecer 150 minutos después de finalizado el ejercicio ($p = 0,058$).

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

El capítulo de discusión se organiza en torno a los objetivos del estudio-

5.1.- RELATIVA AL PRIMER OBJETIVO: ANTROPOMETRÍA Y PRUEBA DE ESFUERZO

El primer objetivo del estudio *“Determinar las características antropométricas de cada uno de los sujetos participantes en el estudio y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación”*.

Estudios previos sugieren que ciertas características antropométricas son necesarias para lograr un buen rendimiento deportivo en ciclistas de carretera y de deportes de resistencia cíclica en general. El peso corporal de nuestros ciclistas es de $67,76 \pm 9,38$ kg., muy similar al de triatletas de Brasil, $66,4 \pm 4,2$ kg (Silva et al., 2012), inferior al encontrado en ciclistas profesionales UCI, que es de $74,0 \pm 6,5$ kg., y, como era esperable, mucho menor que el de los ciclistas de velocidad $85,9 \pm 8,3$ kg. (Muros et al., 2022). Resultados similares se encuentran en triatletas amateur chilenos de edad similar, pero superiores (en torno a 24 años), con un peso de $71,8 \pm 6,1$ kg (Sanhueza et al., 2017). El IMC de nuestros ciclistas $21,28 \pm 2,41$, también es similar al encontrado en otros estudios, encontrando valores muy similares $21,3 \pm 1,3$ kg/m² en triatletas de Brasil (Silva et al., 2012) y en ciclistas de carretera UCI de $22,4 \pm 1,2$ kg/m² (Muros et al., 2022), y ligeramente menores que en triatletas amateurs $23,4 \pm 1,5$ kg/m² (Sanhueza et al., 2017). En cuanto a los porcentajes de masa grasa, nuestros atletas, $11,09 \pm 1,78$ kg es superior al de triatletas brasileños $9,1 \pm 1,7$ kg (Silva et al., 2012) y muy inferior al de los triatletas

amateurs $23,5\pm 3,2$ kg (Sanhueza et al., 2017), si bien en estos últimos, el porcentaje de masa muscular es prácticamente el mismo, con una diferencia menor del 1%.

En relación al somatotipo, nuestros ciclistas tienen una endomorfia de $2,31\pm 0,77$, una mesomorfia de $3,93\pm 1,03$ y una ectomorfia de $3,93\pm 1,03$, valores muy similares a los obtenidos por Kandel y colaboradores (Kandel et al., 2014), si bien destaca que la mesomorfia es menor en nuestros atletas, y ligeramente mayor la ectomorfia. Lo mismo ocurre si comparamos nuestros resultados con los de los triatletas brasileños (Silva et al., 2012). Esto indica un dominio ectomórfico-mesomórfico que corresponde a sujetos con un alto grado de entrenamiento.

En cuanto a la frecuencia cardíaca basal, nuestros ciclistas presentan valores de $46,75\pm 3,98$ lpm y una frecuencia cardíaca máxima de $194,88\pm 4,73$ lpm. Estos valores son menores en la FC basal que en ciclistas amateurs, que rondan los 61 lpm y mayor en los valores de FC máxima de 178 lpm en ciclistas amateurs (Alvero-Cruz et al., 2022). Nuestros valores de FC máxima son mayores que los de ciclistas amateurs bien entrenados, $170,6\pm 7,9$ (Chaffin et al., 2008) y similar a valores presentados por ciclistas profesionales entrenados 190 ± 11 lpm (Hansen et al., 2006).

La potencia máxima de nuestros ciclistas es de $424,38\pm 38,32$ vatios, es muy similar a otros estudios realizados con ciclistas profesionales 481 ± 18 vatios (Padilla et al., 1999) y claramente superior (317 ± 33 vatios) a la desarrollada por sujetos sanos de edad similar (Souza et al., 2015).

Finalmente, el análisis del VO_2Max de nuestros ciclistas es de $65,65\pm 11,14$ $\text{mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, es muy superior (27,61) al de adultos jóvenes sanos practicantes de ciclismo (Alvero-Cruz et al., 2022), superior $47,3\pm 3,0$ $\text{mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ al de ciclistas amateurs

(Morgan et al., 2004), si bien es similar $60,9 \pm 6,3 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ a los valores de ciclistas profesionales de Noruega (Storen et al., 2013).

5.2.- RELATIVA AL SEGUNDO OBJETIVO: HEMODINÁMICA DEL ESFUERZO Y LA RECUPERACIÓN

El segundo objetivo del estudio *“Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación”*.

La frecuencia cardíaca durante el esfuerzo ha sido monitorizada en múltiples estudios, buscando conocer cuál es la FC adecuada para deportistas de distintas disciplinas de resistencia, en función de la duración de la prueba. En nuestro estudio, la frecuencia cardíaca media durante un esfuerzo de 90 minutos está en $155 \pm 7 \text{ lpm}$, y la frecuencia cardíaca máxima durante el test ha sido de $178 \pm 9 \text{ lpm}$. Estos resultados son similares a los deportistas participantes en ultramaratón, con una frecuencia cardíaca media durante el esfuerzo de $148 \pm 9 \text{ lpm}$, dado que el esfuerzo es de mayor duración, y con una frecuencia cardíaca máxima casi idéntica $178 \pm 11 \text{ lpm}$ (Laursen et al., 2005). La frecuencia cardíaca media es muy similar a la de ciclistas aficionados que, en un esfuerzo de cuatro horas, presentan unos valores de $159 \pm 11 \text{ lpm}$ (Nakagata et al., 2019). Si bien la FC no correlaciona entre corredores y ciclistas, siendo mayor la FC máxima en ciclistas ($188 \pm 13 \text{ lpm}$) que en corredores ($181 \pm 16 \text{ lpm}$), si bien estos últimos presentan una mayor dispersión (Roecker et al., 2003).

La temperatura timpánica basal de nuestros ciclistas es de $36,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$, incrementándose aproximadamente 2°C a los 30 y los 60 minutos de esfuerzo, descendiendo medio grado a los 90 minutos de esfuerzo. Estos resultados son muy similares a ciclistas entrenados que han realizado, igualmente, un esfuerzo de 90 minutos

a 35°C y con un 50% de humedad (Callovini et al., 2021), si bien nuestro estudio se realizó con mayores valores de humedad y menor temperatura.

La subida de temperatura timpánica y de FC a los 30 minutos de esfuerzo vienen justificados por la elevada carga de trabajo impuesta por el protocolo experimental, observándose cómo al disminuir, para los sucesivos periodos de 30 minutos el esfuerzo que los deportistas debían de mantener, se observa también una ligera disminución de la FC media y manteniéndose (con ligero descenso) la temperatura timpánica.

5.3.- RELATIVA AL TERCER OBJETIVO: EFICACIA DE LAS DOS AGUAS

El tercer objetivo del estudio *“Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA® de Cabreiroá)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso”*.

Tras el entrenamiento intenso o la competición en condiciones de calor elevado, la rehidratación es especialmente importante para optimizar la recuperación. El déficit de fluido necesita ser urgentemente restablecido, y se sugiere una ingesta hídrica del 150% del peso perdido durante el ejercicio en los 60 minutos posteriores a la finalización del esfuerzo (Racinais et al., 2015; Shirreffs & Maughan, 1998). En nuestro estudio, la pérdida de peso ha sido de $2,2\pm 0,54$ kg con el agua de mineralización fuerte y de $2,05\pm 0,48$ kg con el agua de mineralización débil, sin embargo, la ingesta de agua ad libitum en la siguiente hora post ejercicio ha sido menor de la indicada, $1651,56\pm 405,24$ ml con el agua de mineralización fuerte y $1556,25\pm 346,60$ ml con el agua de mineralización débil, llegando al 150% recomendado a las 3 horas. Esta discrepancia se explica debido a que la pérdida de peso ha sido muy elevada, dadas las condiciones de temperatura, humedad y falta de hidratación durante el ejercicio y no estaría indicada una

ingesta superior a los 3 litros en los primeros 60 minutos post ejercicio. Desde una perspectiva práctica, esta rehidratación del 150% del peso perdido no sería deseable para los atletas debido a varias razones (tiempo, malestar gastrointestinal). Es mucho más realista recuperar un 100 o un 120% de la masa perdida en una hora (Racinais et al., 2015), si bien estos valores tampoco son alcanzados por nuestros deportistas, debido a la deshidratación forzada durante el esfuerzo, tardando algo menos de dos horas en conseguir este objetivo. La rehidratación debe de incluir sodio, carbohidratos y proteínas para ser más efectiva en situación de calor (Racinais et al., 2015) y el sodio está presente en mucha mayor cantidad (545,7 mg/L) en el agua de mineralización fuerte que en el agua de mineralización débil (6,1 mg/L), lo que hace mucho más recomendable el uso de aguas de mineralización fuerte. El agua Magma de Cabreiroá supera a otras aguas de mineralización fuerte como la Zamzam (130,5 mg/L), en el contenido en sodio (Al-Qurashi et al., 2022).

Niveles de deshidratación modestos, hasta el 2-3% del peso corporal, son bien tolerados por el organismo, con bajo riesgo de morbilidad, síntomas, o descenso en el rendimiento durante el ejercicio (Armstrong, 2021), si bien otros autores sostienen que una pérdida del 2% de la masa corporal, implica un descenso en el rendimiento (Cheuvront & Kenefick, 2014; Sawka & Noakes, 2007). El porcentaje de deshidratación es de $3,23 \pm 0,45$ % con el agua de mineralización fuerte y de $3,01 \pm 0,39$ % con el agua de mineralización débil (esta pequeña diferencia entre las aguas es debido al protocolo experimental), presentando una significación estadística, si bien, ambos valores son similares, aunque en general ligeramente menores a los presentados por otros autores y que oscilan entre un 4 y un 5%, también en deshidratación forzada y en condiciones climáticas más hostiles (Cheuvront & Kenefick, 2014).

La diuresis total post ejercicio es de $2071,88 \pm 611,41$ ml con agua de mineralización fuerte y de $2721,88 \pm 680,92$ ml con agua de mineralización débil, constatándose una diferencia significativa que indica que el agua de mineralización fuerte permite una mejor y más rápida rehidratación. Esto es acorde a los resultados que valoran la concentración de partículas químicas en la orina que es mayor cuanto más prolongado e intenso es el esfuerzo (Armstrong et al., 2015). Obviamente, a mayor diuresis, menor concentración de partículas, y dado que es necesario recuperar los niveles de reposo, más bajos que en situación de deshidratación, cuando menor sea el volumen de orina excretado, más fácil será la recuperación.

5.4.- RELATIVA AL CUARTO OBJETIVO: HORMONAS Y EQUILIBRIO HÍDRICO

El cuarto objetivo del estudio *“Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua”*.

El proBNP es un biomarcador de disfunción cardíaca que se libera por la distensión de la pared del ventrículo produciendo un aumento de la diuresis y natriuresis. La producción de proBNP aumenta tras la práctica de ejercicio físico prolongado (Maeder et al., 2011) y su liberación parece estar relacionada con la duración del ejercicio, aunque no con la intensidad del mismo, desconociéndose los mecanismos precisos que expliquen dicha liberación.

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que recoge los valores del proBNP en función de la rehidratación con aguas de diferente mineralización. Hemos encontrado que durante la fase de rehidratación los valores del proBNP son siempre superiores cuando ingieren Magma de Cabreiroá siendo dichas diferencias significativas

desde los 90 minutos de ejercicio hasta las cinco horas de recuperación. La explicación de estos resultados podría encontrarse en la mayor hidratación que se consigue con el agua de mineralización fuerte, en concordancia con los resultados obtenidos con los parámetros de hidratación anteriormente expuestos. Y podrían justificar, aunque no ha sido el motivo del estudio, su utilización durante el ejercicio para conseguir una mayor expansión de plasma y reducir la pérdida de agua intravascular.

La deshidratación que se produce con el ejercicio físico de resistencia provoca alteraciones consistentes en un aumento de la respuesta hormonal de estrés a dicho ejercicio de resistencia (aumento de cortisol, adrenalina y noradrenalina) (Judelson et al., 2008). La deshidratación estimula probablemente estas hormonas mediante el incremento de la T^a central del organismo y de la demanda cardiovascular que resulta del volumen plasmático disminuido (Powers et al., 1982).

El ejercicio físico prolongado en un ambiente de calor sin rehidratación, condiciones en las que se ha realizado nuestro estudio, induce un estado de hipovolemia hiperosmótica (Sawka et al., 1984) que incrementa la secreción de ADH y aldosterona. La respuesta de estas hormonas que regulan los líquidos corporales se ha demostrado que es menor cuando los sujetos son rehidratados durante o después del ejercicio y, sobre todo, si se añaden electrolitos al agua de bebida (Brandenberger et al., 1986).

La hormona antidiurética ADH es una de las hormonas que presenta cambios en sus valores cuando los sujetos son sometidos a ejercicio de resistencia con deshidratación previa, presentando valores más elevados que en sujetos euhidratados (Hubing et al., 2011; Kenefick et al., 2000). Lo que podría explicarse porque la secreción de ADH se debe a factores no sólo osmóticos y no se vería influenciada por la ingesta oral previa de sodio (Hew-Butler et al., 2008), como ocurriría con el AMF Magma.

Nuestros resultados coinciden con los de otros autores (Kenefick et al., 2000; Nose et al., 1988a) en los que la respuesta de la aldosterona es más elevada y se mantiene elevada en situación de deshidratación, para descender con la rehidratación, siendo este descenso mayor cuando existen electrolitos en el agua utilizada para la reposición hídrica.

5.5.- RELATIVA AL QUINTO OBJETIVO: MODIFICACIONES HEMATOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS

El quinto objetivo del estudio *“Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua”*.

En este estudio se han analizado un total de 21 parámetros de hematología y 9 de bioquímica sanguínea a lo largo del período de esfuerzo (basal, E30, E60 y E90) y a lo largo de la fase de rehidratación (R60, R120, R180, R240 y R300). De esos parámetros se han encontrado diferencias significativas durante el esfuerzo en Hematíes (mmc), VCM (fL), %N-Segmentados, %Linfocitos, y N-Segmentados (mmc) y se han encontrado diferencias significativas durante la recuperación en VCM (fL) tras cuatro horas.

El ejercicio de resistencia cardiorrespiratoria y fuerza resistencia muscular han mostrado ser potentes estímulos para el incremento agudo de la viscosidad de la sangre y el plasma, la concentración de fibrinógeno plasmático y el aumento de hemoglobina en deportistas jóvenes (Ahmadizad & Bassami, 2010; Ahmadizad et al., 2006; Ahmadizad et al., 2011; Brun et al., 1998; Connes et al., 2009; El-Sayed et al., 2010; Ikeda et al., 2010).

En nuestro estudio, los hematíes experimentan un incremento del 3% durante la fase de esfuerzo, lo que se corresponde con el porcentaje de deshidratación sufrido. Estos resultados son coherentes con los resultados de Ahmadizad y cols. en personas jóvenes sanas que realizan habitualmente actividad física (Ahmadizad et al., 2011) si bien presentan valores significativamente más altos con agua de mineralización débil durante el esfuerzo. La hemoglobina, el RDW, neutrófilos y monocitos también aumentan significativamente con el esfuerzo en ciclistas ultramaratonianos (Alonso et al., 2018), lo que concuerda con los resultados de nuestro estudio, si bien no se encuentran diferencias entre las aguas de mineralización fuerte y la débil en los valores de Hemoglobina y de los Neutrófilos y Monocitos, pero son significativamente mayores en el agua de mineralización débil en el RDW.

La creatinina y la osmolalidad aumenta con el ejercicio en ciclistas ultramaratonianos, y el cloro y el potasio disminuyen (Neumayr et al., 2005), siendo estos resultados similares a los obtenidos en nuestro estudio y no encontrando diferencias entre las dos aguas.

El objeto de nuestro estudio no era valorar la evolución de los valores hematológicos y valores bioquímicos sanguíneos, que en general son acordes a los obtenidos en otros estudios, sino que era comparar los valores hematológicos y bioquímicos sanguíneos entre las aguas de mineralización fuerte y débil. Esto es ciertamente complejo, dada la falta de estudios que comparan valores bioquímicos y hematológicos con diferentes aguas. Sólo el estudio del agua Zamzam (Al-Qurashi et al., 2022) que no encuentran diferencias significativas entre las dos aguas (Zamzam de alta mineralización y agua embotellada de baja mineralización) en la mayoría de las variables medidas con la excepción de algunos electrolitos (Sodio y Potasio) y la Hemoglobina. En nuestro estudio no encontramos diferencias en ninguno de estos tres parámetros. Estas

diferencias podrían ser debidas a que el estudio con el que comparamos estaba compuesto por una muestra de atletas de taekwondo con un consumo máximo de oxígeno de $55,75 \pm 4,72$ mL/kg/min, mientras que nuestros deportistas presentan valores 10 puntos más elevados ($65,65 \pm 11,14$) al ser ciclistas expertos en resistencia y los deportistas de taekwondo no estaban en situación de deshidratación forzada.

5.6.- RELATIVA AL SEXTO OBJETIVO: COMPOSICIÓN DE LA ORINA

El sexto objetivo del estudio *“Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización”*.

En nuestro estudio se han analizado 9 parámetros de orina, no encontrándose diferencias significativas durante el ejercicio, pero si durante la recuperación en los valores de pH, Bicarbonato, Sodio, Cloro y Potasio.

El pH en orina mantiene valores significativamente más altos (alcalinos) $8,07 \pm 0,19$ con el agua de mineralización fuerte en relación al agua de mineralización débil (ácidos) $6,57 \pm 0,61$. Los valores de pH en orina con agua de mineralización débil son muy similares a los obtenidos por ciclistas entrenados (con al menos 150 km o 5 horas de entrenamiento por semana), en torno a valores de 6,5 y 6,4 mostrando una acidez muy similar (Ferreira et al., 2018). La ingesta de agua rica en bicarbonato sódico incrementa significativamente los valores de pH, aumentando así la alcalinidad, en corredores de media distancia (Shing et al., 2021), reforzando más la importancia de rehidratarse con un agua de alta mineralización.

En cuanto al bicarbonato, los valores son significativamente mayores con el agua de mineralización fuerte, frente a los valores del agua de mineralización débil, llegando a cuadruplicar los valores a las 5 horas de recuperación ($12,29 \pm 7,02$ en AMF, frente a

3,31±1,06 en AMD), indicando que la ingesta de un agua de elevada mineralización favorece la recuperación de los ciclistas. El bicarbonato parece ser secretado en mayor cantidad en distancias largas frente a las distancias cortas (Shirreffs & Maughan, 1998) y en nuestro estudio, tras 90 minutos de esfuerzo de alta intensidad el AMF favorece todavía más el incremento del bicarbonato sódico en orina.

Tras 12 horas de recuperación, el sodio presente en la orina de los sujetos que se rehidrataron con AMF (98,57±33,35 mmol/L) es casi el doble que en los sujetos rehidratados con AMD (54,29±34,16 mmol/L). Sin embargo, al finalizar el esfuerzo, no se encuentran diferencias significativas, al igual que en otros estudios con ciclistas recreacionales bien entrenados (Coles & Luetkemeier, 2005). Los valores de sodio en AMD son similares a los de otros estudios en atletas de resistencia que valoran la concentración de sodio en el sudor 51,7±27,8 mmol/L (Barnes et al., 2019), reforzando así la idea de la importancia de la alta mineralización para una mejor recuperación de los deportistas. Durante el periodo de esfuerzo no se han encontrado diferencias significativas, resultado en concordancia con otros estudios (Al-Qurashi et al., 2022) en deportistas de combate profesionales, e incluso en sujetos sanos no deportistas profesionales (Cuisinier et al., 2002).

Con los ciclistas de nuestro estudio, se han encontrado diferencias significativas únicamente en los valores de cloro tras 12 horas, siendo sus valores mayores con la ingesta de AMF (84,43±24,22 mmol/L), frente a los valores con la ingesta de AMD (61,57±30,73 mmol/L). Durante el periodo de esfuerzo, al igual que con el sodio, no se han encontrado diferencias significativas, resultado en concordancia con otros estudios con deportistas profesionales (Al-Qurashi et al., 2022) y no profesionales (Cuisinier et al., 2002).

Finalmente, los valores de potasio, disminuyen con la recuperación con AMD y AMF, si bien, transcurridas 12 horas con AMF presentan valores superiores al doble ($48,90\pm 22,91$ mmol/L) frente a AMD ($21,24\pm 6,40$ mmol/L). Si bien los valores de potasio no varían con las dos aguas al finalizar el esfuerzo, al igual que en otros estudios con deportistas de taekwondo de alto nivel (Al-Qurashi et al., 2022) y no profesionales (Cuisinier et al., 2002).

5.7.- RELATIVA AL SÉPTIMO OBJETIVO: APETENCIA

El séptimo objetivo del estudio *“Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación”*.

Hay algunos estudios que valoran la palatabilidad de la ingesta de fluidos durante actividades de resistencia, pero valoran la temperatura o el contenido en carbohidratos o en proteínas (Burdon et al., 2012; Lavoie & Tremblay, 2020).

En nuestro estudio, se observa una mayor percepción de salinidad en AMF frente a AMD, como no podría ser de otra manera, ya que las concentraciones de sales minerales son mucho mayores en AMF, y como consecuencia perciben como más agradable el agua de mineralización débil. La comparación con otros estudios no es posible dado que este aspecto no es tratado en la bibliografía.

5.8.- DISCUSIÓN CONJUNTA

No sólo para obtener certezas sobre la salud de los participantes, hemos decidido realizar una prueba de esfuerzo máxima en cicloergómetro, de igual forma que otros autores (Alonso et al., 2018; Chaffin et al., 2008; Chevront & Kenefick, 2014; Nakagata et al., 2019; Sawka et al., 1984; Souza et al., 2015; Storen et al., 2013). La determinación de la masa magra de los sujetos, teniendo en cuenta que la hidratación de esa masa magra

se aproxima a un valor constante y es el factor principal que determina los niveles de euhidratación, y dado que no se encuentren diferencias significativas en la masa grasa de los sujetos, nos permitió presuponer que el nivel de deshidratación que íbamos a conseguir era homogéneo y suficiente para objetivar un cambio en las variables de estudio y al mismo tiempo que fuese un esfuerzo razonablemente bien soportado por los sujetos experimentales (Cheuvront et al., 2007; Institute-of-Medicine, 2005; Kenefick et al., 2012; Kenefick et al., 2009; Suhr et al., 2010).

El segundo aspecto importante, es que siendo tremendamente variable (como sabíamos por otros estudios) la tasa de sudoración individual (Horswill et al., 2009; Nadel et al., 1971) y la carga de trabajo máxima soportada (Gagnon et al., 2013; Shibasaki, Rasmussen, et al., 2009; Shibasaki et al., 2004; Souza et al., 2015), nos pareció importante igualar el trabajo a las capacidades maximales de cada individuo. Y, por tanto, definir la carga de trabajo a soportar durante el experimento en función de medidas relativas. Este aspecto es claramente diferenciador de este trabajo y de algún otro (Mora-Rodriguez et al., 2013; Storen et al., 2013) en relación a otros muchos que utiliza una carga absoluta, con independencia de los deportistas (Gagnon et al., 2013; Hansen et al., 2006).

En tercer lugar, y teniendo en cuenta las extremas condiciones medioambientales a las que los sujetos iban a ser expuestos, y con el objetivo de igualar los tiempos de deshidratación de los deportistas, se procedió a disminuir una vez forzada la sudoración, las cargas de trabajo a soportar, para permitir 90 minutos de trabajo. Sin embargo, en la bibliografía existente, este procedimiento no es nada habitual, sino, al contrario, los protocolos tienden a mantener constante la carga o determinar de forma absoluta el tiempo de trabajo.

Parece claro que cuando hablamos de actividad física intensa en situaciones de ambiente extremo, deberemos de tener en cuenta todos los mecanismos que intervienen en el proceso de la regulación hídrica y que significarán el éxito a la hora de soportar la carga de trabajo diseñada, sin sufrir grandes complicaciones.

Hablar de la complejidad del proceso de rehidratación teniendo en cuenta sólo los aspectos de osmolalidad y de control de volumen, que son primordiales y rectores en las actividades cotidianas, sin tener en cuenta el importante desequilibrio ácido-básico generado durante la realización de actividad intensa, y sobre todo que la evaporación pasa a ser el mecanismo primordial que posibilita mantener la temperatura corporal en intervalo estrecho y compatible con la vida, al mismo tiempo que garantiza el mantenimiento de la actividad durante largo tiempo. Por tanto, cuando hablamos de ejercicio intenso, se hace absolutamente necesario tener en cuenta de forma conjunta todos los mecanismos reguladores para valorar sus interrelaciones de manera adecuada (Figura 21, Tabla 19).



Figura 21.- Factores moduladores del equilibrio hidroelectrolítico en ejercicio. **Nota.** Fuente:

Elaboración propia

Finalmente, siendo el agua el componente predominante del cuerpo humano, no debemos de olvidarnos de que son los electrolitos en sus formas iónicas los mecanismos

moduladores del intercambio hídrico entre los distintos compartimentos. En definitiva, es el agua y las sales los constituyentes fundamentales que permiten la vida y el rendimiento humano.

Tabla 19.- Variables afectadas, centros moduladores y mecanismos sensores y efectores implicados en la regulación del balance hidroelectrolítico

Mecanismo	Osmorregulación	Regulación de volumen	Equilibrio Ácido-Básico	Temperatura
Variable afectada	Osmolalidad	Volumen circulante efectivo	PH sanguíneo y renal	Central y periférica
Sensores	Osmorreceptores hipotalámicos	Seno carotídeo, seno aórtico, arteriolas eferentes	Carga de H ⁺	Termorreceptores y mecanorreceptores de piel e internos
Centro regulador	Hipotálamo	Hipotálamo y mecanismos periféricos	PH sanguíneo y renal	Centro termorregulador de área preóptica hipotalámica
Efectores	ADH	Sistema renina-angiotensina-aldosterona Péptido natriurético ADH	Aldosterona Péptido natriurético Sistemas amortiguadores Presión de CO ₂	Glándulas sudoríparas Convección de calor central a periférico
Efecto final	Incremento osmolalidad en orina Sed	Excreción urinaria de Na ⁺ Redistribución del flujo sanguíneo	Acidificación de orina Reabsorción de bicarbonato Excreción de hidrogeniones	Redistribución del flujo sanguíneo cutáneo Sudoración

Nota. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Relacionadas con el **OG**: El objetivo general del estudio es analizar cómo se produce la rehidratación tras un ejercicio físico de alta intensidad y en una situación de estrés ambiental, en función de la distinta mineralización del agua de bebida utilizada, así como determinar si dichas bebidas pueden servir de ayuda para lograr una mejor recuperación del nivel hídrico y una más pronta capacidad de trabajo físico:

CONCLUSION GENERAL:

En deportistas sometidos a deshidratación tras ejercicio físico en situación de estrés ambiental la rehidratación con el agua Magma de Cabreiroá es más efectiva que con un agua de mineralización muy débil.

Relacionadas con los **OE**:

Relacionadas con el **OE1**.- Determinar las características antropométricas de cada uno de los sujetos participantes en el estudio y obtener los valores en una prueba de esfuerzo máximo para cada uno de los sujetos con el objetivo de establecer el nivel de esfuerzo al que van a estar sometidos durante la fase de deshidratación:

PRIMERA:

Los datos antropométricos indican que los sujetos poseen un importante porcentaje de masa muscular y un somatotipo de predominio ectomórfico-mesomórfico que corresponde a sujetos con un alto grado de entrenamiento.

SEGUNDA:

Los deportistas tienen valores de frecuencia cardíaca basal bajos y presentan un consumo máximo de oxígeno muy elevado, acorde a su nivel de entrenamiento.

Relacionadas con el **OE2**.- Estudiar las modificaciones hemodinámicas que conllevan las fases de esfuerzo y de rehidratación:

TERCERA:

La frecuencia cardíaca es máxima a los 30 minutos de esfuerzo, reduciéndose hasta llegar a los 90 minutos de esfuerzo, no encontrando diferencias significativas entre las dos aguas.

CUARTA:

La temperatura timpánica se hace máxima tras 30 minutos de esfuerzo y recupera valores cercanos a los basales tras la primera hora de recuperación, no encontrando diferencias significativas entre las dos aguas.

Relacionadas con el **OE3**.- Valorar la eficacia que dos aguas diferentes -AMD y AMF (MAGMA® de Cabreiroá)- con baja y alta mineralización, respectivamente, tienen sobre la capacidad de rehidratación tras un esfuerzo de alta intensidad y duración prolongada en un ambiente climático caluroso.

QUINTA:

Tras 90 minutos de esfuerzo, los deportistas presentaron porcentajes de deshidratación similares con las dos aguas, representando una pérdida de peso algo superior a los dos kilogramos.

SEXTA:

El mayor volumen de agua retenido durante la fase de rehidratación junto con la menor eliminación de agua por orina muestra la mayor capacidad de rehidratación del agua Magma de Cabreiroá.

SÉPTIMA:

La diuresis acumulada durante las cinco horas de recuperación, es más elevada con el AMD que con el agua Magma de Cabreiroá, indicando que la rehidratación es más efectiva con AMF, pues se produce una mayor retención hídrica.

Relacionados con el **OE4.-** Estudiar los cambios que conlleva el proceso de rehidratación en las principales hormonas que regulan el equilibrio hídrico y sus modificaciones en función del grado de mineralización del agua:

OCTAVA:

Las hormonas que regulan el equilibrio hídrico muestran la mayor capacidad de rehidratación del agua Magma: Valores superiores de pro-BNP y hormona antidiurética y valores inferiores de aldosterona con la hidratación con el agua Magma de Cabreiroá.

Relativos al **OE5.-** Valorar las modificaciones a nivel hematológico y bioquímico durante los procesos de deshidratación en ambiente cálido y rehidratación forzada en función del grado de mineralización del agua:

NOVENA:

La osmolalidad sanguínea mayor con el agua Magma indica mejor capacidad de rehidratación y de reposición hidroelectrolítica.

DÉCIMA:

Los cambios en el volumen plasmático con agua Magma indican mayor rehidratación tanto en el espacio intersticial como intracelular.

Relativos al **OE6**.- Estudiar los cambios que se producen en la composición de la orina tras la rehidratación con aguas de distinta mineralización:

UNDÉCIMA:

La rehidratación con Magma de Cabreiroá da lugar a una mejoría del status ácido-base corporal. El pH de la orina es más elevado con el agua Magma de Cabreiroá que con un AMD, manteniéndose el pH básico a las 12 horas de recuperación.

DUODÉCIMA:

La eliminación de bicarbonato por orina se mantiene significativamente más elevado con agua Magma de Cabreiroá durante todo el periodo de rehidratación.

DECIMOTERCERA:

El aporte suplementario de potasio con el agua Magma de Cabreiroá contribuye a la reposición electrolítica del organismo.

Relativas al **OE7**.- Valorar la apetencia de cada una de las aguas utilizadas durante el proceso de rehidratación:

DECIMOCUARTA:

La apetencia es mayor por el AMD que por la del agua Magma de Cabreiroá, pero la sensación de agradabilidad ya no presenta diferencias significativas a los 150 minutos de recuperación. Esto refleja la necesidad de realizar pedagogía con los deportistas acerca del tipo de bebida más adecuada que deben utilizar para rehidratarse independientemente de la apetencia.

CAPÍTULO 7: APLICACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras la realización de nuestro trabajo, se pueden hacer las siguientes sugerencias para futuros estudios:

- I) Implicación de la alta mineralización de las aguas de bebida en mejor hidratación y menor pérdida hídrica durante las actividades de resistencia.
- II) Valorar los efectos que la elevada osmolalidad de determinadas aguas presenta en relación a los tiempos de vaciado gástrico, consiguiendo así un mejor mantenimiento de la hidratación durante actividades prolongadas.
- III) Realizar estudios comparativos en función del sexo.
- IV) Corregir el efecto desfavorable del exceso de salinidad percibido por parte de los deportistas, modificando el mismo a través de compuestos hidrocarbonados.
- V) Disponer de técnicas y medidas mucho más precisas de la temperatura corporal central y periférica.

CAPÍTULO 8: LIMITACIONES Y FORTALEZAS

En su conjunto, esta tesis doctoral proporciona información novedosa en relación a la importancia que la mineralización de las aguas tiene en la capacidad de rehidratación tras ejercicio físico intenso en condiciones climáticas adversas. Los datos obtenidos permiten presuponer que esta mejora se produciría también en actividades prolongadas más allá de 60 minutos.

La primera limitación que debemos mencionar es la dificultad para obtener una muestra más amplia de individuos homogéneos.

Otra limitación que podemos señalar es no disponer de una cámara climática que permita mantener de forma constante y precisa el ambiente del laboratorio.

Finalmente, sería interesante el disponer de material que permita una valoración más precisa de la temperatura central y periférica que supone la carga de trabajo realizada.

Sin ninguna duda, ha quedado demostrado que el agua Magma® de Cabreiroá, es un agua altamente eficiente para mejorar la rehidratación, pudiendo incluso competir con otros productos respaldados por una estructura de marketing que copan el mercado en la actualidad.

CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

9.1.- BIBLIOGRAFÍA LEGAL

Convenio de Oviedo (1997). Instrumento de Ratificación del Convenio para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la Biología y la Medicina (Convenio relativo a los derechos humanos y la biomedicina), hecho en Oviedo el 4 de abril de 1997. *Boletín Oficial del Estado* número 251 de 20 de octubre de 1999.
<https://www.boe.es/boe/dias/1999/10/20/pdfs/A36825-36830.pdf>

Decreto 29/2009, de 5 de febrero, por el que se regula el uso y acceso a la historia clínica electrónica. *Diario Oficial de Galicia* número 34 de 18 de febrero de 2009.
https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2009/20090218/AnuncioA6C6_es.html

Decreto 164/2013, de 24 de octubre, por el que se modifica el Decreto 29/2009, de 5 de febrero, por el que se regula el uso y acceso a la historia clínica electrónica. *Diario Oficial de Galicia* número 213 de 7 de noviembre de 2013.
https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2013/20131107/AnuncioC3K1-311013-0001_es.html

Directiva 2009/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, legislación común de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales. DOUEL núm. 435 de 23 de diciembre de 2020.

Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. *Boletín Oficial del Estado* número 159 de 4 de julio de 2007.
<https://www.boe.es/boe/dias/2007/07/04/pdfs/A28826-28848.pdf>

Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. *Boletín Oficial del Estado* número 274 de 15 de noviembre de 2002.

Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. *Boletín Oficial del Estado* número 294 de 6 de diciembre de 2018. <https://www.boe.es/boe/dias/2018/12/06/pdfs/BOE-A-2018-16673.pdf>

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado* número 340 de 20 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>

Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, de protección de datos personales tratados para fines de prevención, detección, investigación y enjuiciamiento de infracciones penales y de ejecución de sanciones penales. *Boletín Oficial del Estado* número 126 de 27 de mayo de 2021. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2021/BOE-A-2021-8806-consolidado.pdf>

Orden SAS/3470/2009, de 16 de diciembre, por la que se publican las directrices sobre estudios posautorización de tipo observacional para medicamentos de uso humano. *Boletín Oficial del Estado* número 310 de 25 de diciembre de 2009. <https://www.boe.es/boe/dias/2009/12/25/pdfs/BOE-A-2009-20817.pdf>

Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. *Boletín Oficial del Estado* número 9 de 11 de enero de 2023. <https://www.boe.es/boe/dias/2023/01/11/pdfs/BOE-A-2023-628.pdf>

Real Decreto 389/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Española de Protección de Datos. *Boletín Oficial del Estado* número 131 de 2 de junio de 2021. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/06/02/pdfs/BOE-A-2021-9175.pdf>

Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. *Boletín Oficial del Estado* número 16 de 19 de enero de 2011. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-971-consolidado.pdf>

Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. *Boletín Oficial del Estado* número 17 de 20 de enero de 2011. <https://www.boe.es/boe/dias/2011/01/20/pdfs/BOE-A-2011-1011.pdf>

World Medical Association. (2001). World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bulletin of the World Health Organization*, 79 (4), 373 - 374. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/268312>

9.2.- BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Adam, S., Colburn, A. T., Suh, H. G., & Kavouras, S. A. (2022). The Acute Effect of Adequate Water Intake on Glucose Regulation in Low Drinkers [Meeting Abstract]. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 77, 33-36. <https://doi.org/10.1159/000520479>
- Adeoye, A., Odugbemi, A., & Ajewole, T. (2022). Structure and Function of Aquaporins: the Membrane Water Channel Proteins. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(1), 690-705. <https://doi.org/10.33263/briac121.690705>
- Adolph, E. F. (1938). Heat exchanges of man in the desert. *American Journal of Physiology*, 123(2), 486-499. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1938.123.2.486>
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (1998). Management of life-threatening acid-base disorders - Second of two parts. *New England Journal of Medicine*, 338(2), 107-111. <https://doi.org/10.1056/nejm199801083380207>
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (1999). Management of life-threatening acid-base disorders (vol 338, pg 26, 1998). *New England Journal of Medicine*, 340(3), 247-247.
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (2000a). Hyponatremia - Reply. *New England Journal of Medicine*, 343(11), 817-818.
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (2000b). Hyponatremia. *New England Journal of Medicine*, 343(12), 888-888.
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (2000c). Primary care - Hyponatremia. *New England Journal of Medicine*, 342(20), 1493-1499. <https://doi.org/10.1056/nejm200005183422006>

- Adroque, H. J., & Madias, N. E. (2000d). Primary care: Hyponatremia. *New England Journal of Medicine*, 342(21), 1581-1589.
<https://doi.org/10.1056/nejm200005253422107>
- Ahmadizad, S., & Bassami, M. (2010). Interaction effects of time of day and sub-maximal treadmill exercise on the main determinants of blood fluidity. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 45(2-4), 177-184.
<https://doi.org/10.3233/ch-2010-1295>
- Ahmadizad, S., El-Sayed, M. S., & MacLaren, D. P. M. (2006). Effects of water intake on the responses of haemorheological variables to resistance exercise. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 35(1-2), 317-327.
- Ahmadizad, S., Moradi, A., Nikookheslat, S., Ebrahimi, H., Rahbaran, A., & Connes, P. (2011). Effects of age on hemorheological responses to acute endurance exercise. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 49(1-4), 165-174.
<https://doi.org/10.3233/ch-2011-1466>
- Al-Qurashi, T. M., Aljaloud, K. S., Aldayel, A., Alsharif, Y. R., Alaqil, A. I., & Alshuwaier, G. O. (2022). Effect of Rehydration with Mineral Water on Cardiorespiratory Fitness Following Exercise-Induced Dehydration in Athletes [Article]. *Journal of Mens Health*, 18(10).
<https://doi.org/10.31083/j.jomh1810206>
- Almalki, J. A., Knight, S. N., PoulosnAff, S. P., Stanfield, D. L., Killen, L. G., Waldman, H. S., & O'Neal, E. K. (2022). Hydration and Cognitive Task Performance in Children: A Systematic Review. *Journal of Cognitive Enhancement*(6), 519-530.
<https://doi.org/10.1007/s41465-022-00249-4>
- Alonso, I., Matos, A., Ribeiro, R., Gil, A., Cardoso, C., Sardinha, L. B., & Bicho, M. (2018). Mountain Cycling Ultramarathon Effects on Inflammatory and

- Hemoglobin Responses. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 353-360. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001440>
- Alvero-Cruz, J. R., Romero, J. C. G., Ordonez, F. J., Mongin, D., Correas-Gomez, L., Nikolaidis, P. T., & Knechtle, B. (2022). Age and Training-Related Changes on Body Composition and Fitness in Male Amateur Cyclists. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), Article 93. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010093>
- American-College-of-Sport-Medicine. (2007). Exercise and Fluid Replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2).
- Ando, S.-i., Kawamura, N., Matsumoto, M., Dan, E., Takeshita, A., Murakami, K., . . . Kiyokawa, H. (2009). Simple standing test predicts and water ingestion prevents vasovagal reaction in the high-risk blood donors [Article]. *Transfusion*, 49(8), 1630-1636. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2009.02189.x>
- Armstrong, L. E. (2021). Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods. *Nutrients*, 13(3), Article 887. <https://doi.org/10.3390/nu13030887>
- Armstrong, L. E., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1985). Influence of iduretic-induced dehydration on competitive runnign performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(4), 456-461. <https://doi.org/10.1249/00005768-198508000-00009>
- Armstrong, L. E., Ganio, M. S., Casa, D. J., Lee, E. C., McDermott, B. P., Klau, J. F., . . . Lieberman, H. R. (2012). Mild Dehydration Affects Mood in Healthy Young Women. *Journal of Nutrition*, 142(2), 382-388. <https://doi.org/10.3945/jn.111.142000>

- Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Ganio, M. S., Judelson, D. A., Vingren, J. L., Kupchak, B. R., . . . Williamson, K. H. (2015). Effective body water and body mass changes during summer ultra-endurance road cycling. *Journal of Sports Sciences*, 33(2), 125-135. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.932918>
- Aukland, K., & Reed, R. K. (1993). Interstitial-lymphatic mechanisms in the control of extracellular fluid volume. *Physiological Reviews*, 73(1), 1-78. <https://doi.org/10.1152/physrev.1993.73.1.1>
- Ball, S. G. (2013). How I approach hyponatraemia. *Clinical Medicine*, 13(3), 291-295. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.13-3-291>
- Barnes, K. A., Anderson, M. L., Stofan, J. R., Dalrymple, K. J., Reimel, A. J., Roberts, T. J., . . . Baker, L. B. (2019). Normative data for sweating rate, sweat sodium concentration, and sweat sodium loss in athletes: An update and analysis by sport. *Journal of Sports Sciences*, 37(20), 2356-2366. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1633159>
- Bartter, F. C. (1956). The role of aldosterone in normal homeostasis and in certain disease states [Article]. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 5(4), 369-383.
- Bennett, B. L., Hew-Butler, T., Rosner, M. H., Myers, T., & Lipman, G. S. (2020). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Management of Exercise-Associated Hyponatremia: 2019 Update. *Wilderness & Environmental Medicine*, 31(1), 50-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.11.003>
- Benzinger, T. H. (1969). Heat regulation: Homeostasis of central temperature in man. *Physiological Reviews*, 49(4), 671-+. <https://doi.org/10.1152/physrev.1969.49.4.671>

- Berl, T. (2015). Vasopressin Antagonists REPLY. *New England Journal of Medicine*, 373(10), 981-981.
- Bertoluzza, A., Fagnano, C., Morelli, M. A., Tinti, A., & Tosi, M. R. (1993). The role of water in biological-systems [Article]. *Journal of Molecular Structure*, 297, 425-437. [https://doi.org/10.1016/0022-2860\(93\)80198-5](https://doi.org/10.1016/0022-2860(93)80198-5)
- Bhave, G., & Neilson, E. G. (2011). Body Fluid Dynamics: Back to the Future. *Journal of the American Society of Nephrology*, 22(12), 2166-2181. <https://doi.org/10.1681/asn.2011080865>
- Binder, K., Lynn, A. G., Gagnon, D., Kondo, N., & Kenny, G. P. (2012). Hyperthermia modifies muscle metaboreceptor and baroreceptor modulation of heat loss in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 302(4), R417-R423. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00463.2011>
- Brandenberger, G., Candas, V., Follenius, M., Libert, J. P., & Kahn, J. M. (1986). Vascular fluid shifts and endocrine responses to exercise in the heat - effect of rehydration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(2), 123-129. <https://doi.org/10.1007/bf00714993>
- Bregelmann, G. L., Johnson, J. M., Hermansen, L., & Rowell, L. B. (1977). Altered control of skin blood-flow during exercise at high internal temperatures. *Journal of Applied Physiology*, 43(5), 790-794. <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.43.5.790>
- Brun, J. F., Khaled, S., Raynaud, E., Bouix, D., Micallef, J. P., & Orsetti, A. (1998). The triphasic effects of exercise on blood rheology: which relevance to physiology and pathophysiology? *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 19(2), 89-104.

- Burdon, C. A., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & O'Connor, H. T. (2012). Influence of Beverage Temperature on Palatability and Fluid Ingestion During Endurance Exercise: A Systematic Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(3), 199-211. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.3.199>
- Burge, M. R., Garcia, N., Qualls, C. R., & Schade, D. S. (2001). Differential effects of fasting and dehydration in the pathogenesis of diabetic ketoacidosis. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 50(2), 171-177. <https://doi.org/10.1053/meta.2001.20194>
- Burke, L. M., & Hawley, J. A. (1997). Fluid balance in team sports - Guidelines for optimal practices. *Sports Medicine*, 24(1), 38-54. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724010-00004>
- Caldwell, A. R., Rosa-Caldwell, M. E., Keeter, C., Johnson, E. C., Peronnet, F., & Ganio, M. S. (2021). Effects of a 14-Day Hydration Intervention on Individuals with Habitually Low Fluid Intake [Article; Proceedings Paper]. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 76, 67-68. <https://doi.org/10.1159/000515375>
- Callegaro, C. C., Moraes, R. S., Negrao, C. E., Trombetta, I. C., Rondon, M. U., Teixeira, M. S., . . . Ribeiro, J. P. (2007). Acute water ingestion increases arterial blood pressure in hypertensive and normotensive subjects [Article]. *Journal of Human Hypertension*, 21(7), 564-570. <https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1002188>
- Callovini, A., Fornasiero, A., Savoldelli, A., Stella, F., Low, D. A., Pellegrini, B., . . . Bortolan, L. (2021). Effects of three-exercise sessions in the heat on endurance cycling performance. *Journal of Thermal Biology*, 98, Article 102925. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102925>
- Carter, J., & Heath, B. (1990). *Somatotyping: development and applications*. Cambridge University Press.

- Casa, D. J., DeMartini, J. K., Bergeron, M. F., Csillan, D., Eichner, E. R., Lopez, R. M., . . . Yeargin, S. W. (2015). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *Journal of Athletic Training*, 50(9), 986-1000. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.9.07>
- Chaffin, M. E., Berg, K., Zuniga, J., & Hanumanthu, V. S. (2008). Pacing pattern in a 30-minute maximal cycling test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 2011-2017. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818751b9>
- Chevront, S. N., Carter, R., 3rd, & Sawka, M. N. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance [; Review]. *Current sports medicine reports*, 2(4), 202-208.
- Chevront, S. N., Carter, R., Castellani, J. W., & Sawka, M. N. (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of Applied Physiology*, 99(5), 1972-1976. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00329.2005>
- Chevront, S. N., Carter, R., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2004). Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(5), 532-540. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.5.532>
- Chevront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: Physiology, Assessment, and Performance Effects [Article]. *Comprehensive Physiology*, 4(1), 257-285. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130017>
- Chevront, S. N., Kenefick, R. W., Charkoudian, N., & Sawka, M. N. (2013). Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment [Article]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97(3), 455-462. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.044172>

- Cheuvront, S. N., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2007). Fluid replacement and performance during the marathon [Article; Proceedings Paper]. *Sports Medicine*, 37(4-5), 353-357. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00020>
- Chien, S. (2007). Mechanotransduction and endothelial cell homeostasis: the wisdom of the cell. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 292(3), H1209-H1224. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01047.2006>
- Chouraqi, J.-P. (2022). Children's water intake and hydration: a public health issue. *Nutrition Reviews*. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac073>
- Coles, M. G., & Luetkemeier, M. J. (2005). Sodium-facilitated hypervolemia, endurance performance, and thermoregulation. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 182-187. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820989>
- Connes, P., Tripette, J., Mukisi-Mukaza, M., Baskurt, O. K., Toth, K., Meiselman, H. J., . . . Antoine-Jonville, S. (2009). Relationships between hemodynamic, hemorheological and metabolic responses during exercise. *Biorheology*, 46(2), 133-143. <https://doi.org/10.3233/bir-2009-0529>
- Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay, L. C., & Sherman, W. M. (1996). American College of Sports Medicine position stand - Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), R1-R7. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00045>
- Costill, D. L., Cote, R., & Fink, W. (1976). Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 40(1), 6-11. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.1.6>
- Cuisinier, C., de Welle, J. M., Verbeeck, R. K., Poortmans, J. R., Ward, R., Sturbois, X., & Francaux, M. (2002). Role of taurine in osmoregulation during endurance

- exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 87(6), 489-495.
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0679-0>
- Darrow, D. C. (1938). The importance of deficit of sodium and chloride in dehydration [Article]. *Journal of Pediatrics*, 13, 670-677. [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(38\)80158-x](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(38)80158-x)
- Darrow, D. C., & Yannet, H. (1935). The changes in the distribution of body water accompanying increase and decrease in extracellular electrolyte [Article]. *Journal of Clinical Investigation*, 14(2), 266-275. <https://doi.org/10.1172/jci100674>
- de Rose, E. H., & Guimaraes, A. C. (1980). A model for optimization of somatotype in young athletes. In M. Ostin, G. Buenen, & S. J. (Eds.), *Kinanthropometry II*. University Park Press.
- Deshayes, T. A., Pancrate, T., & Goulet, E. D. B. (2022). Impact of dehydration on perceived exertion during endurance exercise: A systematic review with meta-analysis [Review]. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(3), 224-235.
<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.03.006>
- DiBona, G. F. (2005). Physiology in perspective: The Wisdom of the Body. Neural control of the kidney. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 289(3), R633-R641.
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.00258.2005>
- Dill, D. B., & Costill, D. L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red-cells in dehydration [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 37(2), 247-248. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.37.2.247>
- Dunn, F. L., Brennan, T. J., Nelson, A. E., & Robertson, G. L. (1973). Role of blood osmolality and volume in regulating vasopressin secretion in rat [Article]. *Journal of Clinical Investigation*, 52(12), 3212-3219. <https://doi.org/10.1172/jci107521>

- El-Sayed, M. S., Omar, A. A., & Ali, N. (2010). Does ambient temperature affect exercise-induced changes in the main determinants of blood rheology? *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 46(1), 13-21. <https://doi.org/10.3233/ch-2010-1329>
- Epstein, M. (1992). Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15 year update. *Physiological Reviews*, 72(3), 563-621. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.3.563>
- Ferreira, A. M. J., Farias, L. F., Mota, T. A. A., Elsangedy, H. M., Marcadenti, A., Lemos, T., . . . Fayh, A. P. T. (2018). Carbohydrate Mouth Rinse and Hydration Strategies on Cycling Performance in 30 Km Time Trial: A Randomized, Crossover, Controlled Trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(2), 181-187.
- Fujii, N., Kataoka, Y., Lai, Y.-F., Shirai, N., Hashimoto, H., & Nishiyasu, T. (2022). Ingestion of carbonated water increases middle cerebral artery blood velocity and improves mood states in resting humans exposed to ambient heat stress [Article]. *Physiology & Behavior*, 255, Article 113942. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113942>
- Gagnon, D., Jay, O., & Kenny, G. P. (2013). The evaporative requirement for heat balance determines whole-body sweat rate during exercise under conditions permitting full evaporation. *Journal of Physiology-London*, 591(11), 2925-2935. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.248823>
- Galloway, S. D. R., Shirreffs, S. M., Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (1997). Exercise in the heat: Factors limiting exercise capacity and methods for improving heat tolerance. *Sports Exercise and Injury*, 3(1), 19-24.
- Ganio, M. S., Armstrong, L. E., Casa, D. J., McDermott, B. P., Lee, E. C., Yamamoto, L. M., . . . Lieberman, H. R. (2011). Mild dehydration impairs cognitive performance

- and mood of men. *British Journal of Nutrition*, 106(10), 1535-1543.
<https://doi.org/10.1017/s0007114511002005>
- Garrett, A. T., Goosens, N. G., Rehrer, N. J., Patterson, M. J., Harrison, J., Sammut, I., & Cotter, J. D. (2014). Short-Term Heat Acclimation Is Effective and May Be Enhanced Rather than Impaired by Dehydration [Article]. *American Journal of Human Biology*, 26(3), 311-320. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22509>
- Gonzalezalonso, J., Heaps, C. L., & Coyle, E. F. (1992). Rehydration after exercise with common beverages and water. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 399-406. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021288>
- Goulet, E. D., Melancon, M. O., & Madjar, K. (2008). Meta-Analysis of the Effect of Exercise-Induced Dehydration on Endurance Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(5), S396-S396.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000322689.01174.ee>
- Goulet, E. D. B. (2012). Dehydration and endurance performance in competitive athletes [Review]. *Nutrition Reviews*, 70, S132-S136. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00530.x>
- Goulet, E. D. B. (2013). Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure [Review]. *British Journal of Sports Medicine*, 47(11), 679-686. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-090958>
- Grandjean, A. C., Reimers, K. J., & Buyckx, M. E. (2003). Hydration: Issues for the 21st century. *Nutrition Reviews*, 61(8), 261-271.
<https://doi.org/10.1301/nr.2003.aug.261-271>
- Greenleaf, J. E. (1992). Problem - Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(6), 645-656.

- Grigg, M. J., Thake, C. D., Allgrove, J. E., King, J. A., Thackray, A. E., Stensel, D. J., . . . Broom, D. R. (2022). Influence of water-based exercise on energy intake, appetite, and appetite-related hormones in adults: A systematic review and meta-analysis. *Appetite*, *180*, 106375-106375. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106375>
- Grigoriev, A. I., Noskov, V. B., Atkov, O. Y., Afonin, B. V., Sukhanov, Y. V., Lebedev, V. I., & Boiko, T. A. (1991). Fluid-electrolyte homeostasis and hormonal-regulation in a 237-day space-flight. *Kosmicheskaya Biologiya I Aviakosmicheskaya Meditsina*, *25*(2), 15-18.
- Guyton, A. C., Granger, H. J., & Taylor, A. E. (1971). Interstitial fluid pressure. *Physiological Reviews*, *51*(3), 527-&. <https://doi.org/10.1152/physrev.1971.51.3.527>
- Hamrick, I., Norton, D., Birstler, J., Chen, G., Cruz, L., & Hanrahan, L. (2020). Association Between Dehydration and Falls. *Mayo Clinic proceedings. Innovations, quality & outcomes*, *4*(3), 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2020.01.003>
- Hansen, E. A., Jensen, K., & Pedersen, P. K. (2006). Performance following prolonged sub-maximal cycling at optimal versus freely chosen pedal rate. *European Journal of Applied Physiology*, *98*(3), 227-233. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0266-x>
- Haroutounian, A., Amorim, F. T., Astorino, T. A., Khodiguian, N., Curtiss, K. M., Matthews, A. R. D., . . . Sheard, A. C. (2021). Change in Exercise Performance and Markers of Acute Kidney Injury Following Heat Acclimation with Permissive Dehydration [Article]. *Nutrients*, *13*(3), Article 841. <https://doi.org/10.3390/nu13030841>

- Haussinger, D., Lang, F., & Gerok, W. (1994). Regulation of cell-function by the cellular hydration state. *American Journal of Physiology*, 267(3), E343-E355. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1994.267.3.E343>
- Heil, D. P., Bennett, G. G., Bond, K. S., Webster, M. D., & Wolin, K. Y. (2009). Influence of Activity Monitor Location and Bout Duration on Free-Living Physical Activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(3), 424-433.
- Henderson, M. A., Gillon, S., & Al-Haddad, M. (2021). Organization and composition of body fluids. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 22(8), 511-517.
- Hew-Butler, T., Noakes, T. D., & Siegel, A. J. (2008). Practical management of exercise-associated hyponatremic encephalopathy: The sodium paradox of non-osmotic vasopressin secretion. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(4), 350-354. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181802c6d>
- Hew-Butler, T. D., Eskin, C., Bickham, J., Rusnak, M., & VanderMeulen, M. (2018). Dehydration is how you define it: comparison of 318 blood and urine athlete spot checks [Article]. *Bmj Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), Article e000297. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2017-000297>
- Hoffman, M. D. (2019). Predicted risk for exacerbation of exercise-associated hyponatremia from indiscriminate posttrace intravenous hydration of ultramarathon runners. *Journal of Emergency Medicine*, 56(2), 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2018.10.026>
- Holliday, M. A. (1965). Water and salt water - a distinction should be made [Note]. *Pediatrics*, 36(6), 821-&.
- Holliday, M. A., Friedman, A. L., & Wassner, S. J. (1999). Extracellular fluid restoration in dehydration: a critique of rapid versus slow [Article]. *Pediatric Nephrology*, 13(4), 292-297. <https://doi.org/10.1007/s004670050611>

- Horswill, C. A. (1998). Effective fluid replacement. *International Journal of Sport Nutrition*, 8(2), 175-195. <https://doi.org/10.1123/ijasn.8.2.175>
- Horswill, C. A., Stofan, J. R., Lacambra, M., Toriscelli, T. A., Eichner, E. R., & Murray, R. (2009). Sodium Balance During US Football Training in the Heat: Cramp-Prone vs. Reference Players. *International Journal of Sports Medicine*, 30(11), 789-794. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1234056>
- Hubing, K. A., Bassett, J. T., Quigg, L. R., Phillips, M. D., Barbee, J. J., & Mitchell, J. B. (2011). Exercise-associated hyponatremia: the influence of pre-exercise carbohydrate status combined with high volume fluid intake on sodium concentrations and fluid balance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(5), 797-807. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1706-1>
- Ikeda, N., Yasu, T., Tsuboi, K., Sugawara, Y., Kubo, N., Umemoto, T., . . . Momomura, S. (2010). Effects of Submaximal Exercise on Blood Rheology and Sympathetic Nerve Activity. *Circulation Journal*, 74(4), 730-734. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-09-0758>
- Institute-of-Medicine. (2005). *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:10.17226/10925>
- Jacques, P. F., Rogers, G., Stookey, J. D., & Perrier, E. T. (2021). Water Intake and Markers of Hydration Are Related to Cardiometabolic Risk Biomarkers in Community-Dwelling Older Adults: A Cross-Sectional Analysis [; Research Support, N.I.H., Extramural; Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S.]. *The Journal of nutrition*, 151(10), 3205-3213. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab233>

- Janiszewska, K., & Przybylowicz, K. E. (2020). Pre-Competition Weight Loss Models in Taekwondo: Identification, Characteristics and Risk of Dehydration [Article]. *Nutrients*, 12(9), Article 2793. <https://doi.org/10.3390/nu12092793>
- Jeukendrup, A. E., & Jentjens, R. (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise - Current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Medicine*, 29(6), 407-424. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00004>
- Johnson, E. C. (2022). Hippocrates Was Right: Now What? Water As a Part of Healthy Aging. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 77, 21-22. <https://doi.org/10.1159/000520394>
- Johnson, E. C., & Adams, W. M. (2020). Water Intake, Body Water Regulation and Health [Editorial Material]. *Nutrients*, 12(3), Article 702. <https://doi.org/10.3390/nu12030702>
- Johnson, J. M., & Park, M. K. (1982). Effect of heat-stress on cutaneous vascular-responses to the initiation of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 53(3), 744-749. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.3.744>
- Jones, W. E. (2004). Water, dehydration, and drinking [Editorial Material]. *Journal of Equine Veterinary Science*, 24(1), 43-44. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2003.12.009>
- Judelson, D. A., Maresh, C. M., Yamamoto, L. M., Farrell, M. J., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., . . . Anderson, J. M. (2008). Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine markers of anabolism, catabolism, and metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 105(3), 816-824. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01010.2007>

- Kandel, M., Baeyens, J. P., & Clarys, P. (2014). Somatotype, training and performance in Ironman athletes. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 301-308. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.813971>
- Kellogg, D. L., Johnson, J. M., Kenney, W. L., Pergola, P. E., & Kosiba, W. A. (1993). Mechanisms of control of skin blood-flow during prolonged exercise in humans. *American Journal of Physiology*, 265(2), H562-H568. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1993.265.2.H562>
- Kenefick, R. W., & Cheuvront, S. N. (2012). Hydration for recreational sport and physical activity. *Nutrition Reviews*, 70, S137-S142. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00523.x>
- Kenefick, R. W., Cheuvront, S. N., Montain, S. J., Carter Iii, R., & Sawka, M. N. (2012). Human Water and Electrolyte Balance. In *Present Knowledge in Nutrition* (pp. 493-505). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119946045.ch32>
- Kenefick, R. W., Ely, B. R., Cheuvront, S. N., Palombo, L. J., Goodman, D. A., & Sawka, M. N. (2009). Prior Heat Stress: Effect on Subsequent 15-min Time Trial Performance in the Heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(6), 1311-1316. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181988c14>
- Kenefick, R. W., Mahood, N. V., Mattern, C. O., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2002). Hypohydration adversely affects lactate threshold in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 38-43.
- Kenefick, R. W., Maresh, C. M., Armstrong, L. E., Castellani, J. W., Riebe, D., Echegaray, M. E., & Kavouras, S. A. (2000). Plasma vasopressin and aldosterone responses to oral and intravenous saline rehydration. *Journal of Applied Physiology*, 89(6), 2117-2122. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.6.2117>

- Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2007). Heat exhaustion and dehydration as causes of marathon collapse [Article; Proceedings Paper]. *Sports Medicine*, 37(4-5), 378-381. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00027>
- Kenney, W. L., & Chiu, P. (2001). Influence of age on thirst and fluid intake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1524-1532. <https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00016>
- Kenney, W. L., & Johnson, J. M. (1992). Control of skin blood-flow during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(3), 303-312.
- Kleiner, S. M. (1999). Water: An essential but overlooked nutrient. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2), 200-206. [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(99\)00048-6](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(99)00048-6)
- Knepper, M. A., Kwon, T. H., & Nielsen, S. (2015). Molecular Physiology of Water Balance Reply. *New England Journal of Medicine*, 373(2), 196-196.
- Kupcis, P. D., Slater, G. J., Pruscino, C. L., & Kemp, J. G. (2012). Influence of Sodium Bicarbonate on Performance and Hydration in Lightweight Rowing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(1), 11-18. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.1.11>
- Kurylas, A., Chycki, J., & Zajac, T. (2019). Anaerobic power and hydration status in combat sport athletes during body mass reduction. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(4), 1-8. <https://doi.org/10.29359/bjhpa.11.4.01>
- Laird, R. H., & Johnson, D. (2012). The Medical Perspective of the Kona Ironman Triathlon. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(4), 239-239. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3182736e8e>
- Laron, Z. (1957). Skin turgor as a quantitative index of dehydration in children [Article]. *Pediatrics*, 19(5), 816-822.

- Laursen, P. B., Knez, W. L., Shing, C. M., Langill, R. H., Rhodes, E. C., & Jenkins, D. G. (2005). Relationship between laboratory-measured variables and heart rate during an ultra-endurance triathlon. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1111-1120. <https://doi.org/10.1080/02640410400023209>
- Lavietes, P. H., D'Esopo, L. M., & Harrison, H. E. (1935). The water and base balance of the body [Article]. *Journal of Clinical Investigation*, 14(2), 251-265. <https://doi.org/10.1172/jci100673>
- Lavoie, L., & Tremblay, J. (2020). Ingestion of maple-based and other carbohydrate sports drinks: effect on sensory perceptions during prolonged exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), Article 63. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00384-3>
- Leard, S. E., & Freis, E. D. (1949). Changes in volume of the plasma, interstitial and intracellular fluid spaces during hydration and dehydration in normal and edematous subjects [Article]. *American Journal of Medicine*, 7(5), 647-654. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(49\)90386-1](https://doi.org/10.1016/0002-9343(49)90386-1)
- Leiper, J. B. (1998). Intestinal water absorption - Implications for the formulation of rehydration solutions [Article]. *International Journal of Sports Medicine*, 19, S129-S132. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971977>
- Leiper, J. B., & Molla, A. M. (2003). Effects on health of fluid restriction during fasting in Ramadan. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, S30-S38. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601899>
- Lemann, J., Bushinsky, D. A., & Hamm, L. L. (2003). Bone buffering of acid and base in humans. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 285(5), F811-F832. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00115.2003>

- Leurs, L. J., Schouten, L. J., Goldbohm, R. A., & van den Brandt, P. A. (2010). Total fluid and specific beverage intake and mortality due to IHD and stroke in the Netherlands Cohort Study. *British Journal of Nutrition*, *104*(8), 1212-1221. <https://doi.org/10.1017/s0007114510001923>
- Lockett, L. J. (2012). Hydration-Dehydration, Heat, Humidity, and "Cool, Clear, Water". *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, *20*(4), 240-243. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e318272f44d>
- Lopez, R. M., Casa, D. J., Jensen, K. A., DeMartini, J. K., Pagnotta, K. D., Ruiz, R. C., . . . Maresh, C. M. (2011). Examining the influence of hydration status on physiological responses and running speed during trail running in the heat with controlled exercise intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(11), 2944-2954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231a6c8>
- Lu. (2005). Water ingestion as prophylaxis against syncope (vol 108, pg 2660, 2003) [Correction]. *Circulation*, *111*(13), 1717-1717. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000163621.17775.a8>
- Lu, C. C., Diedrich, A., Paranjape, S., Harris, P., Byrne, D., Jordan, J., & Robertson, D. (2002). Water ingestion as prophylaxis against syncope [Meeting Abstract]. *Hypertension*, *40*(3), 424-424.
- MacLeod, H., Cooper, S., Bandelow, S., Malcolm, R., & Sunderland, C. (2018). Effects of heat stress and dehydration on cognitive function in elite female field hockey players [Article]. *Bmc Sports Science Medicine and Rehabilitation*, *10*, Article 12. <https://doi.org/10.1186/s13102-018-0101-9>
- Maeder, M. T., Staub, D., Surnier, Y., Reichlin, T., Noveanu, M., Breidhardt, T., . . . Mueller, C. (2011). Determinants of absolute and relative exercise-induced

- changes in B-type natriuretic peptides. *International Journal of Cardiology*, 147(3), 409-415. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.546>
- Maffly, R. H., & Leaf, A. (1959). The potential of water in mammalian tissues [Article]. *Journal of General Physiology*, 42(6), 1257-1275. <https://doi.org/10.1085/jgp.42.6.1257>
- Mandroukas, K., Zakas, A., Aggelopoulou, N., Christoulas, K., Abatzides, G., & Karamouzis, M. (1995). Atrial natriuretic factor responses to submaximal and maximal exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 29(4), 248-251. <https://doi.org/10.1136/bjism.29.4.248>
- Mange, K., Matsuura, D., Cizman, B., Soto, H., Ziyadeh, F. N., Goldfarb, S., & Neilson, E. G. (1997). Language guiding therapy: The case of dehydration versus volume depletion [Article]. *Annals of Internal Medicine*, 127(9), 848-853. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-127-9-199711010-00020>
- Mantantzis, K., Drewelies, J., Duezel, S., Steinhagen-Thiessen, E., Demuth, I., Wagner, G. G., . . . Gerstorf, D. (2020). Dehydration Predicts Longitudinal Decline in Cognitive Functioning and Well-Being Among Older Adults [Article]. *Psychology and Aging*, 35(4), 517-528. <https://doi.org/10.1037/pag0000471>
- Matomaki, P., Kainulainen, H., & Kyrolainen, H. (2018). Corrected whole blood biomarkers - the equation of Dill and Costill revisited [Article]. *Physiological Reports*, 6(12), Article e13749. <https://doi.org/10.14814/phy2.13749>
- Matthie, J., Zarowitz, B., De Lorenzo, A., Andreoli, A., Katzarski, K., Pan, G., & Withers, P. (1998). Analytic assessment of the various bioimpedance methods used to estimate body water. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1801-1816. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.5.1801>

- Maughan, R. J. (1991). Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. *Journal of Sports Sciences*, 9, 117-142, Article Pii 785355354. <https://doi.org/10.1080/02640419108729870>
- Maughan, R. J., & Leiper, J. B. (1993). 12 post-exercise rehydration in man: effects of voluntary intake of four different beverages. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(5).
- Maughan, R. J., & Leiper, J. B. (1995). Sodium-intake and postexercise rehydration in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(4), 311-319. <https://doi.org/10.1007/bf00240410>
- Maughan, R. J., & Meyer, N. L. (2013). Hydration during Intense Exercise Training. *Limits of Human Endurance*, 76, 25-37. <https://doi.org/10.1159/000350225>
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2010). Dehydration and rehydration in competitive sport [Article]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 40-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01207.x>
- Maughan, R. J., Shirreffs, S. M., & Leiper, J. B. (2007). Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 797-804. <https://doi.org/10.1080/02640410600875143>
- Maughan, R. J., Shirreffs, S. M., & Watson, P. (2007). Exercise, heat, hydration and the brain [Article; Proceedings Paper]. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5), 604S-612S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719666>
- McCubbin, A. J. (2022). Modelling sodium requirements of athletes across a variety of exercise scenarios - Identifying when to test and target, or season to taste. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2083526>

- McKinley, M. J., & Johnson, A. K. (2004). The physiological regulation of thirst and fluid intake. *News in Physiological Sciences*, 19, 1-6. <https://doi.org/10.1152/nips.01470.2003>
- McManus, M. L., Churchwell, K. B., & Strange, K. (1995). Mechanisms of disease - regulation of cell-volume in health and disease. *New England Journal of Medicine*, 333(19), 1260-1266. <https://doi.org/10.1056/nejm199511093331906>
- Mendonca, G. V., & Fernhall, B. (2016). The influence of water ingestion on postexercise hypotension and standing haemodynamics [Article]. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36(6), 447-456. <https://doi.org/10.1111/cpf.12249>
- Merhej, R. (2019). Dehydration and cognition: an understated relation [Review]. *International Journal of Health Governance*, 24(1), 19-30. <https://doi.org/10.1108/ijhg-10-2018-0056>
- Mitchell, H. H., Hamilton, T. S., Steggerda, F. R., & Bean, H. W. (1945). The chemical composition of the adult human body and its bearing of the biochemistry of growth. *Journal of Biological Chemistry*, 158(3), 625-637.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1340-1350. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1340>
- Mora-Rodriguez, R., Hamouti, N., Del Coso, J., & Ortega, J. F. (2013). Fluid ingestion is more effective in preventing hyperthermia in aerobically trained than untrained individuals during exercise in the heat. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 38(1), 73-80. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0174>
- Morelle, J., Goffin, E., & Devuyst, O. (2015). Molecular Physiology of Water Balance. *New England Journal of Medicine*, 373(2), 196-196. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1505505>

- Moreno, L. A., Sarria, A., & Popkin, B. M. (2002). The nutrition transition in Spain: a European Mediterranean country [Article]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(10), 992-1003. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601414>
- Morgan, R. M., Patterson, M. J., & Nimmo, M. A. (2004). Acute effects of dehydration on sweat composition in men during prolonged exercise in the heat. *Acta Physiologica Scandinavica*, 182(1), 37-43. <https://doi.org/10.1111/j.1365-201X.2004.01305.x>
- Muros, J. J., Mateo-March, M., Zabala, M., & Sanchez-Munoz, C. (2022). Anthropometric differences between world-class professional track cyclists based on specialty (endurance vs. sprint). *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(11), 1481-1488. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.22.13280-9>
- Murray, B. (2007). Hydration and physical performance. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5), 542S-548S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719656>
- Nadal, J. W., Pedersen, S., & Maddock, W. G. (1941). A comparison between dehydration from salt loss and from water deprivation [Article]. *Journal of Clinical Investigation*, 20(6), 691-703. <https://doi.org/10.1172/jci101262>
- Nadel, E. R., Fortney, S. M., & Wenger, C. B. (1980). Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *Journal of Applied Physiology*, 49(4), 715-721. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.49.4.715>
- Nadel, E. R., Mack, G. W., & Nose, H. (1990). Influence of fluid replacement beverages on body fluid homeostasis during exercise and recovery. In Gisolfi & C. V. L. D.R. (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine. Volume 3. Fluid homeostasis during exercise* (pp. 181-205). Cooper Publishing Group.

- Nadel, E. R., Mitchell, J. W., Saltin, B., & Stolwijk, J. A. (1971). Peripheral modifications to central drive for sweating. *Journal of Applied Physiology*, 31(6), 828-&. <https://doi.org/10.1152/jappl.1971.31.6.828>
- Nakagata, T., Murade, S., Katamoto, S., & Naito, H. (2019). Heart Rate Responses and Exercise Intensity During A Prolonged 4-Hour Individual Cycling Race among Japanese Recreational Cyclists. *Sports*, 7(5), Article 109. <https://doi.org/10.3390/sports7050109>
- Nakamura, K., & Morrison, S. F. (2008). A thermosensory pathway that controls body temperature. *Nature Neuroscience*, 11(1), 62-71. <https://doi.org/10.1038/nn2027>
- Nakamura, K., & Morrison, S. F. (2010). A thermosensory pathway mediating heat-defense responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(19), 8848-8853. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913358107>
- Nakamura, Y., Watanabe, H., Tanaka, A., Yasui, M., Nishihira, J., & Murayama, N. (2020). Effect of Increased Daily Water Intake and Hydration on Health in Japanese Adults [Article]. *Nutrients*, 12(4), Article 1191. <https://doi.org/10.3390/nu12041191>
- Naranjo, D. (2022). A scenario for the origin of life: Volume regulation by bacteriorhodopsin required extremely voltage sensitive Na-channels and very selective K-channels. *Bioessays*, 44(10), Article e2100210. <https://doi.org/10.1002/bies.202100210>
- Neumayr, G., Pfister, R., Hoertnagl, H., Mitterbauer, G., Prokop, W., & Joannidis, M. (2005). Renal function and plasma volume following ultramarathon cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 2-8. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815717>

- Nicolaidis, S. (1998). Physiology of thirst. In M. J. Arnaud (Ed.), *Hydration Throughout Life*. John Libbey Eurotext.
- Nielsen, B., & Nielsen, M. (1965). On regulation of sweat secretion in exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 64(4), 314-&. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1965.tb04185.x>
- Noakes, T. D. (2007). Drinking guidelines for exercise: What evidence is there that athletes should drink "as much as tolerable", "to replace the weight lost during exercise" or "ad libitum"? *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 781-796. <https://doi.org/10.1080/02640410600875036>
- Noakes, T. D. (2012). *Waterlogged: The Serious Problem of Overhydration in Endurance Sports*. Human Kinetics.
- Noakes, T. D., Sharwood, K., Speedy, D., Hew, T., Reid, S., Dugas, J., . . . Weschler, L. (2005). Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: Evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(51), 18550-18555. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509096102>
- Nose, H., Mack, G. W., Shi, X. R., & Nadel, E. R. (1988a). Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 332-336.
- Nose, H., Mack, G. W., Shi, X. R., & Nadel, E. R. (1988b). Shift in body-fluid compartments after dehydration in humans [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 318-324. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.1.318>
- Osterberg, K. L., Horswill, C. A., & Baker, L. B. (2009). Pregame Urine Specific Gravity and Fluid Intake by National Basketball Association Players During Competition.

- Journal of Athletic Training*, 44(1), 53-57. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.53>
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., & Goiriena, J. J. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 878-885. <https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00017>
- Paik, I.-Y., Jeong, M.-H., Jin, H.-E., Kim, Y.-I., Suh, A.-R., Cho, S.-Y., . . . Suh, S.-H. (2009). Fluid replacement following dehydration reduces oxidative stress during recovery [Article]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 383(1), 103-107. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.03.135>
- Pendergast, D. R., & Lundgren, C. E. G. (2009). The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *Journal of Applied Physiology*, 106(1), 276-283. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90984.2008>
- Pereira, A. A. J., & Casarini, D. E. (2019). State of hydration in athletes of combat sports during the loss of body weight. *Rbne-Revista Brasileira De Nutricao Esportiva*, 13(79), 364-372.
- Perrier, E., Vergne, S., Klein, A., Poupin, M., Rondeau, P., Le Bellego, L., . . . Tack, I. (2013). Hydration biomarkers in free-living adults with different levels of habitual fluid consumption. *British Journal of Nutrition*, 109(9), 1678-1687. <https://doi.org/10.1017/s0007114512003601>
- Pierson, R. N., Wang, J., Thornton, J. C., & Heymsfield, S. B. (1998). The quality of the body cell mass - 1996. Are we ready to measure it? *Applied Radiation and Isotopes*, 49(5-6), 429-435. [https://doi.org/10.1016/s0969-8043\(97\)00263-7](https://doi.org/10.1016/s0969-8043(97)00263-7)
- Pitcavage, J., Holliday, M. A., & Borges, W. H. (1962). A relation between cell water and serum sodium [Article]. *American Journal of Diseases of Children*, 104(3), 276-&. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1962.02080030278010>

- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, 68(8), 439-458. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x>
- Powers, S. K., Howley, E. T., & Cox, R. (1982). A differential catecholamine response during prolonged exercise and passive heating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(6), 435-439. <https://doi.org/10.1249/00005768-198206000-00005>
- Racinais, S., Alonso, J. M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., Gonzalez-Alonso, J., . . . Periard, J. D. (2015). Consensus Recommendations on Training and Competing in the Heat. *Sports Medicine*, 45(7), 925-938. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0343-6>
- Ramsay, D. J. (1998). Homeostatic control of water balance. In M. J. Arnaud (Ed.), *Hydration Throughout Life*. John Libbey Eurotext.
- Ritz, P., & Berrut, G. (2005). The importance of good hydration for day-to-day health [Article; Proceedings Paper]. *Nutrition Reviews*, 63(6), S6-S13. <https://doi.org/10.1301/nr.2005.jun.S6-S13>
- Robertson, G. L., & Athar, S. (1976). Interacion of blood osmolality and blood-volume in regulating plasma vasopressin in man [Article]. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 42(4), 613-620. <https://doi.org/10.1210/jcem-42-4-613>
- Robillard, P., & Gregoire, Y. (2018). Water and Salt Intake before Blood Donation Reduces Vasovagal Reactions in Both Genders, All Age Groups for Whole Blood Donors [Meeting Abstract]. *Transfusion*, 58, 234A-234A.

- Roecker, K., Striegel, H., & Dickhuth, H. H. (2003). Heart-rate recommendations: Transfer between running and cycling exercise? *International Journal of Sports Medicine*, 24(3), 173-178. <https://doi.org/10.1055/s-2003-39087>
- Sanhueza, J. A., Bahamondes-Avila, C., Hernandez-Mosqueira, C., Abarzua-Mandiola, D., Zambrano, T., & Salazar, L. A. (2017). Anthropometric Characteristics of Chilean amateur Triathletes: A pilot study. *Revista Espanola De Nutricion Humana Y Dietetica*, 21(3), 271-279. <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.3.374>
- Sawangjang, B., & Takizawa, S. (2023). Re-evaluating fluoride intake from food and drinking water: Effect of boiling and fluoride adsorption on food [Article]. *Journal of Hazardous Materials*, 443, Article 130162. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130162>
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 377-390. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
- Sawka, M. N., & Coyle, E. F. (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and sport sciences reviews*, 27, 167-218.
- Sawka, M. N., Francesconi, R. P., Pimental, N. A., & Pandolf, K. B. (1984). Hydration and vascular fluid shifts during exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 56(1), 91-96. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.56.1.91>
- Sawka, M. N., Latzka, W. A., Matott, R. P., & Montain, S. J. (1998). Hydration effects on temperature regulation [Article]. *International Journal of Sports Medicine*, 19, S108-S110. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971971>

- Sawka, M. N., & Noakes, T. D. (2007). Does dehydration impair exercise performance? [Editorial Material]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1209-1217. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318124a664>
- Sawka, M. N., & Pandolf, K. B. (1990). Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In Gisolfi & L. D. R. e. C.V. (Eds.), *Fluid homeostasis during exercise* (pp. 1-38). Carmel: BenchmarkPress.
- Schoen, E. J. (1957). Minimum urine total solute concentration in response to water loading in normal men [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 10(2), 267-270. <https://doi.org/10.1152/jappl.1957.10.2.267>
- Schrier, R. W. (1990). Body-fluid volume regulation in health and disease - a unifying hypothesis [Editorial Material]. *Annals of Internal Medicine*, 113(2), 155-159. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-113-2-155>
- Schrier, R. W., & Berl, T. (1975a). Non-osmolar factors affecting renal water excretion.1 [Review]. *New England Journal of Medicine*, 292(2), 81-88. <https://doi.org/10.1056/nejm197501092920207>
- Schrier, R. W., & Berl, T. (1975b). Non-osmolar factors affecting renal water excretion.2 [Article]. *New England Journal of Medicine*, 292(3), 141-145. <https://doi.org/10.1056/nejm197501162920306>
- Schrier, R. W., & Niederberger, M. (1994). Paradoxes of body-fluid volume regulation in health and disease - a unifying hypothesis [Article]. *Western Journal of Medicine*, 161(4), 393-408.
- Schroeder, C., Bush, V. E., Norcliffe, L. J., Luft, F. C., Tank, J., Jordan, J., & Hainsworth, R. (2002). Water drinking acutely improves orthostatic tolerance in healthy subjects [Article]. *Circulation*, 106(22), 2806-2811. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000038921.64575.d0>

- Shibasaki, M., Aoki, K., Morimoto, K., Johnson, J. M., & Takamata, A. (2009). Plasma hyperosmolality elevates the internal temperature threshold for active thermoregulatory vasodilation during heat stress in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 297(6), R1706-R1712. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00242.2009>
- Shibasaki, M., Rasmussen, P., Secher, N. H., & Crandall, C. G. (2009). Neural and non-neural control of skin blood flow during isometric handgrip exercise in the heat stressed human. *Journal of Physiology-London*, 587(9), 2101-2107. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.169201>
- Shibasaki, M., Sakai, M., Oda, M., & Crandall, C. G. (2004). Muscle mechanoreceptor modulation of sweat rate during recovery from moderate exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96(6), 2115-2119. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01370.2003>
- Shing, L. K., Yin, L. H., Yong, G. Y., & Hoe, W. E. (2021). Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged running performance and recovery in trained runners. *Bali Medical Journal*, 10(3), 964-969. <https://doi.org/10.15562/bmj.v10i3.2741>
- Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (1998). Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: Replacement of water and sodium losses. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 274(5), F868-F875. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.1998.274.5.F868>
- Shirreffs, S. M., Taylor, A. J., Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (1996). Post-exercise rehydration in man: Effects of volume consumed and drink sodium content. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1260-1271. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00009>

- Silva, D. A. S., Benedetti, T. R. B., Ferrari, E. P., Meurer, S. T., Antes, D. L., Silva, A. M., . . . Petroski, E. L. (2012). Anthropometric profiles of elite older triathletes in the Ironman Brazil compared with those of young Portuguese triathletes and older Brazilians. *Journal of Sports Sciences*, 30(5), 479-484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.647046>
- Smith, M. F., Newell, A. J., & Baker, M. R. (2012). Effect of acute mild dehydration on cognitive-motor performance in golf. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3075-3080. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318245bea7>
- Souza, K. M., de Lucas, R. D., Salvador, P. C. D., Guglielmo, L. G. A., Carita, R. A. C., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2015). Maximal power output during incremental cycling test is dependent on the curvature constant of the power-time relationship. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 40(9), 895-898. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0090>
- Storen, O., Ulevag, K., Larsen, M. H., Stoa, E. M., & Helgerud, J. (2013). Physiological Determinants of the Cycling Time Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2366-2373. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f5427>
- Suhr, J. A., Patterson, S. M., Austin, A. W., & Heffner, K. L. (2010). The relation of hydration status to declarative memory and working memory in older adults. *Journal of Nutrition Health & Aging*, 14(10), 840-843. <https://doi.org/10.1007/s12603-010-0108-8>
- Takayama, N., Hori, H., & Watanabe, H. (2020). Evaluation of heatstroke risk at Sapporo in the Tokyo 2020 Summer Olympic marathon event compared with Tokyo. *Journal of Agricultural Meteorology*, 76(4), 174-179. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-20-00001>

- Thompson, C. J., Bland, J., Burd, J., & Baylis, P. H. (1986). The osmotic thresholds for thirst and vasopressin release are similar in healthy man. *Clinical Science*, *71*(6), 651-656. <https://doi.org/10.1042/cs0710651>
- Thornton, S. N. (2010). Thirst and hydration: Physiology and consequences of dysfunction. *Physiology & Behavior*, *100*(1), 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.02.026>
- Valentino, T. R., Stuenkel, K. J., Kern, M., & Hoffman, M. D. (2016). The influence of hydration state on thermoregulation during a 161-km ultramarathon. *Research in Sports Medicine*, *24*(3), 212-221. <https://doi.org/10.1080/15438627.2016.1191491>
- Vanbeaumont, W. (1963). Swating- its rapid response to muscular work. *Science*, *141*(358), 643-&. <https://doi.org/10.1126/science.141.3581.643>
- Verkman, A. S., VanHoek, A. N., Ma, T. H., Frigeri, A., Skach, W. R., Mitra, A., . . . Farinas, J. (1996). Water transport across mammalian cell membranes. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *270*(1), C12-C30. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1996.270.1.C12>
- Vesterdal, J. (1966). Endocrine control of water balance in newborn [Article]. *Biologia Neonatorum*, *10*(1-2), 66-+.
- Wang, S., Lafaye, C., Saubade, M., Besson, C., Margarit-Taule, J. M., Gremeaux, V., & Liu, S.-C. (2022). Predicting Hydration Status Using Machine Learning Models From Physiological and Sweat Biomarkers During Endurance Exercise: A Single Case Study [Article]. *Ieee Journal of Biomedical and Health Informatics*, *26*(9), 4725-4732. <https://doi.org/10.1109/jbhi.2022.3186150>
- Waniewski, J., Pietribiasi, M., & Pstras, L. (2021). Calculation of the Gibbs-Donnan factors for multi-ion solutions with non-permeating charge on both sides of a

- permeable membrane. *Scientific Reports*, 11(1), Article 22150.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-00899-y>
- Watson, F., & Austin, P. (2018). Physiology of human fluid balance. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 19(9), 494-501.
<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2018.06.013>
- Watson, F., & Austin, P. (2021). Physiology of human fluid balance. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 22(10), 644-651.
- Wijering, L. A. J., Cotter, J. D., & Rehrer, N. J. (2022). A randomized, cross-over trial assessing effects of beverage sodium concentration on plasma sodium concentration and plasma volume during prolonged exercise in the heat. *European journal of applied physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05025-y>
- Williams, J., Tzortziou-Brown, V., Malliaras, P., Perry, M., & Kipps, C. (2012). Hydration Strategies of Runners in the London Marathon. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(2), 152-156. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3182364c45>
- Wolf, A. V. (1948). Estimation of changes in plasma and extracellular fluid volume following changes in body content of water and certain solutes, by means and somometric equation [Article]. *American Journal of Physiology*, 153(3), 499-502.
<https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1948.153.3.499>
- Wynn, V. (1957). The osmotic behaviour of the body cells in man - significance of changes of plasma-electrolyte levels in body-fluid disorders [Article]. *Lancet*, 2(DEC14), 1212-1218.
- Wyss, C. R., Brengelmann, G. L., Johnson, J. M., Rowell, L. B., & Silverstein, D. (1975). Altered control of skin blood-flow at high skin and core temperatures. *Journal of Applied Physiology*, 38(5), 839-845. <https://doi.org/10.1152/jappl.1975.38.5.839>

Zeidel, M. L. (1993). Hormonal-regulation of inner medullary collecting duct sodium-transport. *American Journal of Physiology*, 265(2), F159-F173.

<https://doi.org/10.1152/ajprenal.1993.265.2.F159>

ANEXOS

ANEXO 1: COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA DE GALICIA



Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia
Edificio Administrativo de San Lázaro
15781 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Tlf: 881 546425 Fax: 881 541804
ceic@sergas.es



DICTAMEN DEL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA DE GALICIA

Paula M. López Vázquez, Secretaria del Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia

CERTIFICA:

Que este Comité evaluó en su reunión del día 14/02/2013 el estudio:

Título: Influencia de la ingestión de aguas minerales de baja y elevada mineralización en la velocidad de rehidratación en deportistas

Promotor: Rosa Meijide Failde

Código de Registro CEIC de Galicia: 2013/009

Y, tomando en consideración las siguientes cuestiones:

- La pertinencia del estudio, teniendo en cuenta el conocimiento disponible, así como los requisitos legales aplicables, y en particular la Ley 14/2007, de investigación biomédica, el Real Decreto 1716/2011, de 18 de noviembre, por el que se establecen los requisitos básicos de autorización y funcionamiento de los biobancos con fines de investigación biomédica y del tratamiento de las muestras biológicas de origen humano, y se regula el funcionamiento y organización del Registro Nacional de Biobancos para investigación biomédica, y la ORDEN SAS/3470/2009, de 16 de diciembre, por la que se publican las Directrices sobre estudios Posautorización de Tipo Observacional para medicamentos de uso humano.
- La idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio, justificación de los riesgos y molestias previsibles para el sujeto, así como los beneficios esperados.
- Los principios éticos de la Declaración de Helsinki vigente.
- Los Procedimientos Normalizados de Trabajo del CEIC de Galicia

Emite un **INFORME FAVORABLE** para la realización del estudio en los centros y con los investigadores siguientes

Centros	Investigadores Principales
UDC (Facultade de Ciencias da Saúde)	Rosa Meijide Failde

En Santiago de Compostela, a 21 de febrero de 2013

La Secretaria

Paula M. López Vázquez

ANEXO 2: CONSENTIMIENTOS INFORMADOS

ANEXO 2.1.- Realización prueba de ergoespirometría previa

Medicina del Deporte

DOCUMENTO INFORMATIVO Y CONSENTIMIENTO INFORMADO EN ERGOESPIROMETRÍA O PRUEBA DE ESFUERZO PARA V. FUNCIONAL

1.- ¿Qué es?

Es una prueba para la valoración funcional del deportista y de aquellas personas que desean iniciar un programa de actividad física regular, en los casos de pacientes con problemas cardiológicos o con sospecha de enfermedad de las arterias coronarias, es una prueba con fines diagnósticos y/o pronósticos.

2.- ¿Para qué sirve?

Para la evaluación y control de las capacidades funcionales en sujetos sanos que practican deporte o quieren iniciar un programa actividad física, al permitir estudiar la respuesta global del organismo (Cardiovascular, Respiratorio y Locomotor...) al ejercicio físico controlado.

3.- ¿Cómo se realiza?

Existen distintos ergómetros y protocolos según el deporte, categoría y modalidad deportiva. Con carácter general se trata de realizar un esfuerzo creciente y máximo, habitualmente en cinta rodante o cicloergómetro.

Durante toda la exploración se controla la frecuencia cardíaca, electrocardiograma, ventilación, cinética de gases espirados, potencia y/o velocidad y si fuese necesario, presión arterial.

4.- ¿Qué riesgos tiene?

En personas sanas el riesgo no es significativo, pero en ciertos casos de enfermedad coronaria u otras cardiopatías pudieran presentarse trastornos del ritmo cardíaco graves, síncope y muy ocasionalmente infarto de miocardio o insuficiencia cardíaca; el riesgo de muerte es excepcional (1 por 10.000).

Pueden existir síntomas (fatiga, mareo, dolor de piernas) o signos (hipertensión arterial) que cederán o desaparecerán al cesar la actividad física.

Otros riesgos o complicaciones que podrían aparecer, debido a situaciones clínicas y circunstancias particulares de los pacientes, son excepcionales en deportistas y personas sanas. Otros riesgos que podrían aparecer dada su situación clínica y sus circunstancias personales son.....

Si aparecieran complicaciones, el personal médico y de enfermería que le atienden están capacitados y disponen de los medios para tratar de resolverlas.

5.- ¿Hay otras alternativas?

Esta exploración está indicada preferentemente en su caso.

****Antes de firmar este formulario, no dude en pedir cualquier aclaración adicional que desee.***

D/Dña:

con DNI/pasaporte nº:

Como representante legal

(padre/madre/tutor).....

D/Dña:,

con DNI/pasaporte nº:

Doy mi consentimiento para ser sometido a

Una prueba de esfuerzo con el fin de evaluar la capacidad funcional o diagnóstico cardiológico.

Otras

.....

Para ello, declaro no tener conocimiento de que padezca ninguna enfermedad que la contraindique y haber sido informado del protocolo a realizar y de los posibles riesgos que este tipo de pruebas implican.

Asimismo, conforme a la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal 15/1999, de 13 de diciembre, autorizo al uso reglamentario con fines asistenciales e investigadores de mis datos personales y reservándome los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición de los mismos.

FECHA:	FIRMA
CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES:	

FECHA:	FIRMA
CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES:	

ANEXO 2.2.- Participación en el estudio

TÍTULO:

Influencia de la ingestión de aguas minerales de baja y elevada mineralización en en la velocidad de rehidratación en deportistas

Yo,

- He leído la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, he podido conversar con Miguel Santiago Alonso y hacerle todas las preguntas sobre el estudio necesarias para comprender sus condiciones y considero que he recibido suficiente información sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones e sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.
- Accedo a que se utilicen mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Respecto a la conservación y utilización futura de los datos y/o muestras detallada en la hoja de información al participante,

- NO accedo a que mis datos y/o muestras sean conservados una vez terminado el presente estudio.
- Accedo a que mis datos y/o muestras se conserven una vez terminado el estudio, siempre y cuando sea imposible, incluso para los investigadores, identificarlos por ningún medio.
- SI accedo a que los datos y/o muestras se conserven para usos posteriores en líneas de investigación relacionadas con la presente, y en las condiciones mencionadas.

En cuanto a los resultados de las pruebas realizadas,

- DESEO conocer los resultados de mis pruebas
- NO DESEO conocer los resultados de mis pruebas

El/la participante,
[Firma del/la participante]El/la investigador/a,
[Firma del/la investigador/a]

Fdo.: [nombre y apellidos del/la participante]

Fdo.:

Fecha: [fecha de la firma del/la participante]

Data: [fecha de la firma del/la investigador/a]

ANEXO 3: HOJA DE INFORMACIÓN A PARTICIPANTES PARA ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN

MODELO DE HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE PARA ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DE TIPO EXPERIMENTAL (ENSAYO CLINICO) QUE NO EVALUAN MEDICAMENTOS NI PRODUCTOS SANITARIOS

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

Influencia de la mineralización del agua de bebida en la velocidad de rehidratación en deportistas.

INVESTIGADORES

Rosa Meijide Faílde. Investigadora principal, Catedrática E.U. Departamento de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de A Coruña

Miguel Santiago Alonso. Profesor INEF Galicia. Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física Universidad de A Coruña

Carlos M^a Agrasar Cruz. Profesor INEF Galicia. Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física Universidad de A Coruña

Miguel Saavedra García. Profesor INEF Galicia. Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física Universidad de A Coruña

José Ramón Barral Lavandeira. Profesor INEF Galicia. Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física Universidad de A Coruña

Este documento tiene por objeto ofrecerle información sobre un **estudio de investigación** de tipo experimental (ensayo clínico) en el que se le invita a participar. Este estudio se está realizando en la Facultad de Ciencias do Deporte e la Educación Física, de la Universidad de A Coruña y fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Galicia.

Si decide participar en el mismo, debe recibir información personalizada del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que sean necesarias para comprender los detalles sobre el mismo. Si así lo desea, puede llevar el documento, consultarlo con otras personas, y tomarse el tiempo necesario para decidir si participar o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Vd. puede decidir no participar, o, si acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones.

¿Cuál es el propósito del estudio?

El OBJETIVO PRINCIPAL de este estudio es valorar cómo se produce la rehidratación tras un ejercicio físico de alta intensidad en situación climática hostil, en función de la distinta mineralización del agua de bebida utilizada (baja y alta mineralización), así como determinar si dichas bebidas pueden servir de ayuda para lograr una recuperación mejor del nivel hídrico y una más pronta capacidad de trabajo físico. Asimismo, pretendemos estudiar los cambios hemodinámicos y hormonales que conlleva la deshidratación durante el ejercicio, así como el estudio de la forma más efectiva de conseguir una rehidratación lo más precoz posible. La abundante oferta en el mercado de bebidas que utilizan los deportistas - y los ciclistas en particular- para su rehidratación en sesiones de entrenamiento y competición, así como la aparición de nuevas bebidas y marcas comerciales, justifican abordar nuevos estudios que analicen las ventajas de dichas bebidas en los procesos de rehidratación. Sin embargo, existen escasos datos publicados en relación con la ingesta, en el ámbito deportivo, de bebidas de mineralización fuerte, lo que justifica el desarrollo de este estudio.

La muestra utilizada se selecciona en un grupo de deportistas (ciclistas), con experiencia en esta disciplina deportiva y un volumen de entrenamiento adecuado que permita superar el nivel de exigencia de la prueba.

Previamente, se les realizará una valoración clínica, una valoración antropométrica y una valoración ergoespirométrica por los médicos participantes en el estudio.

¿Por qué me ofrecen participar a mí?

La selección de las personas invitadas a participar depende de unos criterios que están descritos en el protocolo de la investigación. Usted es un ciclista perteneciente al Club Ciclista Padronés que reúne los requisitos de edad, tiempo de entrenamiento y volumen anual de trabajo realizado, idóneos para poder participar en el estudio. Estos criterios sirven para seleccionar a la población en la que se responderá al interrogante de la investigación. Usted ha sido invitado a participar porque cumple esos criterios.

Se espera que participen 15 personas en un único grupo.

¿En qué consiste mi participación?

Una vez que sean seleccionados los participantes, y aceptada la realización del estudio por parte de los deportistas, se le citará para realizar un primer control donde se realizará una exploración clínica de base, una analítica básica de sangre y orina, una exploración morfoestática, un electrocardiograma de reposo, una espirometría, una valoración antropométrica y una prueba de esfuerzo incremental progresiva donde se evaluarán los

componentes cardiovascular, respiratorio y metabólico, que determinarán las intensidades de trabajo individualizadas que cada sujeto deberá soportar durante los estudios de deshidratación.

Una vez realizada esta valoración previa que permite individualizar de forma objetiva la carga de trabajo, a la que cada deportista se verá sometido, se iniciará el estudio de deshidratación y rehidratación realizando para ello un esfuerzo durante 90 minutos, de pedaleo en cicloergómetro en un ambiente climático estresante (elevada temperatura y humedad), y a un porcentaje de la potencia en umbral para cada uno de los sujetos, siendo los primeros 30 minutos al 80%, los siguientes 30 minutos al 65% y los últimos 30 minutos al 50% de su potencia en umbral.

Durante las 48 horas previas a la realización del estudio, los deportistas realizarán una dieta común donde se controlará que ingieran el mismo tipo de alimentos con similar preparación y una ingesta de sal controlada, con el objetivo de conseguir, en la medida de lo posible, una situación de partida similar en todos ellos, previa a la realización del esfuerzo.

El día en el que lleve a cabo el estudio de deshidratación y rehidratación, los deportistas realizarán un desayuno estandarizado en su domicilio y se desplazarán hasta el Laboratorio de Valoración Funcional de la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física de la Universidad de A Coruña, donde se realizará el estudio.

Previamente a la realización del ejercicio, se realizará una determinación en reposo -tras vaciado de vejiga- que incluirá: peso, temperatura timpánica y frecuencia cardíaca. Se le canalizará una vena del dorso de la mano para poder realizar una analítica sanguínea que incluirá diversos iones y hormonas. Se le pinchará una única vez y permanecerá con una cánula en dicha vena de la que se extraerá sangre en varias ocasiones siguiendo la metodología que explicamos a continuación:

Durante la realización del esfuerzo, cada 30 minutos se le tomarán muestras de sangre de la vena canalizada anteriormente para el estudio de la evolución de los parámetros antes citados.

Tras la finalización del período de esfuerzo se ducharán y secarán comenzando la fase de reposición hídrica con bebidas de diferente mineralización. Se les pedirá que ingieran el 150% de la pérdida sufrida, de tal forma que un tercio de dicha cantidad lo beban en los primeros 30 minutos, continuando cada 30 minutos con una ingesta de un sexto de la cantidad a reponer, hasta completar en dos horas y media la reposición acordada.

Tras la finalización del esfuerzo, en las siguientes 5 horas, y a intervalos de 60 minutos, se continuará con el estudio de los parámetros sanguíneos ya iniciados extrayendo sangre de la vena previamente canalizada y recogiendo orina de la que se medirá el volumen producido y la ganancia de peso que presenta cada uno, además de la evolución de otros parámetros como

frecuencia cardíaca, la presión arterial y la temperatura timpánica.

Durante esas 5 horas, los deportistas permanecerán en una sala en reposo activo, y solo podrán hidratarse con las bebidas suministradas que estarán a su disposición, refrigeradas a 10° C para facilitar la apetencia por la bebida.

Una vez finalizada la fase de hidratación, se les pedirá que realicen una cena estandarizada e ingesta hídrica *ad libitum* de la bebida seleccionada y que se les proporcionará en cantidades suficientes para la correcta hidratación. El estudio finalizará con la determinación del peso y la producción de orina a las 24 horas.

Una semana después del primer estudio, y con los mismos deportistas, se procederá a realizar un segundo estudio que reproducirá las mismas condiciones detalladas para el primer estudio, pero utilizando en la rehidratación el agua mineral de elevada mineralización.

Su participación requerirá de su presencia en tres jornadas diferentes (una para exploración inicial y dos para los estudios de deshidratación y rehidratación), siendo la duración total estimada de 3 semanas.

El promotor o el investigador pueden decidir finalizar el estudio antes de lo previsto o interrumpir su participación por aparición de nueva información relevante, por motivos de seguridad, o por incumplimiento de los procedimientos del estudio.

¿Qué riesgos o inconvenientes tiene?

En personas sanas en general y deportistas altamente entrenados en particular, como es su caso, el riesgo de la prueba de esfuerzo no es significativo ya que la carga que supone la prueba de esfuerzo es similar a la obtenida en el entrenamiento diario, pero en cardiópatas el riesgo de accidente grave o muerte es de 1 de cada 10.000.

Pueden existir síntomas (mareos) o signos (hipertensión arterial) que cederán o desaparecerán al cesar la actividad física. Otros riesgos o complicaciones podrían aparecer, debido a situaciones clínicas y circunstancias particulares de algunos pacientes, pero son excepcionales en deportistas sanos como es su caso. Si aparecieran complicaciones, el personal médico que estará presente durante toda la prueba tanto durante la fase de ejercicio como las 5 primeras horas de reposo está capacitado y disponen de medios para tratar de resolverlas.

El tomar el agua no implica ningún tipo de riesgo para su salud y el único efecto adverso esperado es el gustativo, esto es, que puede no gustarle el sabor.

Se podrían experimentar pequeñas molestias al realizar la medición de los pliegues cutáneos. Por último, se podrían experimentar las molestias de la canalización de la vía venosa para las extracciones de sangre y hematomas en el lugar del pinchazo, y excepcionalmente, alguna molestia gastrointestinal durante el proceso de rehidratación.

¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio, si bien estas pruebas permitirán evaluar la capacidad de esfuerzo y valorar el estado de aptitud física que le ayudará en el proceso de planificación del entrenamiento.

La investigación pretende descubrir aspectos desconocidos o poco claros sobre el proceso de deshidratación y rehidratación y es posible que los hallazgos le puedan ser de utilidad a la hora de realizar un proceso correcto de hidratación durante su entrenamiento y competición y ayudarle en su fase de recuperación.

¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?

Si Vd. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio.

También podrá recibir los resultados de las pruebas que se le practiquen si así lo solicita. Estos resultados pueden no tener aplicación clínica ni una interpretación clara, por lo que, si quiere disponer de ellos, deberían ser comentados con el médico del estudio.

¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda llevar a la identificación de los participantes.

¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?

El tratamiento, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. En todo momento, usted podrá acceder a sus datos, corregirlos o cancelarlos.

Sólo el equipo investigador, que tiene deber de guardar la confidencialidad, tendrá acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Se podrá transmitir a terceros la información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de los datos equivalente, como mínimo, al exigido por la normativa de nuestro país.

¿Qué ocurrirá con las muestras obtenidas?

Sus muestras y los datos asociados serán guardados de forma **codificada**, que quiere decir que poseen un código que se puede relacionar, mediante una información, con la identificación del donante. Esta información está a cargo de los investigadores y sólo pueden acceder a ella

los miembros del equipo investigador.

Las muestras de sangre y orina serán enviadas el mismo día de su recogida al laboratorio que procederá a realizar las determinaciones y la posterior destrucción de las citadas muestras siguiendo la metodología habitual de eliminación de residuos del laboratorio.

El equipo investigador no almacenará muestra biológica ninguna una vez sea remitida al laboratorio para su análisis.

¿Existen intereses económicos en este estudio?

Esta investigación es promovida por el equipo investigador con Rosa Meijide Failde como investigadora principal con fondos aportados por Hijos de Rivera Inversiones Corporativas S.L.

Los investigadores no recibirán retribución específica por la dedicación al estudio.

Usted no será retribuido por participar. A pesar de todo, se le reintegrarán los gastos de desplazamiento y comidas cuando se produzcan como consecuencia de la participación en el estudio. Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales o patentes. En este caso, usted no participará de los beneficios económicos originados.

¿Quién me puede dar más información?

Puede contactar con Miguel Santiago Alonso o Carlos Agrasar Cruz en el teléfono 981167000, extensión 4015, para más información.

Muchas gracias por su colaboración.