



UNIVERSIDAD ABIERTA
INTERAMERICANA

Sede Rosario

TÍTULO:

*“Efectos de la ingesta de cafeína en el rendimiento
de jugadores de Fútbol”*

AUTOR:

Profesor Ezequiel Luis Caviglia

Tutor: *Licenciado Leonardo Ferraretto*

Licenciatura en Educación Física y Deportes

Facultad de Motricidad Humana y Deportes

22 de Octubre de 2010

Resumen

El tipo y calidad de entrenamiento, abarcando todas sus dimensiones, en cuanto a lo físico, técnico/táctico, psicológico, nutricional, etc. que se realice puede modificar el posterior desempeño del individuo durante la competencia.

Dependiendo de las necesidades del deporte en cada momento es importante que el individuo desarrolle la actividad en su mayor potencial, y en esto tiene mucha incidencia el trabajo previo que se realice.

En este trabajo se analizaron y compararon simultáneamente dos diferentes tipos de ingestas previas y durante la actividad con 8 futbolistas integrantes del Centro de Entrenamiento Deportivo (CenED) que participan de los Torneos Regionales de 1ra División. En la primera de las ingestas se utilizó como medio de hidratación, un jugo de frutas, utilizado como placebo. Una semana más tarde, se utilizó una bebida con dosis moderadas de cafeína (casi 6mg/kg). Luego se evaluó a los ejecutantes a través de un test de resistencia intermitente en dos momentos, simulando un 1er y 2do tiempo, propios del Fútbol. Entre cada momento de evaluación, los jugadores se rehidrataron con el formato de bebidas, detallados anteriormente.

Los resultados de dichas evaluaciones mostraron que la hidratación intra esfuerzos a través de una bebida con dosis moderadas de cafeína (3 a 6mg/kg) lleva a una mejora promedio en la capacidad de rendimiento, y en este caso, fue el resultado que obtuvimos de un 4%.

A través del análisis de los resultados anteriormente especificados y apoyándonos en las investigaciones citadas en el Marco Teórico, se llegó a la conclusión de que la utilización de una bebida con cafeína representa un recurso válido a la hora de lograr una optimización de los recursos para la posterior competencia en futbolistas.

Palabras Clave: Hidratación. Cafeína. Sistema Nervioso Central. Resistencia. Fútbol.

Índice

1 – Introducción.....	Pág. 7-8
2 – Problema.....	Pág. 9-12
3 – Objetivos.....	Pág. 13
4 – Hipótesis.....	Pág. 14
5 – Marco Teórico	
5.1 – Ayudas ergogénicas, definición.....	Pág. 15-17
5.1.1 - Clasificación.....	Pág. 17-29
5.2 – Cafeína	
5.2.1 - Definición.....	Pág. 30-32
5.2.2 – Mecanismo de acción.....	Pág. 32 – 37
5.2.3 – Fuentes.....	Pág. 37
5.3 – Café	
5.3.1 – Origen.....	Pág. 38-39
5.3.2 – Composición Química.....	Pág. 39-40
5.3.3 – Tipos de café.....	Pág. 40-41
5.4 – Posición Internacional de Nutrición Deportiva.....	Pág. 41-42
5.5 – Cafeína y Rendimiento Cognitivo.....	Pág. 42-45

5.6 – Sistema Nervioso Central	
5.6.1 – Descripción.....	Pág. 45-46
5.6.2 – Encéfalo.....	Pág. 47
5.6.3 - Prosencéfalo.....	Pág. 47
5.6.4 - Mesencéfalo.....	Pág. 48-49
5.6.5 – Rombencéfalo.....	Pág. 50-51
5.6.6 – Cerebro.....	Pág. 51-52
5.6.7 – Bulbo Raquídeo.....	Pág. 52
5.6.8 – Médula Espinal.....	Pág. 52-53
5.7 – Cafeína: Formas, dosis y ejercicios de resistencia	
5.7.1 – Café con cafeína, Cafeína anhidra y Ejercicios de Resistencia.....	Pág. 53-55
5.7.2 – Café con cafeína, Café descafeinado y Ejercicios de Resistencia.....	Pág. 55-57
5.7.3 – Cafeína Anhidra y Ejercicios de Resistencia.....	Pág. 57-58
5.7.4 – Dosis de Cafeína Anhidra y Ejercicios de Resistencia.....	Pág. 59-60
5.8 - Cafeína: Ejercicios de alta intensidad y deportes de equipo.....	Pág. 60-64
5.9 – Cafeína: Habitación y Rendimiento.....	Pág. 64-65

5.10 – Cafeína e Hidratación.....	Pág. 65-69
5.11 – Cafeína y Doping.....	Pág. 69-71
5.12 – Hidratación.....	Pág. 71-79
5.13 – Fútbol: Fisiología.....	Pág. 80-93
6. Métodos y Procedimientos.....	Pág. 93-96
7. Desarrollo (Análisis de resultados y comentarios).....	Pág. 97-101
8. Conclusiones.....	Pág. 102-104
9. Bibliografía.....	Pág. 105-110
10. Anexos.....	Pág. 111-115

1- Introducción

La búsqueda de un mayor rendimiento nos moviliza a buscar constantemente respuestas a las diferentes demandas de cada deporte en particular. Esta búsqueda está orientada a cuestiones que nos lleven a mejorar nuestros entrenamientos, y en ocasiones son tan pequeñas que a veces parecen insignificantes por el poco porcentaje en el que influyen en ese rendimiento, pero la suma de ellas es lo que nos lleva a ser superiores en momentos claves del juego.

En la siguiente investigación, a través del análisis de las ingestas diarias de jugadores de fútbol que juegan en las Ligas regionales y residen en Rosario, ya sea para estudiar o bien trabajar, hemos considerado que la mayoría en sus dietas incorporan cafeína, tanto en sus desayunos o bien a través de bebidas hidratantes. Ante esta cotidianeidad hemos buscado la posibilidad de utilizar a la cafeína, en dosis moderadas, como medio para potenciar el rendimiento en el deporte, en este caso el fútbol.

Es por esto que día a día seguimos sumando recursos a nuestros entrenamientos, ya sea en cuestiones físicas, técnicas y tácticas, pero aquí viene la cuestión planteada por la investigación, el por qué no buscar también recursos en otros momentos, como ser previo y durante la competición, a través, por ejemplo, de la hidratación de los deportistas.

Las diferentes investigaciones, coinciden que cambios mínimos en el contenido de agua del cuerpo puede perjudicar la capacidad de resistencia. La deshidratación tiene impacto

sobre los sistemas: cardiovascular y termorregulador. La pérdida de líquido disminuye el volumen del plasma y esto produce el descenso de la tensión arterial, y por lo tanto del flujo sanguíneo hacia los músculos y piel. Cuando una persona se deshidrata más del 2% de su peso corporal, la frecuencia cardíaca y la temperatura de su cuerpo se elevan durante el ejercicio. Si la pérdida de peso corporal es cercana al 4-5%, el rendimiento en los deportes prolongados se reduce entre un 20% y un 30% (Willmore y Costill, 1994) (1)

El objetivo de este trabajo se centra en poder establecer si la utilización de un recurso como la hidratación y a su vez con una bebida que posee cafeína, puede mejorar el rendimiento ante las demandas físicas del deporte. Para ello utilizamos una metodología comparativa en relación a dos diferentes tipos de bebidas, la primera, utilizada como placebo (jugo de frutas) y la segunda, con cafeína, para luego mediante evaluaciones que evidencian capacidad de resistencia intermitente, como es el deporte estudiado, podamos analizar en simultáneo los resultados de las mismas.

A continuación del Marco Teórico se analizarán las categorías más importantes en relación con los datos obtenidos del trabajo de campo, especificado anteriormente. Para finalizar se mencionarán las conclusiones obtenidas a través del análisis de los resultados de las respectivas evaluaciones y su comparativa.

2- Problema:

La hidratación con bebida deportiva que contenga cafeína, ¿mejorará el rendimiento de jugadores de fútbol con respecto a una bebida sin cafeína?

Antecedentes

La cafeína se ha estudiado ampliamente como un estimulador del Sistema Nervioso Central, inhibiendo la fosfodiesterasa, que es responsable de la desactivación del **Adenosin Monofosfato** cíclico (AMPc). El aumento de los niveles de AMPc intracelular, amplifica sus acciones de segundo mensajero, favoreciendo la síntesis de ATP, en sistemas no aeróbicos (Daniels y cols, 1998), y mejorando la disponibilidad de energía. El efecto principal de la cafeína es el de estimular los procesos de obtención de energía por medio del aumento de la secreción de catecolaminas, favoreciendo de esta manera la prolongación de ejercicios de mediana y alta intensidad (Ben, Maclellan, 2002) y de disminución del peso corporal, asociado a una mayor lipólisis, efecto que se aumenta al hacer ejercicio (Cox y cols. 2002) (2)

Las dosis de cafeína utilizadas, entre 3mg/kg y 7 mg/kg, en los estudios de estos autores provocaron efectos positivos. En un estudio de Douglas (2002), hecha en 21 sujetos entrenados en larga duración encontró una mejora en el tiempo de ejecución en el ejercicio, utilizando 5mg/kg. En otro estudio de Kylie (2002) realizado en 9 ciclistas encontró mejoras en el tiempo del ejercicio utilizando 6mg/kg. Otro estudio de Cox (1995)

utilizó 6mg/kg de cafeína mejorando el rendimiento de los atletas en un 2, 2% comparando la ingesta previa y durante el ejercicio.

Melvin Williams (2002) (2), cita en su libro “Nutrición para la salud, la condición física y el deporte”, los resultados arrojados en pruebas de ciclismo, donde el efecto de la cafeína es de ahorro de glucógeno. En todos los estudios en que se han realizado biopsias del músculo se ha demostrado que la cafeína ejercía un efecto de ahorro de glucógeno. Los estudios llevados a cabo por Lawrence Spriet y Terry Graham, de Canadá, han demostrado claramente que la cafeína reduce el uso de glucógeno muscular durante los primeros 15 minutos del ejercicio, confirmando los hallazgos de Essig de hace 20 años. Este ahorro de glucógeno permitirá al individuo rendir durante más tiempo gracias a la mayor concentración de glucógeno muscular en las últimas fases del ejercicio. En el estudio realizado por Spriet, et al., no se utilizó un diseño cruzado, debido a que todos los participantes recibieron placebo en un primer momento y después, una semana más tarde, todos recibieron también cafeína. Las biopsias musculares se realizaron en el momento del agotamiento en el ensayo con placebo. Durante el ensayo con cafeína se detuvo a los sujetos para recoger la muestra en el momento exacto en el que habían llegado al agotamiento en el ensayo con placebo; hubieran continuado, pero se los detuvo para recoger las muestras y a continuación siguieron pedaleando. Los niveles de glucógeno muscular fueron más altos en el ensayo con cafeína que en el realizado con placebo, una clara evidencia del efecto de la cafeína sobre el ahorro del glucógeno muscular que permitió a los ciclistas seguir pedaleando.

En otros estudios se señaló el efecto psicológico de la cafeína como la causa de esa mejora. Varios estudios han demostrado que la cafeína ejerce un efecto estimulante sobre los procesos psicológicos, como la alerta y el estado de ánimo, que puede disminuir la percepción del esfuerzo durante el ejercicio y, en consecuencia, mejorar el rendimiento.

Algunos estudios recientes han mostrado aumentos significativos de los niveles de adrenalina durante el ejercicio tras la ingesta de cafeína tanto en deportistas de elite como en aficionados. La respuesta de la adrenalina a la ingesta de cafeína puede ser mayor en los no consumidores que en los consumidores habituales de cafeína. La adrenalina puede ejercer un efecto psicológico estimulante o bien causar un ahorro de glucógeno. Aunque la secreción de adrenalina durante el ejercicio normalmente estimula el catabolismo de glucógeno muscular, los investigadores sugieren que la cafeína puede interferir en este efecto en el interior de la célula de forma que el efecto global es un aumento de la oxidación de las grasas y un ahorro de glucógeno muscular, tal y como se ha señalado anteriormente. Sea cual sea el efecto, estudios realizados por Graham y Spriet et al., y French et al. han demostrado una sustancial mejora del rendimiento asociada al consumo de cafeína. Por ejemplo, Graham y Spriet utilizaron corredores de elite de larga distancia y comprobaron que la cafeína mejoraba el tiempo medio de carrera hasta el agotamiento al 85% del Vo_2 Máx. de 42.9 minutos tras la administración del placebo a 71 minutos tras la administración de cafeína (9 mg/kg peso corporal), es decir, una mejora del 44% (2). El rendimiento comparable en una prueba ciclista hasta el agotamiento reveló resultados

similares. En la mayoría de los estudios, la cafeína fue administrada una hora antes de la prueba; no obstante French et al. Encontraron que la cafeína era efectiva incluso si se tomaba inmediatamente antes del ejercicio.

Así muchos estudios comprueban la utilidad de la cafeína como factor de mejora del rendimiento aeróbico, pero no estudia los efectos secundarios de su uso, por lo que pretendemos demostrar en la muestra, que bajas dosis de cafeína (3 a 5mg/kg) producen efectos positivos en el rendimiento, sin producir efectos adversos post esfuerzo.

3- Objetivos

Objetivo General:

- Determinar el efecto de una bebida deportiva con cafeína en el rendimiento de jugadores de fútbol.

Objetivo Específico:

- Evaluar los beneficios de la cafeína en el rendimiento.
- Comparar a través del yo-yo test, si una bebida deportiva con cafeína mejora el rendimiento de jugadores de fútbol.

4- Hipótesis

La hidratación de jugadores de fútbol con una bebida deportiva que contenga cafeína, como ingesta previa y durante la competición, mejorará el rendimiento con respecto a una bebida sin cafeína, utilizando una dosis que apoyada sobre bases fisiológicas y estudios previos, llevan a una mejora en el rendimiento.

5- Marco Teórico

5.1- Ayudas Ergogénicas

Las ayudas ergogénicas (del griego ergón que significa trabajo) teóricamente permiten al individuo realizar más trabajo físico del que sería posible sin ellas (Wootton, 1988) (3).

El término ergogénesis significa producción de energía, si una determinada manipulación mejora el rendimiento a través de la producción de energía, se denomina ergogénica y si lo reduce ergolítica, por tanto, una ayuda ergogénica es toda aquella sustancia o fenómeno que mejora el rendimiento. (Wootton, 1988) (3).

Los agentes ergogénicos (ergo=fuerza, génicos=generadores, o sea "sustancias generadoras de fuerza") y las sustancias que pueden tener acción antioxidante, acción antirradicales libre y por lo tanto, ayudan a evitar el daño tisular y el imparable proceso del envejecimiento (López, 2004).

En el deporte, una **AYUDA ERGOGÉNICA** puede ser definida como una técnica o sustancia empleada con el propósito de mejorar la utilización de energía, incluyendo su producción, control y eficiencia. Son procedimientos que básicamente ayudan a potenciar

alguna cualidad física, como la fuerza, la velocidad, la coordinación, ayudan a disminuir la ansiedad, los temblores, el control del peso, el aumento de la agresividad, la mejora de la actitud competitiva, y la demora de la fatiga o aceleración de la recuperación del organismo.

En general, algunas ayudas son positivas para los deportistas, sin embargo, otras son inefectivas y hasta perjudiciales al ser administradas sin control por personas sin formación, y sin conocimientos médicos (sustancias farmacológicas consideradas doping). La investigación nutricional ha realizado estudios sobre grupos de deportistas, aportando pruebas sobre la efectividad de la aplicación de suplementos selectivos en las dosis adecuadas según el tipo de actividad y con resultados en la mejora del rendimiento deportivo. La utilización de suplementos nutricionales va encaminada al logro de diferentes objetivos entre los que podríamos destacar los siguientes:

- Realización de actividades prolongadas y de entrenamientos.
- Acelerar procesos de recuperación.
- Regulación hidroeléctrica y termorregulación.
- Corrección de la masa corporal.
- Orientar el desarrollo de la masa muscular.
- Reducir el volumen de la ración diaria durante la competición.

- Orientación cualitativa de la ración pre competición.

5.1.1- Ayudas ergogénicas dietéticas: Nutricionales (2)

1. Sustancias que reponen el gasto producido por la actividad

Hasta el momento el AGUA y la reposición de HIDRATOS DE CARBONO son la ayuda ergogénica por excelencia. La reposición hídrica durante y después de la competición deberá hacerse considerando las pautas establecidas en lo referente a volumen, temperatura del líquido o bebida, tiempo de administración y características de la prueba. En lo que refiere a los hidratos de carbono se deben respetar los tiempos deportivos, sin olvidar el efecto insulínico de las soluciones glucosadas.

El agua debe ser suministrada antes, durante y después del ejercicio. Se recomienda como ración de espera y durante las competencias que duren más de 30 minutos, dar soluciones cuya tonía no supere el 10%, ideal del 6% al 8%, esto es debido al efecto insulínico. Después de esos 30 minutos, éste efecto podría ser contrarrestado por las hormonas conrainsulares como el Glucagón y la somatostatina.

Existen numerosas formas de rellenar el Glucógeno en el músculo esquelético, hacemos referencia a la conocida dieta escandinava, la cual propone tres días de entrenamiento

exhaustivo acompañados de una dieta pobre en hidratos de carbono (100g). Los tres días siguientes, se da una dieta rica en HC (500 g) y se realiza un entrenamiento liviano. Esta dieta, tiene como efecto adverso la irritabilidad en el carácter, las grandes variaciones del peso de 1 a 3 kg por acumulación de agua junto con la molécula de glucógeno, estas dietas deben acompañarse de una buena hidratación y sólo sirve para ejercicios de resistencia aeróbica. (1)

La tendencia actual es la de ingerir 300 g de HC los primeros 3 días de entrenamiento exhaustivo y en los siguientes tres días de entrenamiento liviano consumir 550g. de Hidratos de Carbono. Con ello se conseguía que la irritabilidad generada fuese menor. (1)

2. Concentrados de nutrientes

Concentrados de Hidratos de Carbono: En respuesta a la dificultad de consumir a través de alimentos naturales los niveles de carbohidratos recomendados, se han desarrollado productos de muy bajo contenido en residuo, comercializados para la pre-competición, semisólidos con sacarosa o polímeros de glucosa que pueden ser consumidos antes y durante la competición.

Las ventajas de los concentrados de H de C son:

- Tienen un cociente g/cal menor de 1.

- Tienen la proporción adecuada de nutrientes.
- Ausencia de sustancias no deseables (purinas, grasas) presentes en la dieta habitual.
- Fácil preparación y digestión.

Concentrados proteicos (AA): Quizás las proteínas constituyan la ayuda ergogénica más común o el suplemento dietético más utilizado. Los estudios de balance de nitrógeno demostraron que con el aumento del gasto energético debido al ejercicio, y la excreción de este componente no aumenta.

Algunos estudios, demostraron que la suplementación con proteínas no mejora la performance de resistencia. Sin embargo, otros estudios confirmaron que la proteína suplementada podía aumentar la masa muscular, si era consumida por atletas de fuerza. De hecho, la proteína ingerida sobre los requerimientos nutricionales y fisiológicos aumenta la retención de nitrógeno. (1)

Estudios más recientes sugirieron que los aminoácidos ramificados servían como fuente de energía durante el ejercicio de resistencia, ya que se encontró que los niveles plasmáticos de estos aminoácidos desempeñaban roles importantes en el origen de la fatiga central durante el ejercicio; pero los efectos de la suplementación con estos aminoácidos no ha demostrado poseer efectos ergogénicos en la práctica, particularmente cuando se le compara con la suplementación con carbohidratos.

El exceso de aminoácidos se transforma en grasa corporal y tras la desaminación se genera el aumento de la urea con la sobrecarga renal subsiguiente. El grupo amino se elimina con agua, por lo que aumentaría la deshidratación del deportista.

Las recomendaciones nutricionales para la población (RDA) de proteínas son de 0,8g/Kg de peso del individuo.

En Junio del 97 en Physician an Sport Medicina, Fern y col. y Lemon y col. demostraron que tras la ingesta aumentada de proteínas de 1,4-1,8g/Kg de peso junto a un entrenamiento de 4 semanas, el desarrollo de la fuerza era mejor. (1)

Lemon y Gontzen demuestran más tarde que con ingestas proteicas de 1,2 a 1,4 g/kg de peso y un entrenamiento de resistencia (trabajando al 60% del VO₂ máx.) se mejoraba la cualidad física de resistencia, producida la mejora de entrenamiento se podía volver a los valores de la RDA (Dosis Diaria Recomendada). (1)

Creatina: Es una molécula biológica con un gran parecido a los aminoácidos y similar en cuanto a peso molecular que se sintetiza a partir de los aminoácidos metionina, glicina y arginina (ver glosario), presentes en la alimentación diaria (en la carne y el pescado), si bien esta síntesis endógena se halla inhibida cuando el consumo de creatina en la dieta es alto (Maughan, 1995)

La creatina se encuentra principalmente en los músculos, pues actúa de forma íntima en la obtención de energía. En los músculos encontramos unos 125 milimoles de creatina por cada Kilogramo de masa muscular. La característica principal de esta sustancia es que es capaz de unirse con una molécula de ácido fosfórico formando un enlace de alta energía con éste. El producto resultante es la fosfocreatina (PC). En el músculo la creatina se encuentra en un 40% en forma aislada y el 60% restante en forma de fosfocreatina, es decir, en la forma cargada energéticamente. (1)

La creatina y fosfocreatina tienen un papel principal en la regulación y mantenimiento de ATP, que se utiliza para la contracción muscular. Al iniciarse un movimiento el ATP que se consume en ese momento debe ser recuperado muy rápidamente puesto que la concentración en el músculo de esta sustancia debe ser siempre constante. La energía necesaria para recuperar la adenosín trifosfato que acaba de ser gastado viene de la rotura del enlace entre la creatina y el fósforo. La fosfocreatina es la reserva más abundante de energía en forma de enlaces fosfato que hay en el músculo y el mecanismo más rápido para recuperar el ATP.

Otra función vital de la creatina es su capacidad para detener o rechazar los iones hidrógeno, responsables de la bajada del pH del músculo y su conversión en más ácido, acidosis, que por otro lado, es un factor que contribuye a la fatiga muscular.

La disponibilidad de creatina libre se ha considerado fundamental para la recuperación de la fosfocreatina. Los últimos estudios demuestran que el uso de la fosfocreatina empieza a disminuir después de 2 segundos de ejercicio máximo, gracias a la contribución del sistema de obtención de energía del uso anaerobio de la glucosa que tarda unos 3 segundos en ponerse en marcha. Esto demuestra que la energía de los enlaces fosfato de la creatina sirven para mantener la cantidad de ATP necesaria hasta que empieza a intervenir el sistema anaeróbico láctico.

Los expertos en fisiología del ejercicio recomiendan, si se va a consumir creatina, cargar los depósitos orgánicos con 20 ó 25 gramos de la sustancia al día y durante cinco jornadas para, luego a una dosis menor y continuada de cinco gramos cada 24 horas.

El turnover diario es de 2/1g por alimentación + 1 g por síntesis endógena. Dos tercios de la creatina total es fosforilada a fosfocreatina, interviniendo a nivel celular en la resíntesis de ATP. En ausencia de creatina el pool de ATP celular disminuye, por lo que sobreviene más rápida la fatiga.

La creatina actuaría entonces mejorando la resíntesis de ATP y actuando como buffer intracelular para el lactato, es decir, mejorando la potencia anaeróbica.

Efectos de la suplementación de creatina:

- Aumenta la reserva intracelular de PC (fosfocreatina), especialmente si hay deficiencia previa.
- Aumento del peso total (en entrenados y no entrenados).
- Aumenta la fuerza de contracción (de un 5 a un 7%).
- Aumenta la velocidad.
- Mejora los tiempos de recuperación entre ejercicios.
- Mejora la performance de ejercicios de alta intensidad y corta duración, intermitentes.
- Mejora la recta final en los ejercicios de alta intensidad (bicicleta ergométrica).
- Aumenta la potencia anaeróbica.
- Aumenta la fuerza en el pico del salto.
- Mejora eventos de máxima velocidad (hasta 30 segundos) y el tiempo de recuperación entre picos de velocidad.

Efectos negativos de la creatina:

- posible deterioro de la función renal en pacientes renales crónicos.
- deshidratación (por captura osmolaridad intracelular y por eliminación del grupo amino a nivel renal junto con agua).
- calambres (alteración del balance hidroelectrolítico). Es importante prevenirlo mediante buena hidratación junto a la suplementación.
- supresión de la síntesis endógena de creatina, reversible.
- daño muscular (ruptura de fibras).
- náuseas, trastornos gastrointestinales, mareos, debilidad, diarreas con dosis mayores a los 5 g por día.

L-Carnitina: Amina que se encuentra en la carne, en menor grado en la leche y en baja cantidad en frutas y vegetales. La L-carnitina funciona como un biocatalizador, transportando los ácidos grasos a través de la pared celular, dentro de la mitocondria, esto permite a las células musculares utilizar los ácidos grasos esenciales para el metabolismo de energía. En las mitocondrias se produce la betaoxidación de los ácidos grasos de cadena larga por parte de las enzimas que se encuentran en su interior.

El cuerpo puede compensar la baja ingesta sintetizándola en forma endógena en hígado y riñones a partir de lisina, metionina y disminuyendo su aclaramiento renal.

Se pensaba que era ergogénica por:

- Aumentando el transporte de AG a través de la membrana mitocondrial, aumenta la oxidación de AG, ahorrando el glucógeno muscular.
- Como buffer del ácido pirúvico, reduciendo el ácido láctico, lo que alejaría los síntomas de fatiga.
- Se combinaría con la Acetil CoA produciendo acetil-L-carnitina y CoA libre.
Facilitaría la producción de ATP.

La dosis recomendada es de 2-5g/día, ingeridos fuera de las comidas, una semana antes de la competición.

L-Triptófano: Es un aminoácido esencial que no se comercializa puro, pero sí combinado como suplemento para tratar diversas alteraciones de orden nervioso (insomnio, depresión, ansiedad).

Se le atribuye la cualidad de estimular la hormona de crecimiento. En el deporte produciría esto, analgesia y reduciría el malestar por el esfuerzo prolongado. Segura y Ventura demostraron que ingerir una dosis de 300 mg (4 veces al día) mejoraría significativamente el tiempo total de los ejercicios de baja intensidad (versus placebo),

estos resultados nunca pudieron ser replicados. Seltzer y Stensrud no hallaron diferencias significativas versus placebo, pero sí efectos adversos como: mialgias, eosinofilia.

Beta (OH) Metil Butirato, metabolito de la leucina: Metabolito de la leucina (producido en pequeñas cantidades de manera endógena). Se encuentra en cítricos y pescados.

En 1980 en IOWA University, hipotizaron que su suplementación podía aumentar la fuerza muscular y la masa magra. Dosis recomendadas son 1,5 a 3 g/d. Nissen lo probó en 41 sujetos con suplementación y entrenamiento de 4 semanas, versus placebo, y sus resultados reflejaban un aumento de fuerza y masa magra, con disminución de catabolitos proteicos (3-metil histadina y CPK). Otro estudio demostró que descendía 5% de grasa corporal y aumentaba la fuerza. No se objetivaron efectos adversos, pero es prematura su recomendación.

Colina: Actúa como donante del grupo metilo, acrecentando los niveles de creatina (potencia anaeróbica) y como componente de fosfolípidos (lecitina) y como estructura de las membranas celulares. También como componente estructural del neurotransmisor acetilcolina (conducción nerviosa).

Arginina y Ornitina: Algunos estudios sugieren que estimulaban la GH (hormona del crecimiento) produciendo crecimiento de masa muscular y disminución de grasa corporal,

si está demostrado que potencia la síntesis de colágeno y acelera la reparación de los daños tisulares. Algunos estudios demuestran que la arginina puede elevarse como resultado de los suplementos de ornitina.

Iosina: Nucleósido que facilitaría la producción de ATP. Se utilizó para la práctica anaeróbica. Los estudios de dosis de 6g por 2 días no tuvieron efectos significativos.

3- Sustancias que influyen en el uso de combustible

Cafeína: Aumenta la utilización de ácidos grasos durante el ejercicio prolongado en eventos mayores que 30 minutos. Hasta el año pasado se consideraba positivo en los controles antidopaje cuando en orina aparecían valores superiores a 12 microgramos/mililitro, con la publicación de la última lista por parte del CSD se ha modificado, siendo ahora positivo con valores superiores a 15 microgramos/mililitro. Inconveniente el alto número de efectos secundarios que pueden tener a dosis altas, más frecuente: incremento de tensión arterial, capacidad diurética que puede ocasionar problemas en ambientes de altas temperaturas, humedad y las digestivas (diarreas, reflujo gastroesofágico).

Picolinato de cromo: Mineral que se requiere en muy bajas dosis en el organismo.

Interviene como cofactor de la Insulina (promoviendo la síntesis de glucógeno muscular y

aumenta la captación de aminoácido al músculo). No hemos encontrado variaciones significativas con respecto al placebo, en los estudios consultados.

4. Sustancias que modifican el pH

4.1. Sustancias alcalinizantes

Bicarbonato de sodio: En animales se ha comprobado que reduce la fatiga, no así en humanos. Pero sí se ha demostrado algunas mejorías en los tiempos de los ejercicios de baja intensidad que duran entre 5 y 7 minutos, no así los sprints. La dosis recomendada es 300 mg 2 horas previas a ejercicios tipo sprint o repeticiones de máxima intensidad.

Aspartato de potasio y de magnesio: Los estudios dicen que mejora un 15-20 % la resistencia aeróbica. La dosis recomendada 5-10 g/día.

El magnesio participa como cofactor en muchos sistemas enzimáticos, incluyendo los procesos de producción de energía que envuelven la transferencia de fosfato, la duplicación del ADN y las bombas de energía que mantienen la correcta distribución de sodio, calcio y potasio a través de las membranas celulares.

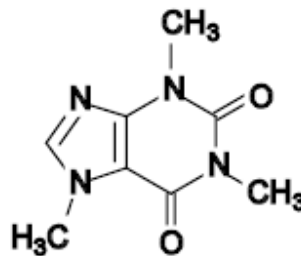
La suplementación con magnesio mejora varios factores del rendimiento, incluyendo la resistencia y la fuerza, así mismo está demostrado que el ejercicio intenso provoca la deplección de los depósitos de magnesio, por lo tanto, deberá suplementarse en deportes de resistencia. Mejora la capacidad de recuperación entre esfuerzos, la fatiga mental, la irritabilidad y la falta de concentración. Su suplementación reduce la probabilidad de lesiones musculares y la tendencia a calambres musculares, fomentando así una función normal del músculo. Su presentación en forma de aspartato parece muy adecuada para el empleo en el deporte ya que el propio ácido aspártico toma parte en la producción de energía al formar parte del ciclo de Krebs.

Miscelánea: La jalea real, polen, la lecitina de soja, el ajo, el germen de trigo, son suplementos nutricionales muy utilizados en el ámbito deportivo como vigorizantes y fortificantes en tiempos de fatiga, hemos encontrado estudios tanto a favor como en contra de su utilización, ciertos productos dietéticos, no está comprobado que mejoren ningún tipo de rendimiento, pero si utilizados arbitrariamente sin ningún control médico, pueden provocar diarreas, alergias e interacciones con ciertos medicamentos.

5.2 - Cafeína:

5.2.1 - La cafeína, en su definición, es un alcaloide de la familia metilxantina, cuyos metabolitos incluye los compuestos teofilina y teobromina, con estructura química similar y similares efectos (aunque de menor intensidad a las mismas dosis). En estado puro es un polvo blanco muy amargo. Fue descubierta en 1819 por Ruge y descrita en 1821 por Pelletier y Robiquet. (4)

Su fórmula química es $C_8H_{10}N_4O_2$, su nombre sistemático es 1,3,7-trimetilxantina o 3,7-dihidro-1,3,7-trimetil-1H-purina-2,6-diona y se encuentra naturalmente en ciertas plantas o se produce sintéticamente y se usa como aditivo en ciertos productos alimenticios.



La administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA) incluyó en 1958 a la cafeína en la categoría GRAS, o sea, alimentos generalmente conocidos como seguros. (5) En concordancia a lo anterior, las agencias reguladoras no imponen ninguna restricción ante el uso de la cafeína y los manuales de diagnóstico recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) han indicado que “no hay evidencia cualesquiera

que el uso de la cafeína tenga consecuencias incluso físicas y sociales remotamente comparables que se asocien a las drogas serias del abuso”. Se sabe que las drogas clásicas del abuso tales como anfetaminas, cocaína y nicotina estimulan la liberación de dopamina en la cáscara del núcleo accumbens, estructura dominante en el cerebro para la recompensa de la motivación y del apego. Sin embargo, la cafeína no tiene ningún efecto en dicha estructura. La cafeína se consume vía oral y en pequeñas dosis a lo largo del día mientras que las otras drogas son tomadas comúnmente por vía intravenosa o por inhalación. Esta diferencia es importante debido a que el retraso en la absorción de la cafeína reduce el riesgo de dependencia.

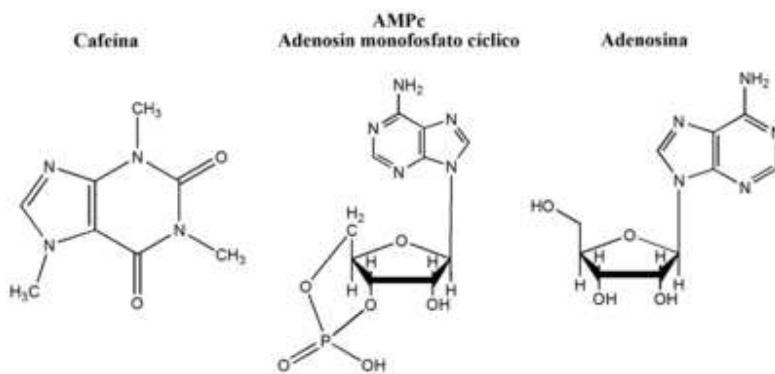
Es común el uso del término adicción como un consumo regular e irresistible que crea problemas. El uso de la cafeína no cabe en este perfil. Su consumo no hace ningún daño al individuo o a la sociedad y sus usuarios no se ven obligados a consumirla. Aunque la cesación del uso regular puede dar lugar a síntomas tales como dolor de cabeza y letargo, éstos son invertidos fácilmente por la ingesta de cafeína **(6)**

Más del 80% de la población mundial ingiere cafeína a diario, haciéndola la droga más extensamente consumida en la historia.

Para la mayoría de los consumidores, la exposición a la cafeína se produce durante toda la vida. La primera exposición ocurre generalmente antes de nacer. La cafeína cruza la

placenta, y debido a que la mayoría de las mujeres consumen cafeína durante el embarazo, la mayor parte de los recién nacidos muestran niveles farmacológicos activos de cafeína en el plasma. La exposición continúa durante la niñez, con patrones de que tienden a consolidarse durante la adolescencia y la edad adulta temprana. Después de esto, el uso tiende a estabilizarse, experimentando pequeños cambios en el resto de la vida. (7)

5.2.2 – Mecanismo de acción



Moléculas de: cafeína (izq.), AMPc (centro) y adenosina (der)

El principal modo de acción de la cafeína es como un antagonista de los receptores de adenosina que se encuentran en las células del cerebro.

La cafeína cruza fácilmente la barrera hematoencefálica que separa a los vasos sanguíneos del encéfalo. Una vez en el cerebro, el principal modo de acción es como un antagonista no selectivo del receptor de adenosina. La molécula de cafeína es estructuralmente similar a la adenosina y por lo tanto se une a los receptores de adenosina

en la superficie de las células sin activarlos (mecanismo de acción "antagonista"). Entonces, tenemos que la cafeína actúa como un inhibidor competitivo.

La adenosina se encuentra en casi cualquier parte del cuerpo, debido a que desempeña un papel fundamental en el metabolismo energético relacionado al ATP, pero en el cerebro, la adenosina desempeña funciones especiales. Existen evidencias que indican que las concentraciones de adenosina cerebral se ven aumentadas por varios tipos de estrés metabólico, entre los cuales citamos: Hipoxia e isquemia. La evidencia indica también que la adenosina cerebral actúa protegiendo el cerebro mediante la supresión de la actividad neuronal y también mediante el incremento del flujo sanguíneo a través de los receptores A_{2A} y A_{2B} ubicados en el músculo liso vascular. Al contrarrestar a la adenosina, la cafeína reduce el flujo cerebral de reposo en 22 a 30%. La cafeína también posee un efecto desinhibitorio general sobre la actividad neuronal. De todas formas, no se ha demostrado cómo esos efectos causan un incremento en la vigilia y la alerta. La adenosina es liberada al cerebro mediante un mecanismo complejo. Hay evidencia que indica que la adenosina funciona como un neurotransmisor liberado en los espacios sinápticos en algunos casos, pero sin embargo, los incrementos de adenosina relacionada con el estrés, parecerían ser producidos principalmente mediante el metabolismo extracelular del ATP. Ciertamente, la adenosina no es el neurotransmisor primario de ningún grupo de neuronas, pero sin embargo es liberada junto a otros neurotransmisores por algunos tipos de neuronas. A diferencia de muchos neurotransmisores, al parecer, la adenosina no es almacenada en vesículas que son dependientes del voltaje, por lo cual, la posibilidad de que se dé ese

mecanismo no ha sido completamente descartada. Varias clases de receptores de adenosina han sido descritos, cada una con ubicaciones anatómicas diferentes. Los receptores A_1 están ampliamente distribuidos y actúan inhibiendo la absorción de calcio. Los receptores A_{2A} están densamente concentrados en los ganglios basales, un área que desempeña un papel crítico en el control del comportamiento, pero también pueden ser encontrados en otras partes del cerebro pero en densidades más bajas. Hay evidencia de que los receptores A_{2A} interactúan con el sistema dopaminérgico, el cual está involucrado en el estado de vigilia y recompensa. Los receptores (A_{2A}) pueden ser hallados también en las paredes arteriales y en las membranas celulares de las células de la sangre. Más allá de sus efectos de neuroprotección, existen razones para creer que la adenosina puede estar más específicamente involucrada en el control de los ciclos de sueño-vigilia. Robert McCarley y sus colegas opinan que la acumulación de adenosina puede ser una causa primaria de la sensación de sueño que sigue a una prolongada actividad mental, y que los efectos pueden ser mediados tanto por inhibición de las neuronas promotoras de la vigilia mediante los receptores A_1 , y por la activación de las neuronas promotoras del sueño mediadas por efectos indirectos en los receptores A_{2A} . Estudios recientes han aportado evidencias adicionales sobre la importancia de los receptores A_{2A} , pero no para los A_1

Algunos de los efectos secundarios de la cafeína son probablemente causados por efectos no relacionados con la adenosina. Como otras xantinas metiladas, la cafeína es también un:

1. Inhibidor competitivo y no selectivo de la fosfodiesterasa, el cual aumenta el cAMP intracelular, activa la PKA, e inhibe el TNF-alfa y la síntesis del leucotrieno , reduce la inflamación y el sistema inmunitario innato y
2. Receptor antagonista no selectivo de adenosina

Los inhibidores de fosfodiesterasa ejercen su inhibición sobre las enzimas cAMP-fosfodiesterasa (cAMP-PDE), que convierten al AMP cíclico en su forma no cíclica dentro de las células, entonces, de esta manera permiten la producción de AMPc dentro de las células. El AMP cíclico participa en la activación de la proteína quinasa A (PKA) que inician a su vez la fosforilación de enzimas específicas que intervienen en la síntesis de glucosa. Mediante el bloqueo de su degradación, la cafeína intensifica y prolonga los efectos de la epinefrina y las drogas tipo epinefrina como las anfetaminas, metanfetaminas o metilfenidatos. A su vez, las concentraciones altas de AMPc en las células parietales provocan un aumento en la activación de la proteína quinasa A dependiente de AMPc que a su vez incrementa la activación de la bomba de protones, específicamente la H⁺/K⁺ ATPasa, teniendo como efecto último, un incremento en la secreción de jugos gástricos ácidos.

El AMP cíclico también incrementa la actividad de la (corriente I), que a su vez, incrementa directamente la frecuencia cardíaca. La cafeína es también un análogo estructural de la estricnina y como ella (aunque mucho menos potente) es un antagonista competitivo de los receptores ionotrópicos de glicina.

También los metabolitos de la cafeína contribuyen a sus efectos. La paraxantina es responsable del incremento del proceso de lipólisis, el cual libera glicerol y ácidos grasos al torrente sanguíneo para que sean usados como energía por los músculos. La teobromina es un vasodilatador que aumenta la cantidad de flujo de oxígeno y nutrientes al cerebro y músculos. La teofilina actúa como un relajante del músculo liso que afecta principalmente a los bronquiolos y también actúa como una sustancia cronotrópica e inotrópica incrementando la frecuencia cardíaca y su eficiencia.

El período de semieliminación de la cafeína (el tiempo requerido para que el cuerpo elimine la mitad de la presente en el plasma sanguíneo; es decir, la vida media) oscila entre horas y días, dependiendo de la edad, el sexo, la medicación y las condiciones de salud. Los recién nacidos carecen de las enzimas precisas para metabolizar la cafeína; en ellos el periodo de semieliminación es de tres a cuatro días. En los fumadores es más breve (3 horas) que en los no fumadores (3-7 horas). En las mujeres gestantes es de 18 horas y en los pacientes con insuficiencia hepática es también más prolongado que en quienes no presentan alteraciones de la función hepática.

La cafeína puede sufrir las siguientes transformaciones metabólicas:

1. Desmetilación inicial para dar origen a dimetilxantinas [teofilina, teobromina y paraxantina (1-7-dimetilxantina)].
2. Oxidación en C8, para generar el ácido 1, 3,7 trimetilúrico.
3. Hidratación y ruptura del anillo, en C8 y N9, para dar dimetiluracilo.

Las dimetilxantinas sufren luego un nueva desmetilación y se metabolizan a través de reacciones similares a las 2 y 3 antes citadas. (8)

5.2.3 – Fuentes

Las fuentes más comunes de cafeína son el café, té, el fruto del cacao y la nuez de cola. Asimismo se encuentra en la hoja de mate y en las semillas de guaraná. (8) (**Ver Anexos**)

El consumo global es casi completamente atribuible tres bebidas: café, té y bebidas no alcohólicas con cafeína (incluyendo las “bebidas energizantes”) (7)

5.3 – Café

5.3.1 – Origen

El nombre “cafeto” deriva de la designación *Coffea*, aplicada por el botánico francés Antonie DeJussieu en el año 1732 a este género de árboles rubiáceos tropicales cuya semilla se utiliza para preparar la popular infusión. Entre más de treinta especies que componen el género, la de mayor importancia económica es arábica, dueña de una calidad comercial superior; dentro de ella se destacan a su vez las variedades Arábica común, Arábica corriente (las más demandadas), Moka y Burbon. Otras especies de este género son *Canéphora*, cuyas semillas poseen un mayor contenido de cafeína, y la Libérica. (9)

El café es una de las infusiones más consumidas en el mundo. La producción mundial de café (5,5 millones de toneladas en 1999 según la FAO) se realiza principalmente en América del Sur (Brasil, 1.200.000 t; Colombia 600.000 t; Perú) y América Central (México, Guatemala, Honduras, Costa Rica, etc.). Los cafetos se cultivan así mismo en Asia (Indonesia, India, Vietnam, etc.) y en África (Etiopía, Uganda, Costa de Marfil, etc.). Aunque hubo algunos intentos de encarar su producción en pequeñas áreas de Salta y de Jujuy, Argentina es importadora neta, y sus reducidas exportaciones se circunscriben a distintas presentaciones de café elaborado.

En nuestro país, durante el año 2001 el consumo total de café rondó las 33 mil toneladas, lo que significó 900 gramos per cápita. Se consume principalmente la variedad Arábica.

5.3.2 – Composición Química

Más del 50% de la materia desecada de la semilla del café verde se encuentra representada por glúcidos, sobr todo por polisacáridos. Las proteínas representan un 10-12% de esta masa, los lípidos un 10-18%. La fracción insaponificable de los lípidos brutos es importante (más del 10%): junto con esteroides, hidrocarburos y tocoferoles, se señala la presencia de alcoholes diterpénicos (cafestol, kahweol y derivados kauránicos) que se encuentran en estado libre y sobre todo esterificados por ácidos grasos. La semilla de café contiene alrededor de un 5% de ácidos fenólicos: ácido quínico, ácido cafeico, ácido clorogénico. Su contenido en cafeína es variable: de 0,6 a un 2% y más del 3% para algunas Canéphora (variedad robusta)

Durante la torrefacción, la textura y la composición de la semilla cambian de manera importante. Desciende su contenido de agua, la semilla se hincha, los polisacáridos se degradan de manera importante (formando sobre todo productos solubles), se forman

pigmentos (furanos policondensados) y se desarrolla el aroma enormemente complejo (varios cientos de compuestos: alcoholes, fenoles, aldehídos, derivados furánicos y pirrólicos, hidrocarburos, tiofenos, etc.) (10)

5.3.3 – Tipos de Café

Los distintos productos de café o sucedáneos del mismo que se pueden comercializar en el país son:

- **Café verde:** Se entiende como café, café verde o café crudo cuando las semillas sanas y limpias del *Coffea Árabiga L* y de otras especies del mismo género, despojadas de tegumentos exteriores por desecación al sol, y o privadas de su cafeína.
- **Café tostado:** Ya sea en grano o molido, se entiende por tal al café verde normal que por la acción apropiada de calor, ha tomado coloración oscura y aroma característico.
- **Café torrado:** Es el producto resultante de la tostación del café verde normal en presencia de azúcares caramelizables.
- **Café descafeinado:** Es el resultado de extraer la sustancia del café, usualmente con disolventes (por ejemplo cloruro de metileno o acetato de etilo) que absorben el 97% de esta. Otros procedimientos son a través del vapor de agua y del carbón

activado (conocido por el nombre de Swiss Water Process), o también el del dióxido de carbono.

- **Café expreso:** Se obtiene de cafeteras que calientan el agua por encima del punto de ebullición para crear una sobrepresión. La presión obtenida propulsa el agua a través del filtro con café. Los compuestos amargos y mezclas de diferentes granos le dan al expreso un sabor particular.
- **Café instantáneo:** Los cafés solubles instantáneos se obtienen a partir de cafés concentrados de los que se extrae el polvo por evaporación. Esta practicidad para obtener el producto preelaborado ocupa un segmento pequeño del consumo global.

El 80% del volumen de café se comercializa en el mercado mayorista y minorista, presentándose como café tostado, torrado molido y preparaciones a base de café. En el último trienio se evidencia un cambio de hábito de consumo de café, incrementándose las ventas de café molido o preparaciones en base a café envasado en saquitos.

5.4 - Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva

La posición de la Sociedad en relación a la suplementación con cafeína y el rendimiento deportivo, puede resumirse en los siguientes puntos:

1. La cafeína es eficaz para aumentar el rendimiento deportivo en atletas entrenados cuando se consume en dosis bajas a moderadas (3-6mg/kg) y en general, no produce ninguna mejora adicional en el rendimiento cuando se consume en dosis más altas (+ 9 mg/kg).
2. La cafeína ejerce un mayor efecto ergogénico cuando se consume en su forma anhidra que cuando se consume como café.
3. Se ha demostrado que la cafeína puede aumentar la vigilancia durante series extensas de ejercicio exhaustivo, así como también en periodos sostenidos de privación de sueño.
4. La cafeína es ergogénica para los ejercicios de resistencia sostenidos de máxima intensidad y se ha demostrado que es eficaz en pruebas contrarreloj.
5. La suplementación con cafeína es beneficiosa para los ejercicios de alta intensidad, entre los que se incluyen los deportes de equipo como el fútbol y el rugby, que se caracterizan por actividad intermitente dentro de un período de duración prolongada.

5.5 - La cafeína y el rendimiento Cognitivo

Se ha demostrado que la cafeína mejora el rendimiento en diferentes tipos de ejercicios entre los que se incluyen los trabajos de resistencia. Adicionalmente, el uso de cafeína también ha sido estudiado por su efecto, en las operaciones de fuerzas especiales

que requieren rutinariamente personal militar para atravesar períodos de vigilancia sostenida y alerta. En una serie de investigaciones, **McLellan et al. (11)** analizaron los efectos de la cafeína en las unidades militares de fuerzas especiales, que rutinariamente realizan entrenamientos y operaciones en la vida real en condiciones de privación de sueño, donde la vigilancia y la observación diligente son cruciales para el cumplimiento de la función.

En las investigaciones de McLellan et al. Los soldados realizaron una serie de tareas durante varios días donde las oportunidades para dormir disminuyeron excesivamente. Las pruebas experimentales incluyeron una carrera de 4 a 6, 3 km, así como también pruebas de puntería, observación y vigilancia psicomotora.

Durante los períodos de vigilancia sostenida, se proporcionó cafeína a los sujetos en una cantidad de 600-800mg en forma de chicle. El suplemento de cafeína se consumió de esta manera porque se ha demostrado que se absorbe más rápidamente, que si se proporciona en forma de píldora, por la proximidad con el tejido bucal. En los tres estudios, la vigilancia se mantuvo o aumentó en las condiciones donde se consumió cafeína en comparación con el placebo. Adicionalmente, las mediciones de rendimiento físico medida como tiempo de carrera y realización de una pista con obstáculos, también mejoraron por los efectos del consumo de cafeína.

Lieberman et al. (12) estudiaron los efectos de la cafeína sobre el rendimiento cognoscitivo durante la suspensión de sueño en marino de las fuerzas especiales de Estados Unidos (US Navy Seals). Sin embargo, en esta investigación a los participantes se les asignaron dosis diferentes de cafeína al azar en forma de cápsula, que contenía 100, 200 ó 300mg. De una manera similar a las investigaciones previas, los participantes recibieron un tratamiento con cafeína o con un placebo y una hora más tarde realizaron una batería de evaluaciones relacionadas a la vigilancia, tiempo de reacción y memoria activa. Además, los participantes fueron evaluados ocho horas post-consumo, de manera similar para analizar la duración del efecto del tratamiento en función de la vida media de la cafeína. Los resultados arrojaron que la cafeína produjo efecto más significativo en tareas relacionadas al estado de alerta.

Un resultado adicional del estudio de Lieberman et al. es el hecho que la cafeína continuó aumentando el rendimiento en lo que se refiere a la adquisición repetida (valoración del aprendizaje motor y la memoria a corto plazo), ocho horas post-consumo. Estos resultados concuerdan con lo observado por Bell et al., donde se evaluó la capacidad aeróbica 1, 3 y 6 horas luego del consumo de cafeína (6mg / kg). La cafeína ejerció un efecto positivo en el rendimiento de los participantes calificados como consumidores (> 300mg/d) y no consumidores (<50mg/d); sin embargo, los no consumidores presentaron un efecto del tratamiento 6 horas post-consumo, que no se observó en los usuarios ya que este grupo tuvo un aumento significativo en el rendimiento 1 y 3 horas post consumo.

La conclusión de Lieberman y colegas sugirieron que los efectos de mejora de rendimiento de la suplementación con cafeína sobre el aprendizaje motor y memoria a corto plazo, podrían estar relacionados con una mayor capacidad de mantener la concentración, y no con un efecto real sobre la memoria que se está utilizando. Lieberman et al. atribuyeron los efectos de la cafeína a acciones sobre el sistema nervioso central, específicamente a la habilidad de suplemento de regular las acciones inhibitorias, especialmente las de la adenosina. De hecho, se sugirió que dado que la cafeína tenía la capacidad de actuar como antagonista de la adenosina, las alteraciones en la excitación explicarían el efecto discriminante del compuesto sobre los comportamientos relacionados a la vigilancia, fatiga y alerta.

5.6 – Sistema Nervioso Central

5.6.1 – Descripción

El **sistema nervioso central** (SNC) está constituido por el **encéfalo y la médula espinal**. Están protegidos por tres membranas: duramadre (membrana externa), aracnoides (membrana intermedia), piamadre (membrana interna) denominadas genéricamente meninges. Además, el encéfalo y la médula espinal están protegidos por envolturas óseas, que son el cráneo y la columna vertebral respectivamente. **(1)**

Las cavidades de estos órganos (ventrículos en el caso del encéfalo y conducto ependimal en el caso de la médula espinal) están llenas de un líquido incoloro y transparente, que recibe el nombre de líquido cefalorraquídeo. Sus funciones son muy variadas: sirve como medio de intercambio de determinadas sustancias, como sistema de eliminación de productos residuales, para mantener el equilibrio iónico adecuado y como sistema amortiguador mecánico.

Las células que forman el sistema nervioso central se disponen de tal manera que dan lugar a dos formaciones muy características: la sustancia gris, constituida por los cuerpos neuronales, y la sustancia blanca, formada principalmente por las prolongaciones nerviosas (dendritas y axones), cuya función es conducir la información. En resumen, el sistema nervioso central es el encargado de recibir y procesar las sensaciones recogidas por los diferentes sentidos y de transmitir las órdenes de respuesta de forma precisa a los distintos efectores.

5.6.2 – Encéfalo

El **encéfalo** (del griego *en*, dentro y *cefalé*, cabeza, «dentro de la cabeza»), es la parte superior y de mayor masa del sistema nervioso. Está compuesto por tres partes: **prosencefalo, mesencefalo y rombencefalo.**

5.6.3 – Prosencefalo

En la anatomía de los animales vertebrados, se llama **prosencefalo** (cerebro primitivo anterior) a la porción anterior del cerebro durante la fase de desarrollo del embrión. El prosencefalo (cerebro anterior), el mesencefalo (cerebro medio), y el rombencefalo (cerebro posterior) son las porciones del cerebro cuando comienza el desarrollo del sistema nervioso central. Durante el desarrollo embrionario el prosencefalo se divide en diencefalo (tálamo e hipotálamo), y telencefalo (hemisferios cerebrales).

5.6.4 – Mesencéfalo

El **mesencéfalo** es el lugar superior del tronco del encéfalo, separa el puente troncoencefálico o puente de Varolio y el cerebelo con el diencefalo. Su eje longitudinal se inclina hacia atrás y los flagelos se alejan de la línea media en su ascenso por el **foramen de Pacchioni** para penetrar en el hemisferio cerebral correspondiente. El límite con el puente troncoencefálico está bien definido, por el surco pontomencefálico y el límite superior está determinado por las cintillas ópticas. Está atravesado por un conducto estrecho, el **acuoducto de Silvio** (acuoducto cerebral), ocupado por líquido cefalorraquídeo. Esta integrado por el *TECTUM* (techo) que se localiza en la porción dorsal del mesencefalo, y el *TEGMENTUM* (tegmento) que es la porción del mesencefalo situada debajo del tectum. Incluye en el pedazo, varios núcleos que controlan los movimientos oculares, la materia gris periacueductual (constituida por cuerpos celulares de neuronas), el núcleo rojo (y la sustancia negra que son componentes importantes del sistema motor).

Se puede describir una:

- Cara anterior donde se observa en la línea media una depresión profunda, la fosa interpeduncular, limitada a cada lado por el pedúnculo cerebral quedando así constituido un espacio triangular de base superior, formada por el quiasma óptico y las cintillas ópticas. En la parte anterior encontramos el tuber cinereum y en la parte

posterior existe una zona perforada por pequeños vasos sanguíneos, de color grisáceo, denominada sustancia perforada posterior, limitado hacia arriba por los tubérculos mamilares. En un pequeño surco situado en el lado medial del pie del pedúnculo cerebral tiene su origen aparente el nervio motor ocular común o III par craneal.

- Cara lateral por la que ascienden los brazos conjuntivales superior e inferior con una dirección anterolateral. El brazo conjuntival superior conecta el tubérculo cuadrigémino anterior con el cuerpo geniculado lateral o externo y la cintilla óptica. El brazo conjuntival inferior conecta el tubérculo cuadrigémino posterior con el cuerpo geniculado medial o interno. Bien hacia atrás se observa un surco profundo, el surco lateral del istmo, que marca el borde inferior del pedúnculo cerebeloso superior y divide al pedúnculo cerebral en dos zonas: una anterior o pie y la otra posterior o calota, de forma triangular y constituye el triángulo de Reil.
- Cara posterior donde se encuentran los cuatro colículos o tubérculos cuadrigéminos, que son eminencias redondeadas divididas en pares anteriores o superiores (centros reflejos visuales) y posteriores o inferiores (centros reflejos auditivos) por el surco cruciforme cuyo extremo anterior está en relación con la epífisis y su extremo posterior se relaciona con el vértice de una lámina nerviosa triangular, muy delgada ubicada en el vértice anterosuperior del 4º ventrículo entre los pedúnculos cerebelosos superiores, la válvula de Vieussens. a este nivel, por debajo del tubérculo cuadrigémino posterior tiene su origen aparente el nervio patético, troclear o IV par craneal

5.6.5 – Rombencéfalo

El rombencéfalo es una porción de encéfalo que rodea al cuarto ventrículo cerebral; lo integran mielencéfalo y metencéfalo juntamente. Se encuentra localizado en la parte inmediatamente superior de la médula espinal y está formado por tres estructuras: el bulbo, la protuberancia anular o puente de Varolio, y el cerebelo. En él se encuentra, también, el cuarto ventrículo.

Morfogenéticamente, la especialización del rombencéfalo durante la vida embrionaria da lugar a la formación de diversas estructuras del sistema nervioso central en vertebrados. También se lo llama *cerebro primitivo posterior*, siendo uno de los tres esbozos de cerebros primitivos, junto al prosencéfalo o *cerebro primitivo anterior* y al mesencéfalo o *cerebro primitivo medio*.

Éstos surgen en el embrión trilaminar, alrededor de la tercera semana de gestación, cuando en la lámina más externa, conocida como ectodermo, empiezan a formarse en su parte central un grupo de células muy especializadas.

Aquella zona se conoce con el nombre de neuroectodermo. Alrededor de la cuarta semana de gestación se forma el tubo neural, que da origen al rombencéfalo junto a los otros dos cerebros primitivos. Estos cerebros primitivos madurarán posteriormente dando lugar a estructuras tales como el cerebro, el cerebelo o el tallo cerebral.

5.6.6 – Cerebro

Es la parte más grande del encéfalo. Se divide visto desde fuera en dos hemisferios (izquierdo y derecho) y se caracteriza por su superficie con repliegues irregulares llamados circunvoluciones o giros cerebrales, más acentuados en los humanos que en cualquier otro animal (exceptuando casos particulares como el de los delfines) y entre ellos líneas irregulares llamadas cisuras. El cerebro, como todas las partes del sistema nervioso central contiene una sustancia blanca y una sustancia gris. Esta última se halla en menor cantidad y es la que forma la corteza cerebral.

El cerebro a su vez, por convención y fijándose en ciertos límites marcados por algunas de las cisuras, se divide en lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital. El pons (puente troncoencefálico) también es parte del encéfalo; el pons se halla por debajo del

bulbo e interviene en la programación de los impulsos de uno a otro hemisferio. En el tronco encefálico se controlan las actividades involuntarias. ej = La tos, vomito, estornudo etc. El cerebelo interviene en la coordinación de los movimientos del cuerpo.

5.6.7 - Bulbo raquídeo

El bulbo raquídeo es una prolongación de la médula espinal y es el órgano que establece una comunicación directa entre el cerebro y la médula. En el mismo nivel de la médula oblonga se entrecruzan los nervios que provienen de los hemisferios cerebrales, de modo que los que provienen del hemisferio derecho van a dirigirse al lado izquierdo del cuerpo, y viceversa. Esto explica que una persona que sufra una lesión en el hemisferio izquierdo sufra una parálisis del lado derecho del cuerpo

5.6.8 – Médula espinal

La **médula espinal** es la región del Sistema Nervioso Central que se halla alojada en el *conducto raquídeo* encargada de llevar impulsos nerviosos a los 31 pares de nervios raquídeos, comunicando el encéfalo con el cuerpo, mediante dos funciones básicas: la aferente, en la que son llevadas sensaciones sensitivas del tronco, cuello y las cuatro

extremidades hacia el cerebro, y la eferente, en la que el cerebro ordena a los órganos efectores realizar determinada acción, llevando estos impulsos hacia el tronco, cuello y extremidades. Entre sus funciones también encontramos el control de movimientos inmediatos y vegetativos, como el acto reflejo, el Sistema Nervioso Simpático y el Parasimpático.

5.7 - Cafeína: Formas, dosis y ejercicios de resistencia

5.7.1 - Café con cafeína, Cafeína anhidra y Ejercicios de Resistencia

Uno de los estudios más reconocidos, en la suplementación con cafeína, fue publicado por **Graham et al. (12)** en el cual demostró una serie de efectos cuando la cafeína se consumía en diferentes formas. En este estudio, corredores aeróbicamente entrenados realizaron cinco carreras en cinta rodante hasta el agotamiento a aproximadamente 85% Vo_2 máx., después de haber recibidos uno de los siguientes tratamientos 60 minutos previos al ejercicio: cápsula de cafeína más agua, café normal, café descafeinado, café descafeinado más cafeína en forma de capsula y placebo. La cafeína en forma de cápsula aumentó significativamente la capacidad de trabajo, lo que les permitió correr 2 – 3 km adicionales, en comparación con los otros cuatro procedimientos.

Graham y colegas postularon que quizás otros compuestos no identificados dentro del café hacen que la cafeína sea menos eficaz que cuando se consume en forma anhidra. Este postulado fue apoyada por una publicación de 2002 de **Paulis et al. (13)** quienes indicaron que en el proceso de tostado del café se originaban derivados de los ácidos clorogénicos. A su vez, estos derivados pueden tener el potencial de alterar el efecto de la cafeína como antagonista de la adenosina, lo que posiblemente reduciría la capacidad de la droga de disminuir la acción inhibitoria de la adenosina.

Otro estudio fue el de **McLellan y Bell (14)** analizaron si una taza de café por la mañana, justo antes de la suplementación con cafeína anhidra, tenía algún impacto negativo sobre el efecto ergogénico del compuesto. Los sujetos que participaron eran físicamente activos y se consideraban consumidores habituales de cafeína de nivel moderado a alto. Siguiendo un diseño transversal, que consistió en seis días de evaluación separados, los sujetos pedalearon hasta el agotamiento a aproximadamente 80% de Vo_2 máx. Los sujetos consumieron una taza de café con una dosis de cafeína que era aproximadamente 1,0 mg/kg y 30 minutos después ingirieron alguna de las siguientes seis condiciones: café descafeinado + cápsulas de placebo; café descafeinado + cápsulas de cafeína con 5mg/kg, café con 1,1 mg/kg + cápsulas de cafeína con 5mg/kg, café + cápsulas con 3mg/kg, café + cápsulas con 7mg/kg, agua + cápsulas con 5mg/kg. Los resultados indicaron que la suplementación con cafeína aumentó significativamente el tiempo hasta el agotamiento del ejercicio, independientemente si la cafeína en forma anhidra era consumida después de una taza de café común o descafeinado.

Reuniendo los resultados de todas las investigaciones disponibles, se sugiere que la cafeína suplementada en dosis de 3 a 7mg/kg, proporcionó un aumento medio en el rendimiento de 24% por encima del placebo. Si bien la cafeína suplementada a través de una taza de café podría ser menos eficaz que cuando se consume en forma anhidra, el consumo de café previo a la suplementación con cafeína anhidra no interfiere con el efecto ergogénico proporcionado por las dosis bajas o moderadas.

5.7.2 - Café con cafeína, Café descafeinado y Ejercicios de Resistencia

Wiles et al. (15) analizaron los efectos sobre el tiempo de carrera en cinta rodante, de 3 gr de café que contenía aproximadamente 150-200mg de cafeína.

Se utilizó esta forma y ésta dosis para imitar los hábitos de vida reales de un atleta antes de la competencia. Los sujetos realizaron una prueba contrarreloj en cinta rodante de 1500-m. Diez sujetos con un Vo_2 máx. de 63,9-88,1 ml/kg/min, además, realizaron un segundo protocolo diseñado para simular un “esfuerzo final” de aproximadamente 400mts. Además otros seis sujetos, realizaron un tercer protocolo para investigar el efecto del café con cafeína sobre el ejercicio sostenido de alta intensidad.

Los resultados revelaron un tiempo de carrera 4,2 segundos más rápido en el tratamiento de café con cafeína, en comparación con el café descafeinado. En la simulación del “esfuerzo final” los 10 sujetos lograron velocidades de carrera significativamente más rápidas luego de la ingestión del café con cafeína.

Finalmente, durante el esfuerzo sostenido de alta intensidad, ocho de diez sujetos habían aumentado los valores del VO_2 máx. **(15)**.

En una publicación más reciente, **Demura et al. (16)** analizaron el efecto de café que contenía una dosis moderada de cafeína de 6mg/kg, sobre ejercicios de ciclismo de intensidad submáxima. Los sujetos consumieron café con cafeína o descafeinado 60 minutos antes de del ejercicio. El único resultado significativo fue un RPE (Rating of Perceived Exertion Scales) en el tratamiento con café con cafeína menor que en el tratamiento con café descafeinado.

El café contiene numerosos compuestos biológicamente activos; sin embargo, no se sabe si estos compuestos son beneficiosos para el rendimiento humano **(17)**. Por otra parte, está claro que consumir antes de las competencias deportivas, la cafeína en forma anhidra, sería más ventajoso para aumentar el rendimiento que consumir café. No obstante, la forma

de suplementación no es el único factor para considerar, ya que la dosificación apropiada es también una variable importante.

5.7.3 - Cafeína Anhidra y Ejercicios de Resistencia

En un estudio publicado por **Graham y Spriet (18)**, siete corredores de elite realizaron un total de cuatro test, dos ejercicios de ciclismo y dos carreras hasta el agotamiento, a aproximadamente 85% Vo₂ máx. Los tiempos de carrera y de ciclismo aumentaron significativamente; el tiempo de carrera aumentó desde 49 minutos en el tratamiento con placebo a 71 minutos en el tratamiento con 9mg/kg de cafeína, el tiempo de ciclismo aumentó de 39 minutos en el tratamiento placebo a 59 minutos en el; tratamiento con 9mg/kg de cafeína.

Los resultados fueron comparables a los de otro estudio publicado en 1992 por **Spriet et al. (19)**, donde con un diseño transversal, ocho sujetos consumieron un placebo o un tratamiento con 9 mg/kg de cafeína y luego de 60 minutos pedalearon hasta el agotamiento a 80% del Vo₂máx. Una vez más, luego de la suplementación con cafeína los tiempos hasta el agotamiento aumentaron significativamente. Los resultados indicaron que los sujetos eran capaces de pedalear durante 96 minutos en el tratamiento con cafeína, en

comparación con el tratamiento placebo donde el tiempo hasta el agotamiento era de 75 minutos.

Recientemente **McNaughton et al. (20)**, informaron los efectos de una dosis moderada de cafeína (6mg/kg) sobre el rendimiento de una prueba contrarreloj de 1 hora. Esta investigación es única porque, aunque el protocolo es continuo, también incluyó varias simulaciones de ascensos para representar mejor el trabajo máximo que realiza un ciclista durante el entrenamiento diario. Durante la prueba contrarreloj de 1 hora de duración, los ciclistas del tratamiento con cafeína pedalearon significativamente más que los ciclistas de los grupos placebo y control. De hecho, el rendimiento en prueba contrarreloj aumentó 4-5% en el tratamiento con cafeína por encima de los otros dos tratamientos.

El uso de cafeína en forma anhidra, en comparación con una taza de café con cafeína, parecería aportar mayores beneficios en relación al aumento del rendimiento de resistencia. Además, una dosis baja a moderada de cafeína de entre 3 y 6mg/kg sería suficiente para mejorar el rendimiento en un esfuerzo sostenido de resistencia de intensidad máxima.

5.7.4 - Dosis bajas, moderadas o altas de cafeína anhidra y ejercicios de resistencia

Pasman y colegas (21) examinaron el efecto de diferentes cantidades de cafeína sobre el rendimiento de resistencia. Nueve ciclistas entrenados aeróbicamente, realizaron seis ejercicios de ciclismo donde pedalearon hasta el agotamiento a aproximadamente 80% del Vo₂ máx. Los sujetos consumieron cuatro tratamientos en diferentes ocasiones: Placebo, cápsulas de cafeína de 5mg/kg, 9mg/kg y 13mg/kg. Los resultados fueron concluyentes ya que los tres tratamientos con cafeína aumentaron significativamente el rendimiento de resistencia en comparación con el placebo. No se observaron diferencias estadísticas, entre las dosis de cafeína. Por lo tanto, los aumentos en el rendimiento fueron comparables, tanto para la dosis moderada de 5 mg/kg, como para la dosis alta de 13mg/kg. El aumento promedio en el tiempo de rendimiento fue 27% para los tres tratamiento de cafeína, y similar a lo observado en el estudio de entrenamiento de las Fuerzas Especiales de la Marina de Estados Unidos (US Navy Seal) publicado por **Lieberman et al. (22)**. Los resultados de esa publicación indicaron que no hay una ventaja estadística, en consumir una dosis absoluta de de 300mg contra una dosis de 200mg. Sin embargo, la dosis de 200mg producía incrementos significativos en el rendimiento, en comparación con la dosis de 100mg y la dosis de 100mg no era diferente o más ventajosa en ningún punto para el rendimiento con placebo.

En el estudio de **Graham y Spriet (23)**, los autores concluyeron que un aumento significativo en el rendimiento con las dosis bajas (3mg/kg) y moderadas (6mg/kg) de cafeína, pero no con la dosis de 9mg/kg. En respuesta a por qué las dosis bajas y moderadas de cafeína mejoran significativamente el rendimiento, en comparación con la dosis alta, Graham y Spriet sugirieron que, “sobre la base de informes subjetivos de algunos sujetos parecería que en dosis elevadas, la cafeína podría haber estimulado el sistema nervioso central hasta un punto donde las respuestas ergogénicas usualmente positivas fueron avasalladas”. Éste es un aspecto muy importante porque en todos los deportes existen grandes diferencias individuales entre los atletas, como el nivel de entrenamiento, habituación a la cafeína y modo de ejercicio.

5.8 - CAFEÍNA: Ejercicio de alta intensidad y deporte de equipo

Es evidente que la suplementación con cafeína aporta una respuesta ergogénica para los esfuerzos aeróbicos sostenidos en los atletas con entrenamiento en resistencia moderado a alto. Sin embargo las investigaciones presentan mayor variación, cuando se trata de series de esfuerzos máximos de alta intensidad. **Collomp et al. (24)**, informaron los resultados obtenidos en un grupo de sujetos desentrenados que participaban sólo 2-3 horas por semana en actividades deportivas no específicas. En un estudio con un diseño transversal, los sujetos consumieron en ayuno, una dosis de cafeína de 5mg/kg o un placebo y realizaron un

Test de Wingate de 30 segundos. En comparación con el placebo, la cafeína no produjo aumento significativo en el rendimiento de potencia máxima o trabajo total realizado. Estos resultados concuerdan con los resultados de **Greer y colegas (25)**, donde además de la ausencia de aumentos en el rendimiento luego de la suplementación con cafeína (6mg/kg), los sujetos de la categoría no entrenados, experimentaron una disminución en la potencia, en comparación con el placebo, durante las dos últimas, de las cuatro repeticiones del Test de Wingate. Como establecimos previamente, **Crowe et al. (26)**, informaron tiempos significativamente más lentos para alcanzar la potencia máxima en la segunda de dos repeticiones de 60 segundos de ciclismo de máxima intensidad. Los sujetos que participaron de ese estudio no tenían entrenamiento en un deporte específico y consumieron cafeína en una dosis de 6mg/kg. Finalmente Lorino et al. analizaron los efectos de 6mg/kg de cafeína en la agilidad atlética y en el Test de Wingate. Los resultados mostraron que los varones no entrenados no presentaron un mejor rendimiento ni en la carrera agilidad, ni en el test de Wingate. En contraste, un estudio publicado por **Woolf et al. (27)**, demostró que participantes que eran atletas entrenados, alcanzaron una mayor potencia máxima durante el test de Wingate después de consumir una dosis moderada de cafeína de 5mg/kg, quedando claramente establecido que la cafeína no es eficaz para individuos no entrenados que realizan ejercicios de alta intensidad.

Sin embargo, los resultados son notablemente diferentes en los atletas altamente entrenados que consumen dosis moderadas de cafeína. **Collomp et al. (28)**, evaluó el consumo de 250 mg de cafeína (4,3 mg/kg) en nadadores entrenados y no entrenados. Los

nadadores realizaron dos pruebas máximas de natación de 100mts estilo libre; sólo los nadadores entrenados registraron aumentos significativos en la velocidad de nado.

Resultados similares fueron informados por Macintosh y Wright (1995) en un trabajo que estudió los efectos de la cafeína en nadadores entrenados, pero el tratamiento con cafeína fue proporcionado en una dosis más alta (6mg/kg), y el protocolo involucró una prueba de natación de 1500mts. Los resultados indicaron una mejora significativa en los tiempos de nado en los sujetos que consumieron cafeína, en comparación con el placebo. Es más, el tiempo se midió en etapas de 500mts que arrojaron tiempos significativamente más rápidos en cada una de las tres etapas del tratamiento con cafeína. **Collomp et al. (28)**, sugirieron que, es posible que adaptaciones fisiológicas específicas presentes en los atletas anaeróbicos altamente entrenados, tales como una mayor regulación del equilibrio ácido base (es decir, la capacidad amortiguadora intracelular de H⁺), sean esenciales para que la cafeína produzca un efecto ergogénico.

Los participantes en un estudio publicado por Woolf et al. eran atletas altamente entrenados a condiciones anaeróbicas y los resultados de esa investigación demostraron un aumento significativo en la potencia máxima con una dosis moderada de cafeína (5mg/kg) en comparación con el placebo. **Wiles et al. (29)**, reportaron una mejora de 3,1% en el tiempo rendimiento en una prueba contrarreloj de 1 kilómetro (71,1s para el tratamiento con cafeína; 73,4s para el tratamiento con placebo) utilizando una dosis de cafeína de 5mg/kg y los resultados también incluyeron un aumento significativo en la potencia máxima. Wiles et al. indicaron que los sujetos el estudio informaron entrenamiento

intervalado de sprint, lo que podría reforzar la teoría que la cafeína es muy beneficiosa en atletas entrenados que poseen las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento específico de alta intensidad.

El rendimiento en deportes de equipo como fútbol, hockey, rugby, involucra un período de duración prolongada con series intermitentes de tiempos de juego de alta intensidad. En éste sentido, **Stuart et al. (30)**, analizaron los efectos de una dosis moderada de cafeína (6mg/kg) sobre jugadores de rugby. Los sujetos participaron en circuitos que fueron diseñados para simular las acciones de un jugador de rugby que incluían sprints y pases de pelota, y cada actividad tuvo una duración media de 3-14 segundos. En total, los circuitos fueron diseñados para representar el tiempo equivalente a dos mitades de un juego, con un período de descanso de 10 minutos. Los resultados demostraron una mejora del 10% en la exactitud de los pases, sin olvidar que los sujetos fueron exigidos en situaciones reales de juego. Además, a lo largo del protocolo, los sujetos que pertenecían al tratamiento con cafeína realizaron pases exitosos de la pelota el 90% de las veces, en comparación con el placebo donde éste porcentaje fue del 83%. Este estudio fue el primero en mostrar una mejora en una destreza asociada a un deporte provocada por la suplementación con cafeína. Los resultados de este estudio también indicaron que los sujetos de la condición donde se consumió cafeína, pudieron mantener los tiempos de sprint al final del circuito, en relación a los tiempos del comienzo del protocolo.

Shneiker et al. (31), también evaluaron los efectos de la suplementación con cafeína sobre la capacidad de realizar sprints repetidos necesaria para deportes como fútbol y hockey sobre césped. Diez varones pertenecientes a deportes de equipo con actividad competitiva, participaron en una prueba de sprint intermitente con una duración aproximada de 80 minutos. Los resultados del estudio indicaron que la dosis de cafeína de 6mg/kg permitió realizar un trabajo total de sprint mayor en comparación con el placebo. Específicamente, el trabajo de sprint fue 8,5 % mayor en la primera mitad y 7,6 % mayor en la segunda mitad respectivamente.

Sobre la base de investigaciones presentadas, está claro que la suplementación moderada de cafeína en el rango de 4-6mg/kg puede ser ventajosa para el rendimiento de alta intensidad, tanto de corto plazo como de duración intermitente / prolongada, pero sólo en atletas entrenados. El entrenamiento y acondicionamiento de estos atletas puede producir adaptaciones fisiológicas específicas que, junto con la suplementación con cafeína, pueden producir mejoras en el rendimiento o la variabilidad en el rendimiento de sujetos desentrenados puede enmascarar el efecto de la cafeína.

5.9 - CAFEÍNA: Habitación y Rendimiento

Bell y colegas (32) estudiaron el efecto de una dosis moderada de cafeína en personas identificadas como consumidores ($> 300\text{mg/d}$) y no consumidores ($<50\text{mg/d}$). Los resultados demostraron una mejora en el rendimiento en ambos grupos; sin embargo, el efecto del tratamiento duró aproximadamente tres horas más en las personas identificadas como no consumidores.

Un aspecto que podría ser importante considerar, es cómo la cafeína afecta a consumidores y a no consumidores individualmente. Astoriano y colegas estudiaron los efectos de 6 mg/kg de cafeína en 1RM en press de banca. Trece de 22 sujetos en esa investigación describieron que sentían mayor energía, elevada frecuencia cardíaca, inquietud y temblor. También es necesario señalar, que estos sentimientos se agudizaron en los participantes que consumían una pequeña cantidad de cafeína diariamente. Parecería que un factor importante para considerar son los hábitos individuales del atleta y cómo afecta la suplementación con cafeína su capacidad de rendimiento.

5.10 - Cafeína e Hidratación

Se ha sugerido ampliamente que el consumo de cafeína induce un estado agudo de deshidratación. Sin embargo, el consumo de cafeína en reposo y durante el ejercicio presenta dos escenarios completamente diferentes. Específicamente, los trabajos que

estudian los efectos de diuresis inducida por cafeína en reposo no pueden ni deben ser aplicados al rendimiento deportivo. A pesar de la noción infundada, que indica que la ingestión de cafeína puede alterar negativamente el balance de fluidos durante el ejercicio, **Falk y colegas (33)**, no observaron ninguna diferencia en la pérdida total de agua ni en la tasa de sudoración, luego del consumo de una dosis de 7,5 mg/kg de cafeína (5mg/kg 2 hrs antes del ejercicio, 2,5 mg/kg 30 minutos antes del ejercicio) y de una caminata en cinta rodante con una mochila de 22kg (intensidad 75% Vo2máx.).

Wemple et al. (34) investigaron los efectos de una bebida con electrolitos con cafeína y sin cafeína en reposo y durante 180 minutos de ejercicios de ciclismo de intensidad moderada al 60% del Vo2máx. En total, los participantes consumieron 8,7% mg/kg de cafeína en dosis divididas. Los resultados indicaron un aumento significativo en el volumen de orina en el tratamiento con cafeína en reposo, pero no se observaron diferencias significativas en el balance de fluidos en el tratamiento con cafeína durante el ejercicio. Estos resultados son notables, porque según un trabajo de revisión publicado por **Armstrong (35)**, algunos estudios de investigación publicados entre 1970 y 1990 informaron mediciones de variables, como la pérdida de agua y electrolitos, sobre la base de muestras de orina tomadas en reposo y dentro de 2-8 horas de suplementación.

Kovacs y colegas (36) publicaron resultados similares en un estudio realizado en 1998, donde se evaluó el rendimiento en una prueba contrarreloj y el consumo de cafeína

en diferentes dosis agregadas a una solución de carbohidrato-electrolito (CES). En total, los sujetos consumieron cada bebida carbohidrato-electrolito con el agregado de 150mg, 225mg, y 320mg de cafeína. Con respecto al rendimiento, los sujetos lograron tiempos significativamente menores luego de la ingestión de las dosis de CES con 225mg y CES con 320mg, en comparación con el placebo y CES sin adición de cafeína. Finalmente Kovacs et al. no observaron ninguna diferencia estadística en el volumen de orina antes o después de los ejercicios de ciclismo. Debemos mencionar que los autores informaron un gran intervalo de concentraciones de cafeína en la orina de los sujetos luego del ejercicio, lo que posiblemente podría explicarse por la variación entre individuos, de la metabolización de la cafeína en el hígado.

Un estudio publicado por **Fiala y colegas (37)** estudió la rehidratación con el consumo de Coca Cola con cafeína y descafeinada. En un estudio transversal y en doble ciego, los sujetos participaron en tres prácticas de 2hrs, dos veces por día. Los atletas consumieron agua durante el ejercicio y en ocasiones diferentes, uno de los tratamientos con Coca Cola post ejercicio. En total los sujetos consumieron 7 latas/d o 741mg/d. Como resultado, no se observaron diferencias estadísticas en variables como la frecuencia cardíaca, temperatura rectal, cambio en el volumen del plasma o tasa de sudoración.

Millard-Stafford y colegas (38) publicaron los resultados de un trabajo donde estudiaron los efectos del ejercicio en condiciones calurosas y húmedas, al consumir una

bebida deportiva con cafeína. No se observó ninguna diferencia significativa en ninguno de los tres tratamientos: placebo (agua artificialmente saborizada), 6% carbohidratos - electrolitos y 7% carbohidratos – electrolitos más vitaminas B₃, B₆ y B₁₂, además de 46mg/L carnitina, 1.92g/ L de taurina, y 195 mg/L de cafeína, en la medición de variables como tasa de sudoración, producción de orina o porcentaje de retención de líquido durante el ejercicio. De hecho, se informó un aumento significativo en la intensidad del ejercicio en los 15 minutos finales en el tratamiento donde se consumió la bebida con cafeína, junto con carbohidratos y electrolitos, pero no en el tratamiento donde se consumió la bebida que contenía carbohidratos más electrolitos, o el placebo. En conclusión, no se observó ninguna diferencia significativa en el volumen de sangre en ninguno de los tres tratamientos; por consiguiente, la cafeína no afectó adversamente la hidratación, y tampoco afectó el rendimiento de larga duración en los atletas de resistencia altamente entrenados.

Finalmente, **Del Coso y colegas (39)** evaluaron los efectos de una dosis moderada de cafeína junto con la realización de ejercicios de ciclismo sostenido a 60% de Vo₂máx. Siete varones entrenados en resistencia consumieron cada uno de los siguientes tratamientos durante 120 minutos de ejercicio: sin rehidratación, agua y solución de carbohidratos – electrolitos, y cada uno de estos tres tratamientos más la adición de una dosis de 6mg/kg de cafeína en forma de cápsula. Los resultados fueron concluyentes, e indicaron que la cafeína, en dosis de 6 mg/kg, no afectó significativamente la tasa de sudoración durante el ejercicio, y tampoco lo hizo la ingestión de cafeína junto con agua o con una solución de carbohidratos – electrolitos. Además, la dispersión de calor no fue afectada negativamente, por consiguiente, si bien se discute sobre la diuresis inducida por la cafeína en reposo, la literatura no indica algún efecto negativo significativo de la cafeína

en la pérdida de sudor y en el balance de fluidos durante el ejercicio que pudiera afectar adversamente el rendimiento.

5.11 – Cafeína y Doping

De acuerdo al Comité Olímpico Internacional (COI), doping es la administración o uso por parte de un atleta de cualquier sustancia ajena al organismo o cualquier sustancia fisiológica tomada en cantidad anormal o por una vía anormal con la sola intención de aumentar en un modo artificial y deshonesto su performance en la competición.

Cuando la necesidad requiere tratamiento médico con alguna sustancia, que debido a su naturaleza, dosis o aplicación puede aumentar el rendimiento del atleta en la competición de un modo artificial y deshonesto, esto también es considerado doping.

El doping es un ejemplo de los numerosos intentos que a través de la historia el hombre ha realizado para mejorar artificialmente su propia resistencia a la fatiga al participar en la guerra, en la caza y en el deporte, mezclando para ello frecuentemente la terapia con la magia y la brujería. Está relacionado en su misma esencia con el deporte de competición.

La humanidad, incapaz de aceptar libremente sus limitaciones físicas y mentales, siempre ha buscado formas mágicas en un intento de superar con el mínimo esfuerzo sus posibilidades naturales. En ese empeño ha utilizado diversos métodos alimenticios y medicamentos, no siempre lícitos, que pueden considerarse precursores de la práctica que hoy en día se conoce como doping.

Sobre la práctica del doping hay muchos antecedentes históricos. Una de las primeras referencias la brinda un cuadro chino que muestra un emperador masticando una rama de Ephedra. La mitología nórdica cuenta que sus legendarios Bersekers aumentaban su fuerza combativa mediante la bufotenina, extraída del hongo amanita muscaria. Cronistas de la Grecia clásica narran que los fondistas, saltadores y luchadores participantes de los Juegos Olímpicos recurrían a ingestiones de extractos de plantas, extirpaciones del bazo y otros medios para mejorar el rendimiento. En la era precolombina, los incas mascaban hojas de coca en sus ritos, trabajos y luchas. Más recientemente, la cafeína es usada desde 1805 en natación, atletismo y ciclismo, donde se registra el primer caso mortal, el ciclista galés Linton, que fallece en 1866 durante la carrera París-Burdeos por tomar estupefacientes.

Le siguen el fútbol y el boxeo, y en 1950 aumentan súbitamente los casos de doping por lo que en la década del '60 las federaciones y asociaciones reglamentan el control antidoping. Es notable como con el paso del tiempo, se ha expandido la cantidad de

diferentes Sustancias Prohibidas por el COI (Comité Olímpico Internacional). La cafeína en dosis entre 3 y 6mg/kg puede mejorar el rendimiento en resistencia como el rendimiento en alta intensidad en atletas entrenados. Por consiguiente, el Comité de los Juegos Olímpicos Internacionales estableció un límite aceptable de 12 ug de cafeína por ml de orina (40). Una dosis de cafeína cuya concentración sea de 9 a 13 mg/kg, consumida aproximadamente 1 hora antes del ejercicio, alcanzará la concentración en orina máxima permitida para la competencia. El consumo de cafeína y la concentración en orina dependen de factores como el sexo y peso corporal; por lo tanto si se consumen 6-8 tazas de café preparado que contienen aproximadamente 100mg por taza, se alcanzaría la concentración máxima permitida en orina. Según la Asociación Deportiva Universitaria Nacional, concentraciones en orina superiores a 15 ug/ml después de la competencia son ilegales.

Por otra parte, la Agencia Anti-doping Mundial no considera a la cafeína como una sustancia prohibida, pero, en cambio, la ha incluido como parte del programa de monitoreo que sirve para establecer modelos de consumo incorrecto en la competencia deportiva.

5.12 – Hidratación

Un ejercicio intenso puede ser mantenido durante períodos prolongados, siempre y cuando el calor generado por el metabolismo muscular no aumente la temperatura del

cuerpo, a niveles que cause fatiga, y cuando se tengan suficientes carbohidratos disponibles para energía. El calor producido durante el ejercicio es, principalmente, disipado por la evaporación del sudor. La deshidratación, como consecuencia de pérdida de agua corporal debido a la transpiración, perjudica el proceso de disipación del calor, dando como resultado temperaturas corporales elevadas y reducción en la performance deportiva **(45)**. Sin embargo, ingiriendo fluido durante el ejercicio, es posible atenuar los efectos nocivos de la deshidratación sobre la temperatura corporal y el rendimiento deportivo. El agregado de carbohidratos a las bebidas para reposición de fluidos, también es importante, porque provee carbohidratos para las etapas finales en el ejercicio, cuando a menudo existe un aporte inadecuado de carbohidratos endógenos, provenientes del hígado y de la sangre, para cubrir los requerimientos energéticos del esfuerzo **(12)**. Por lo tanto, en un esfuerzo por reducir la fatiga, y mejorar la performance durante ejercicios prolongados, puede ser beneficioso ingerir tanto fluidos como carbohidratos. La tarea difícil es decidir la cantidad óptima de ingesta de estos elementos en relación a una determinada actividad. En teoría, el conocimiento de los requerimientos, tanto de líquidos como de carbohidratos para un ejercicio, determinará el volumen de ingesta de fluidos por hora de ejercicio, y la concentración de carbohidratos en la bebida. Sin embargo, también se debe prestar atención a la posibilidad de que grandes cantidades de líquido puedan perjudicar la asimilación de los carbohidratos y que las soluciones con altas concentraciones de carbohidratos puedan perjudicar la absorción de líquidos, por un alto valor osmolar en el lumen digestivo.

Necesidad de Reponer Fluidos durante Ejercicios Prolongados

Se ha reconocido ampliamente, que la deshidratación inducida por el ejercicio aumenta la hipertermia, incrementando, por lo tanto, el riesgo de provocar un golpe de calor durante ejercicios prolongados. Los beneficios de la compensación de la deshidratación, a través de la ingesta de fluidos durante el ejercicio, fueron observados en experimentos conducidos en la mitad de la década del '40.

En estos experimentos, se observó repetidamente que el consumo de líquidos durante ejercicios prolongados de baja intensidad, atenuaba la temperatura corporal interna y mejoraba la performance deportiva (1, 5, 18, 45). La Figura 3 ilustra los datos de **Pitts y cols. (45)**, en los cuales un sujeto ingirió ya sea: “nada de agua”, “agua suficiente para compensar completamente las pérdidas por sudor”, o “un consumo ad limitum de agua, a partir de la primer hora de ejercicio”, durante 5 horas de pedestrismo sobre una cinta ergométrica en un ambiente caluroso. En los dos experimentos en los que no se ingirió agua, la temperatura del recto aumentó progresivamente, a lo largo del ejercicio, alcanzando 39 °C en la cuarta hora de actividad. Durante una de las series sin fluidos, el sujeto tuvo que parar luego de la cuarta hora. Cuando el consumo de fluidos fue similar a las pérdidas por sudoración, la temperatura rectal se mantuvo aproximadamente, en 38,1°C durante todo el ejercicio, y el sujeto completó las 5 horas. Finalmente, cuando una ingesta de líquido ad libitum (aproximadamente igual al 70% de pérdida por sudoración) fue

suministrada, a partir de la 1ra. Hora de ejercicio, la temperatura rectal fue mantenida en 38,3 °C, de la 1ª a la 4ª hora de ejercicio, luego de lo cual comenzó a aumentar, alcanzando aproximadamente 38,6 °C luego de la 5ª hora. Los efectos de la deshidratación también se ilustran por los síntomas subjetivos manifestados por los sujetos, cuando los fluidos son retenidos durante el ejercicio. De acuerdo a **Eichna y cols. (18)**, cuando se restringieron los fluidos de 600 ml.h⁻¹ a sólo 150 ml.h⁻¹, durante 5 horas de ejercicio intervalado, la deshidratación produjo “una total incapacidad en algunos, un trabajo ineficaz en otros”. Además, “sujetos aclimatados que habían realizado una determinada tarea fácil, enérgica, alegremente, se transformaron en sujetos apáticos que no veían la hora de terminar esa misma tarea”.

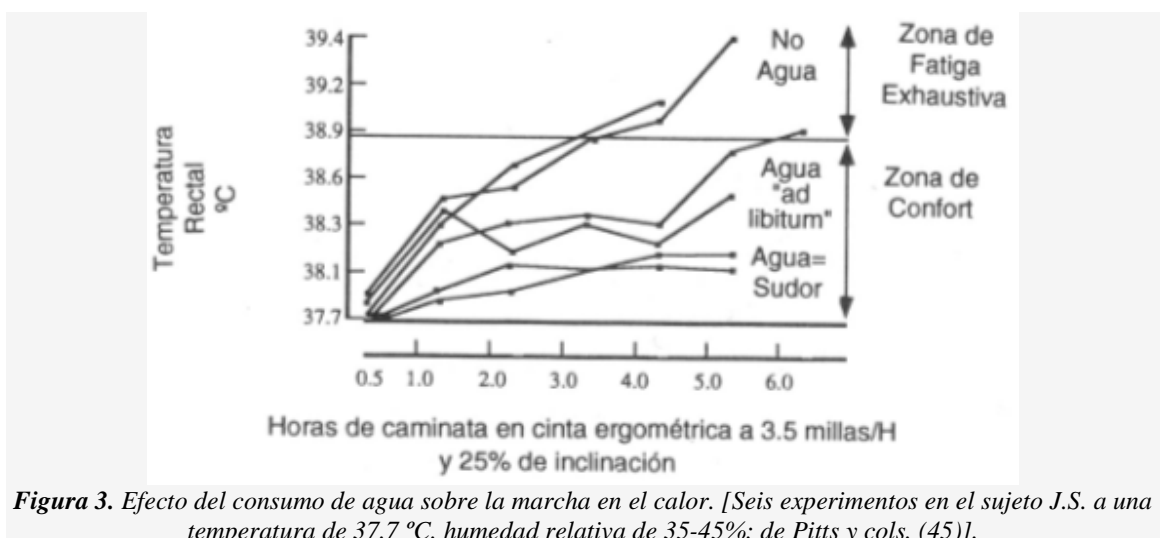


Figura 3. Efecto del consumo de agua sobre la marcha en el calor. [Seis experimentos en el sujeto J.S. a una temperatura de 37.7 °C, humedad relativa de 35-45%; de Pitts y cols. (45)].

Más recientemente, varios estudios han demostrado que la ingesta de fluidos durante 2 horas de ejercicio de intensidad moderada (60-75% VO₂ máx.), también puede atenuar la hipertermia (14, 23, 24). En 1970, **Costill y cols. (14)**, reportaron que el consumo de 100 ml luego de cada 10 minutos de ejercicio, atenuaba significativamente el aumento de la temperatura rectal, durante 2 horas de ejercicio, en cinco maratonistas entrenados, ya

que la temperatura rectal fue de aproximadamente 38.5 y 39.2 °C con o sin fluidos, respectivamente. Además, nosotros (14) recientemente, observamos que el consumo de líquidos suficiente para igualar la tasa de sudoración atenuaba el consumo de la temperatura rectal y de la frecuencia cardíaca, y evitaba la disminución del volumen sistólico durante el ejercicio.

Sin embargo, ha sido sugerido que la reposición de líquidos no atenúa la hipertermia o que no mejora la performance, durante ejercicios de relativamente alta intensidad que provocan fatiga, en aproximadamente 1 hora o menos. **Deschamps y cols. (17)** observaron que infusiones intravenosas de soluciones salinas, en comparación con la “no” infusión de fluidos, no mejoraba el tiempo de aparición de fatiga ($21,96 \pm 3,56$ vs. $20,28 \pm 2,63$ min), cuando 9 ciclistas pedalearon al 84% de su VO_2 máx. hasta la fatiga máxima. Además, **Maughan y cols. (32)**, descubrieron que la ingesta de agua, comparada con la “no” ingesta de fluidos, no atenuaba la hipertermia, la frecuencia cardíaca, o el tiempo de endurance en forma significativa ($76,2 \pm 9,1$ vs. $70,2 \pm 8,3$ minutos).

A pesar de estos hallazgos, es claro que la reposición de fluidos, durante ejercicios prolongados de baja intensidad, en medios cálidos, atenuará la hipertermia, y a menudo mejorará la performance cuando se produce una significativa reducción en el peso corporal debida a sudoración profusa. Como se dijo previamente, el problema para los deportistas de resistencia es determinar la cantidad óptima de ingesta de líquido para atenuar la

hipertermia y mejorar la tolerancia al ejercicio, sin sacrificar el tiempo de performance debido a una disminución en la marcha para poder beber, o sin posibles efectos colaterales (malestar estomacal, orina), como resultado de haber bebido demasiado. Existe un punto en el cual los beneficios de aumentar la tasa de reposición de fluidos para prevenir la hipertermia y los cambios cardiovasculares, son pequeños en comparación con los posibles malestares? Esto requiere una aclaración de la relación entre deshidratación, hipertermia, y performance. Desafortunadamente, no es posible hasta el presente, identificar la tasa óptima de ingesta de fluidos durante el ejercicio prolongado, ya que permanece sin aclararse como la reposición de líquidos atenúa la hipertermia y qué influencia tiene esta tasa de consumo sobre la hipertermia, durante ejercicios prolongados de intensidad moderada.

Tasa Óptima de Reposición de Fluidos durante Ejercicios Prolongados

Desafortunadamente, si bien está claro que la reposición de fluidos puede atenuar la hipertermia y mejorar la tolerancia, no se sabe aún la tasa óptima de reposición. En 1947, **Rothstein y Towbin (49)** observaron que había una relación lineal entre la magnitud de la deshidratación, ocurrida durante un ejercicio prolongado, y la magnitud en el incremento de la temperatura rectal (Figura 4). Además, ellos reportaron que las ingestas de fluidos durante el ejercicio no alteró la relación entre deshidratación e hipertermia. Estas observaciones concuerdan con las de otros investigadores que descubrieron que un consumo de líquido igual a la tasa de sudoración, era más efectivo que una reposición

parcial de fluidos (5, 18, 45). Además, se ha observado que las reposiciones parciales son más efectivas para atenuar la hipertermia, que cuando se restringe la ingesta de líquidos a pequeñas cantidades (18,45). Por lo tanto, durante ejercicios prolongados intervalados de baja intensidad, la tasa óptima de reposición de fluidos para atenuar la hipertermia, parece ser aquella que más se asemeja a la tasa de pérdidas por sudor.

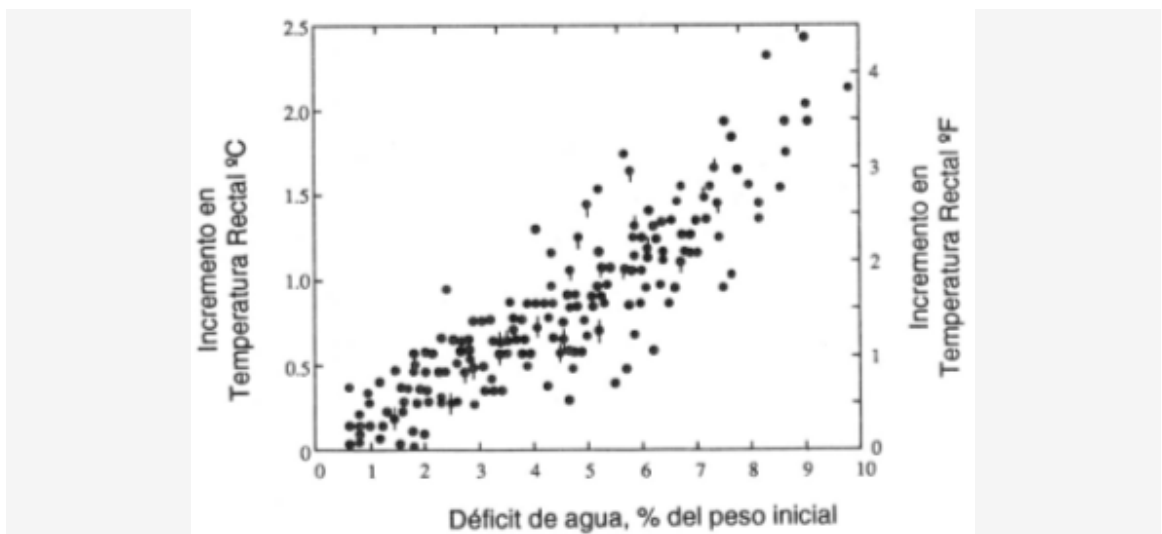


Figura 4. Relación entre el aumento de la temperatura rectal y el grado de deshidratación, expresado como porcentaje de pérdida de peso corporal, en sujetos luego de caminar en el calor, con y sin reposición de fluidos, lo que compensa la deshidratación en varios grados; de Rothstein y Towbin (49), Figuras 11 y 12.

Sin embargo, **Wyndham y Strydom (57)** han sugerido que la reposición total de fluidos, del agua corporal perdida durante ejercicios de moderada intensidad, pueden no ser necesarios para atenuar completamente el aumento de la temperatura interna asociada con la deshidratación. En nuestra opinión, hasta el momento, ningún estudio publicado ha determinado sistemáticamente los efectos termoregulatorios y cardiovasculares de diferentes tasas de reposición de fluidos, durante ejercicios prolongados al 50-80% del VO_2 máx. Los estudios conducidos hasta el momento, no han realizado evaluaciones repetidas en un mismo sujeto, variando la cantidad de reposición de líquidos, y por lo tanto, el grado

de deshidratación. En cambio, los estudios mencionados más adelante, simplemente han medido la temperatura rectal luego de la competición, en poblaciones grandes y heterogéneas de corredores, para determinar la relación entre el grado de deshidratación y la temperatura en el recto (41, 42, 57).

Wyndham y Strydom (57) interpretaron que sus datos, ilustrados en la Figura 5, indicaban una relación significativa entre la temperatura rectal postmaratón y el déficit de agua en los participantes, pero sólo cuando este déficit excedía el 3% de pérdida de peso corporal. Ellos enfocaron la atención en la dispersión de la temperatura rectal entre el 2-3% de déficit de agua, y en la observación de que un sujeto no tuvo deshidratación porque consumió grandes volúmenes de líquidos, aunque el tuvo la temperatura rectal algo elevada. A partir de esta relación, ellos propusieron que la tasa óptima de reposición de fluidos, es aquella que previene el desarrollo de un déficit de agua del 3%. Hasta el presente, la hipótesis de Wyndham y Strydom nunca ha sido evaluada directamente. Sin embargo, **Bar-Or y cols. (4)** no observaron diferencias en la temperatura rectal, frecuencia cardíaca, volumen plasmático, u osmolaridad, cuando varones de 10 a 12 años, repusieron ya sea el 70% o el 100% de la pérdida de agua, durante 3-4 horas de ejercicio intervalado. Además, **Noakes y cols. (41,42)**, debatieron que durante ejercicios prolongados en ambientes templados (19-22°C), con tasas de sudoración de 1 L.h⁻¹ y una ingesta de líquido de 0.4-0.6 l.h⁻¹, el grado de hipertermia al final de la maratón no esta relacionada con el nivel de deshidratación. Luego de 3.5 horas de ejercicio, sus sujetos fueron hipohidratados

en niveles cercanos a 2 litros, lo que corresponde a una pérdida de peso corporal de aproximadamente el 2.5%.

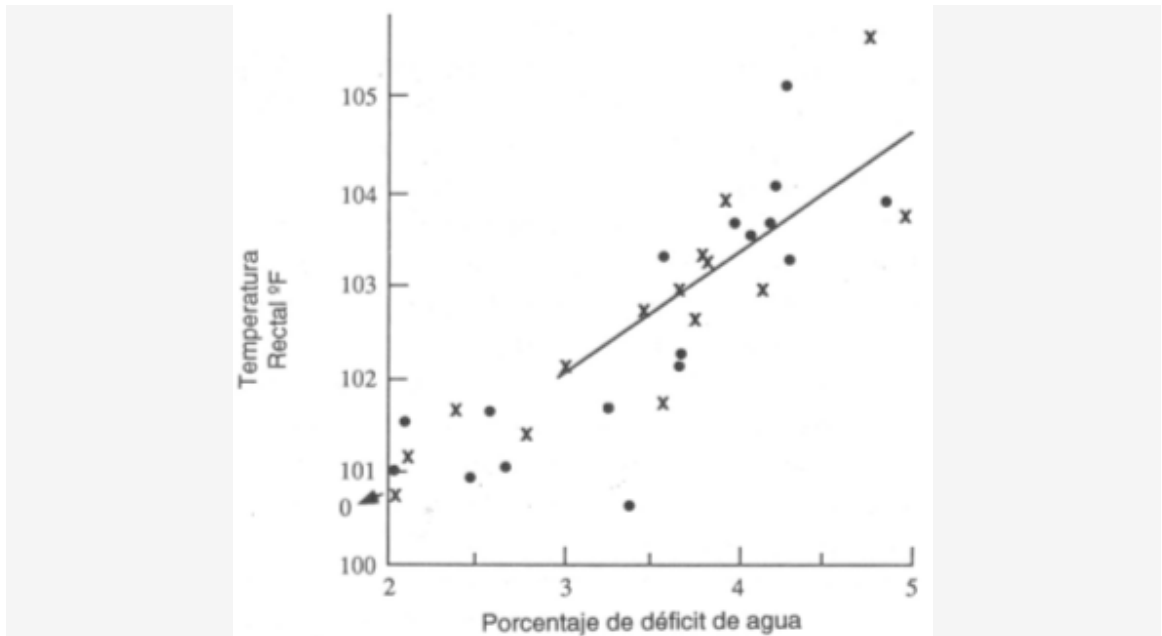


Figura 5. Relación entre la temperatura rectal luego de una carrera de 20 millas y el porcentaje de pérdida de peso corporal, en 31 corredores que competían en dos carreras diferentes (círculos rellenos y cruces), en un ambiente fresco (9-17°C). Notar la pequeña flecha que reporta la temperatura rectal de un sujeto que bebió suficiente fluido como para prevenir la deshidratación; de Wyndham y Strydom (57).

Nuevamente, nosotros no tenemos conocimiento de ninguna investigación que, en forma directa, responda a las preguntas “debería el consumo de líquido igualar a la tasa de pérdida de peso para prevenir la deshidratación” o, como fue sugerido por **Wyndham y Strydom (57)** y **Noakes y cols. (41,42)**: “deberían los atletas de resistencia mantener el consumo de fluidos (“ad libitum”) en una tasa muy inferior a la de sudoración, que les permitiera deshidratarse a una tasa de 0,5 L.h⁻¹.

5.13 - Fisiología del Fútbol (41)

En el siguiente apartado, el objetivo es desarrollar una simple revisión de los contenidos más salientes de la literatura que brinda contenidos específicos sobre la Fisiología del Ejercicio y la Nutrición Deportiva, aplicadas a la disciplina Fútbol.

A modo de introducción, se presenta un cuadro-síntesis (**Figura 1**) de las variables que influyen sobre la performance deportiva en el Fútbol (**Bangsbo, J., 1993**).

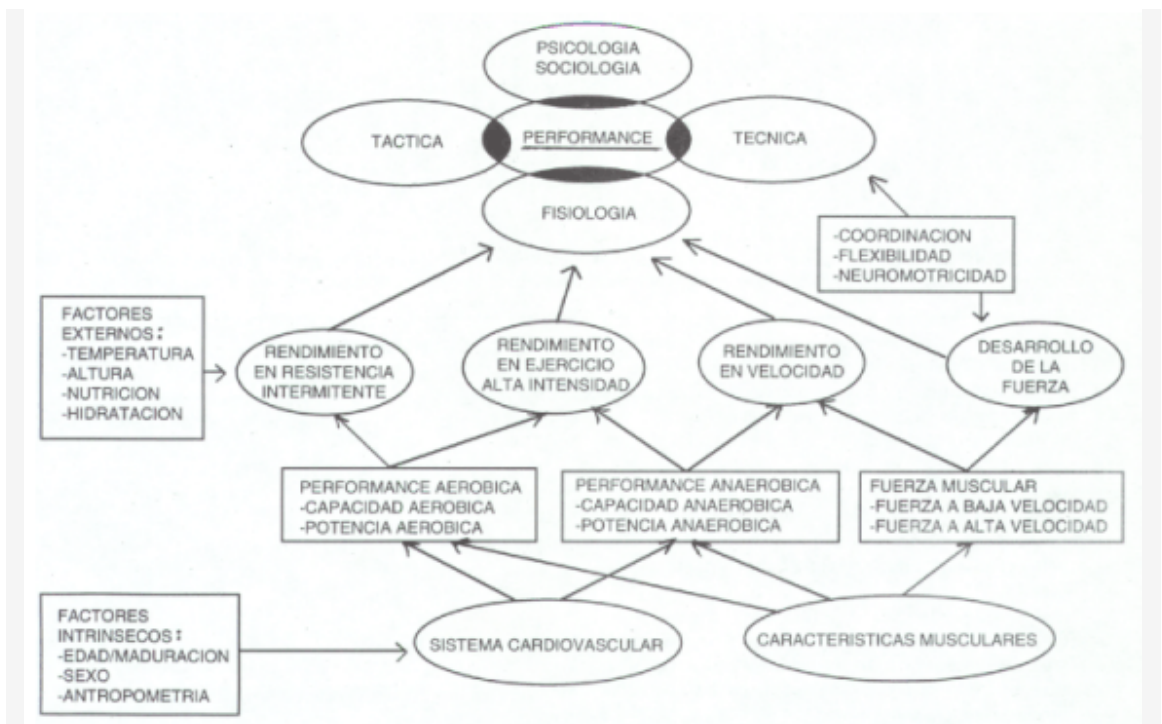


Figura 1. Factores fisiológicos que co-influyen en la performance en el Fútbol. (Adaptado de Bangsbo, 1993)

PERFIL DE LAS DIFERENTES ACTIVIDADES: (Investigación en jugadores de Dinamarca - Primera División y Selección Nacional - Bangsbo, J., 1994)

Sobre un total de desplazamiento de 8000 a 9500 mts., en 90', se detalla qué porcentaje le corresponde a cada momento del partido:

- 17,1 % del tiempo, estático.
- 39,8 % del tiempo, caminando.
- 29,8 % del tiempo, trotando a baja velocidad, corriendo para atrás.
- 10,5 % del tiempo, corriendo a moderada intensidad.
- 2,1 % del tiempo, corriendo a alta velocidad.
- 0,7 % del tiempo, sprint máximo.

En la figura Nro. 2 se puede apreciar datos graficados de la relación entre la distancia recorrida en el primer tiempo con respecto a la segunda etapa (Reilly and Thomas, 1976; Van Gool y cols. 1988); en estadísticas de partidos de la Liga Danesa de Fútbol (Bangsbo y cols., 1991). Puede apreciarse que las diferencias se establecen en los primeros 15' y en los últimos 15'. La diferencia en los primeros 15' puede atribuirse que al inicio hay más motivación y una buena respuesta a una correcta entrada en calor; la pérdida de algo de distancia en similar período del segundo tiempo (primeros 15') puede deberse al enfriamiento producido por el descanso (por ello, los jugadores podrían beneficiarse si al menos 7-8' del descanso hicieran un trabajo suave que mantuviera la temperatura

muscular). La menor distancia en los últimos 15' (comparado el 2do tiempo con el 1er tiempo) debe atribuirse a menor resto físico y cansancio, y a un "freno" mental de los jugadores que reservan sus energías para acciones críticas en lo que resta de juego. De cualquier modo, la diferencia entre etapas es mínima (250-300 mts.).

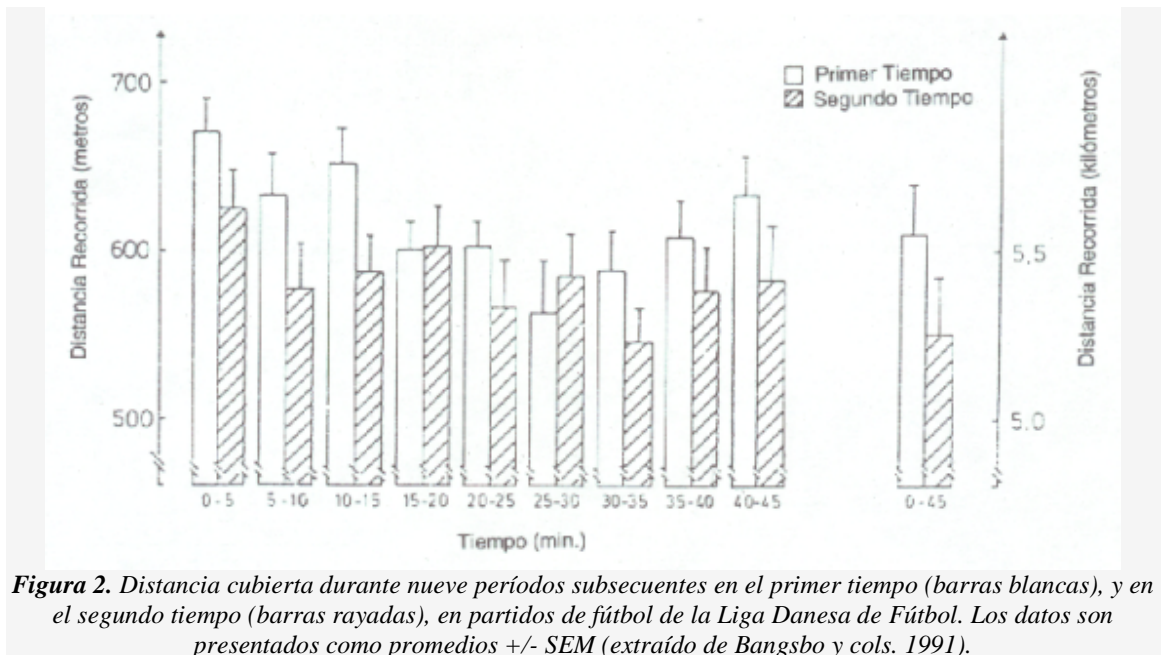


Figura 2. Distancia cubierta durante nueve períodos subsecuentes en el primer tiempo (barras blancas), y en el segundo tiempo (barras rayadas), en partidos de fútbol de la Liga Danesa de Fútbol. Los datos son presentados como promedios +/- SEM (extraído de Bangsbo y cols. 1991).

En la siguiente imagen (**figura 3**), si nos fijamos en las fracciones de intensidades, comprobamos que no hay diferencias en los esfuerzos de carrera a alta intensidad y en los "sprints" máximos. Sólo se registra una caída en las distancias corridas a moderada intensidad.

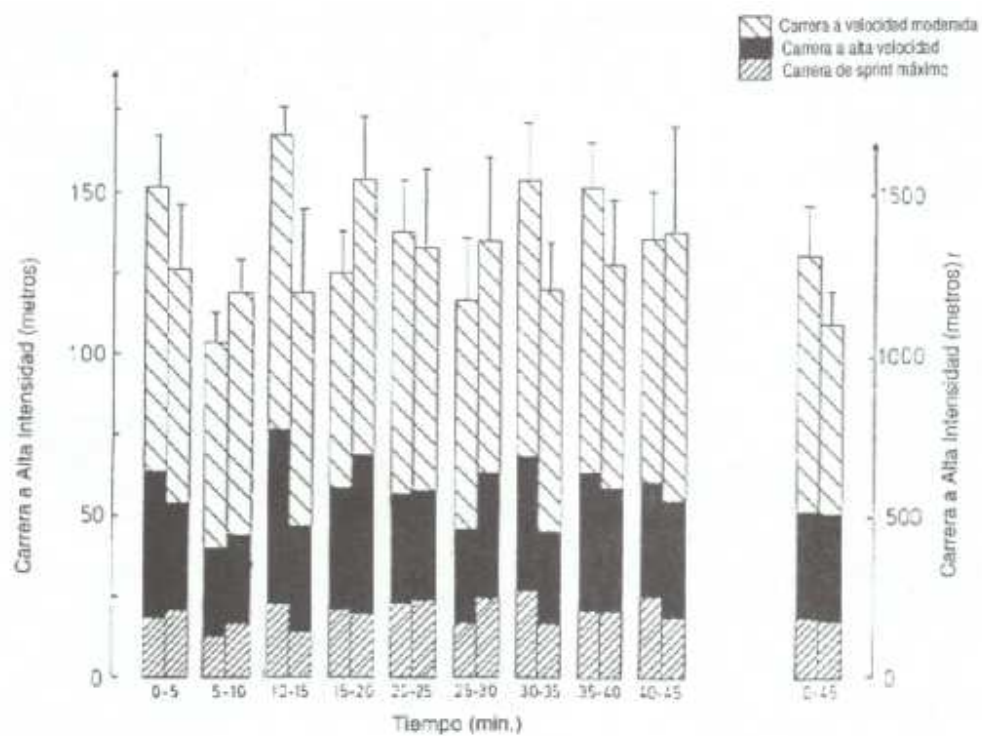


Figura 3. Distancia cubierta a alta intensidad (velocidad moderada, velocidad elevada y velocidad de "sprint"), durante nueve períodos subsecuentes en el primer tiempo (barras de la izquierda de cada par de barras), y en el segundo tiempo (barras de la derecha de cada par de barras), en partidos fútbol de la Liga Danesa de Fútbol. Los datos son presentados como promedios +/- SEM (extraído de Bangsbo y cols. 1991)

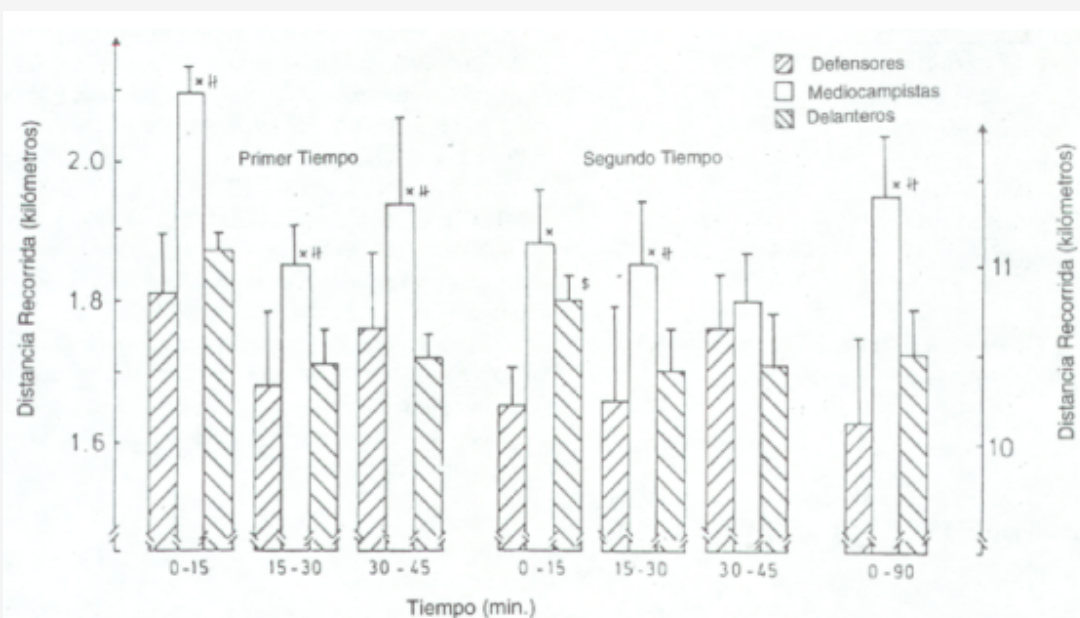


Figura 4. Distancia cubierta por los defensores (barras rayadas a la izquierda), mediocampistas (barras blancas) y delanteros (barras rayadas a la derecha), durante tres períodos subsecuentes en el primer tiempo (izquierda) y en el segundo tiempo (a la derecha) en partidos de la Liga Danesa de Fútbol. Los datos son presentados como promedios +/- SEM. (Extraído de Bangsbo y cols. 1991). X = representa diferencias

significativas entre mediocampistas y defensores. # = representa diferencias significativas entre mediocampistas y delanteros. \$ = representa diferencias significativas entre defensores y delanteros.

Si consideramos las distancias recorridas por los jugadores según la posición táctica, varios estudios demostraron un mayor desplazamiento de los mediocampistas sobre otros jugadores de campo. En un estudio realizado por **Bangsbo y cols. (1991) (Figura 4)** podemos apreciar que los mediocampistas recorren mayores distancias que los defensores y los delanteros; esto se debe a mejor condición fisiológica, y a ser el nexo entre líneas de juego, no registrándose diferencias estadísticamente significativas entre estos dos últimos grupos (aunque hay una tendencia general a mayor distancia a favor de los delanteros sobre los defensores - **parte de la figura 4**). Se puede observar, además, que los mediocampistas superan en distancia a los otros dos grupos en todas las fracciones parciales de tiempo en la primer y segunda etapa, excepto en los últimos 15' de juego.

CONTRIBUCIÓN ENERGÉTICA DURANTE EL JUEGO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENERGÍA Y DE DISTINTOS NUTRIENTES:

En general, el juego de 90' tiene una participación aeróbica de 70-75 % y una participación anaeróbica del 20-25 %.

En investigaciones directas con sistema telemétrico de consumo de O₂, (Kawakami y cols. 1992), se obtienen los siguientes costos energéticos (considerando el VO₂ máximo como el valor obtenido en una ergoespirometría máxima):

- a) VO₂ durante dribbling o carrera de alta intensidad: de 4 a 4,2 ml/kg/min, o sea el 85 % del VO₂ máx.
- b) VO₂ durante "driles" de 1 vs. 1, o de 3 vs.2: entre 3 y 4 ml/kg/min, o sea al 65-85 % del VO₂ máx.
- c) VO₂ durante carrera moderada a suave: de 1,5 a 2,5 ml/kg/min, o sea al 32-55 % del VO₂ máx.

Demandas energéticas:

Un jugador de 75 Kg., con un VO₂ máx. de 60 ml/min/Kg, con un VO₂ promedio de 70 % durante los 90' puede consumir 205 gr., de Glucógeno (820 Kcal) y 56 gr., de grasas (504 Kcal). Ello explica que el glucógeno en los músculos baje entre el 70 y el 80 % del valor de reposo, previo al partido; este vaciamiento es más predominante en las piernas (gemelos e isquiotibiales), lo que genera fatiga muscular local e incoordinación motora. Parte de esos 205 gr., son aportados por liberación de glucosa desde el hígado, pero no alcanza. ESTA ES LA CAUSA FUNDAMENTAL POR LA CUAL SE RECOMIENDA EL USO DE BEBIDAS CON CARBOHIDRATOS, PARTICULARMENTE EN EL ENTRETIEMPO Y DURANTE EL SEGUNDO TIEMPO. Estas bebidas colaborarán con el músculo, ofreciendo glucosa, y retardando o moderando la fatiga.

En la **figura 5** se puede ver la curva de glucosa en la sangre (cuadrados blancos) y su caída dramática en la primer parte del segundo tiempo, así como su elevación cuando se provee glucosa en la hidratación durante la segunda etapa.

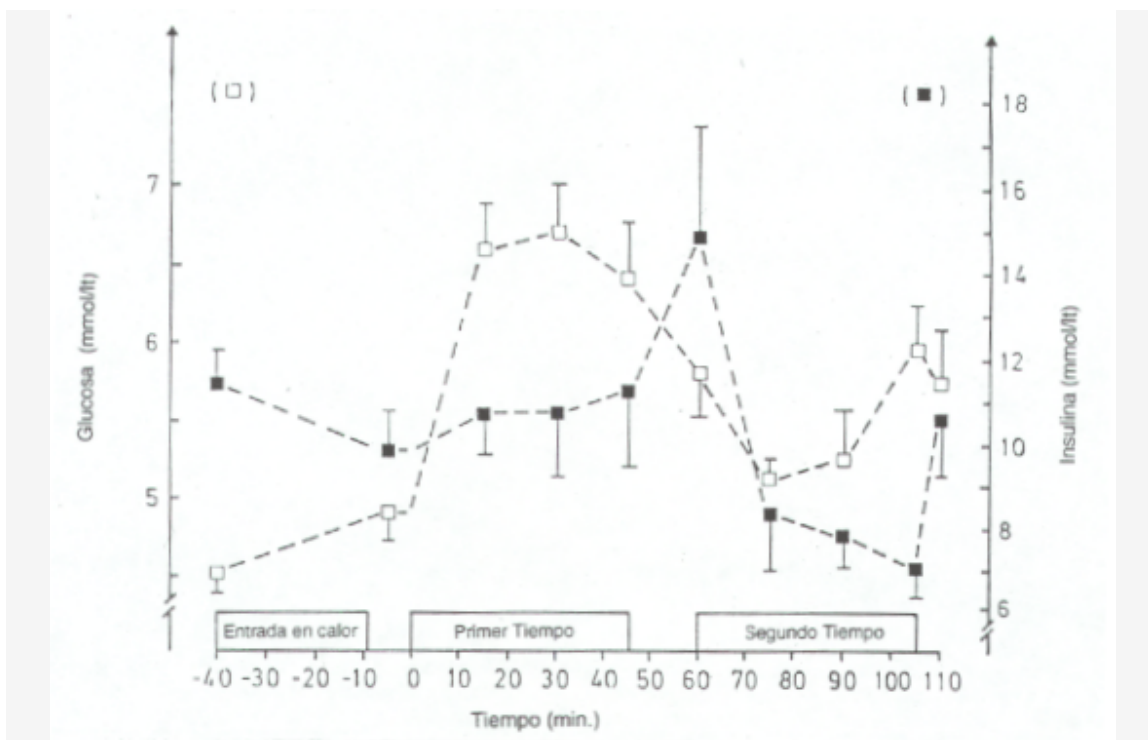


Figura 5. Concentración de glucosa en sangre venosa (símbolos cuadrados blancos) e insulina plasmática (cuadrados negros) en 6 jugadores antes, durante y luego de un partido de fútbol competitivo. Los datos intra-juego fueron obtenidos parando el juego dos veces en cada período. Los datos son presentados como promedios \pm SEM. (Extraído de Bangsbo, 1992).

Es importante remarcar que el nivel de glucógeno en los músculos debe ser recuperado antes del próximo esfuerzo competitivo. Para estar seguros de haber alcanzado una supercompensación completa hay que garantizar una dieta rica en hidratos de carbono y ejercicios regenerativos en los días entre partidos (al menos 2 trabajos diarios suaves). El ejercicio suave acelera la resíntesis y la recuperación de la reserva de glucógeno.

En cuanto a las grasas, la mayor contribución la hacen los ácidos grasos libres que se liberan al torrente sanguíneo desde el panículo adiposo; esta liberación y utilización se hace más importante en el 2do tiempo (ello puede observarse palmariamente en la **Figura 6**), porque hay mayor circulación de sangre a los tejidos periféricos que liberan los ácidos grasos libres. En cambio, en los períodos de reposo, son los triglicéridos intramusculares los que mayor fuente de oxidación de grasas ofrecen como combustible.

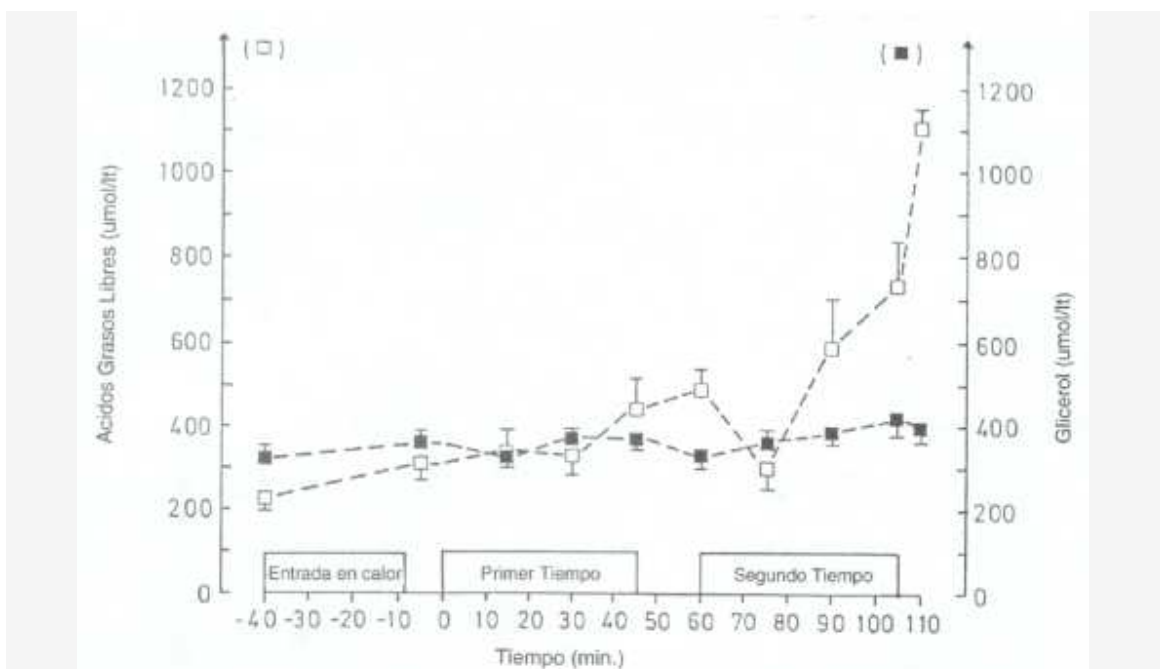


Figura 6. Concentración de Ácidos Grasos Libres (AGL) en sangre venosa (cuadrados blancos) y Glicerol sanguíneo (cuadrados negros) en 6 jugadores antes, durante y luego de un partido de fútbol competitivo. Los datos intra-juego fueron obtenidos parando el juego dos veces en cada período. Los datos son presentados como promedios \pm SEM. (Extraído de Bangsbo, 1992)

Producción de Energía anaeróbica:

En los sprints y en los ejercicios de alta intensidad, la energía mayormente es provista por el sistema fosfágeno (ATP + Fosfocreatina: PC). El resto de la energía la brinda la glucogenólisis con producción de lactato. Se sabe que aún en esfuerzos de 6-7 segundos, (ATP + PC) aporta solo el 50 % de la energía, y el otro 50 % restante lo proporciona la glucogenólisis. Por ello, los trabajos alácticos tienen que ser no mayores a los 3-4 segundos.

En la **figura 7** se puede apreciar un estímulo experimental intermitente con contracciones isométricas repetidas de diferente intensidad, y repetidas en tres bloques de 2' de duración, para replicar el esfuerzo intermitente del fútbol, con el fin de evaluar la utilización de la reserva de fosfocreatina y su resíntesis y recuperación intra-esfuerzo.

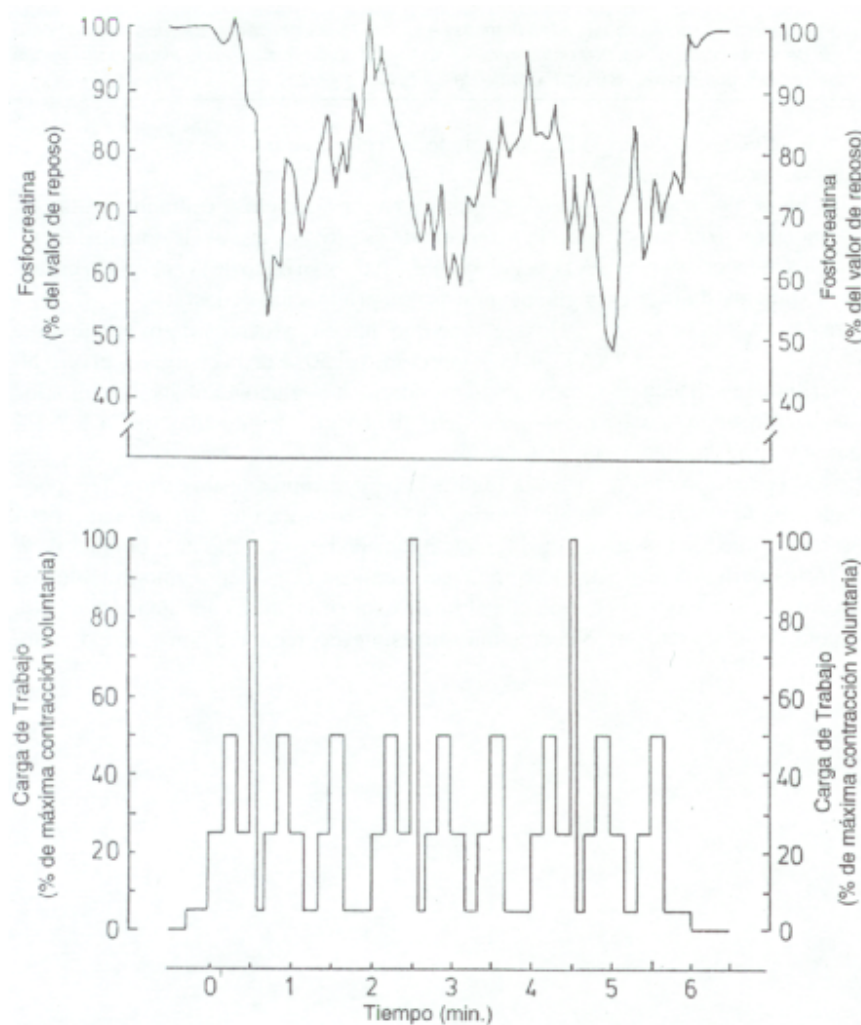


Figura 7. Concentraciones de PC en el músculo gemelo determinado por RMN (resonancia magnética nuclear; parte superior de la figura), durante contracciones isométricas de los músculos de la pantorrilla, ante un trabajo alternado (parte inferior de la figura). El ejercicio consistió en tres idénticos períodos de contracción de dos minutos, incluyendo cada uno una contracción máxima.

ASPECTOS QUE RELACIONAN LAS CARGAS DE ENTRENAMIENTO CON LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS ESPECÍFICOS:

1) El entrenamiento de resistencia a intensidades bajas (ya sea continuo o intervalado) mantiene la base aeróbica, capilariza mejor los músculos, remueve y oxida más rápido el

lactato residual y favorece los procesos de recuperación de los esfuerzos intensos. La capacidad de recuperar la reserva de fosfágeno, y por ende repetir esfuerzos explosivos más frecuentemente, depende del potencial oxidativo, así como del número de capilares musculares, por lo cual depende de la "endurance" aeróbica.

2) El entrenamiento de resistencia a intensidades intermedias y altas mejora el consumo máximo de Oxígeno y favorece la producción - remoción de lactato intra - juego. Para aumentar esta capacidad se requieren esfuerzos submáximos moderadamente intensos de 45" a 1' 30" de duración, con pausas de 45" a 1', durante 25-30', al menos 3-4 veces por semana.

3) Esfuerzos explosivos de menores a 4-5 seg de duración aumentan la reserva (capacidad) de ATP y fosfocreatina, y tienen un efecto beneficioso sobre el sistema nervioso (aumentan la velocidad de transmisión neuromuscular). Deben respetar 3-4 repeticiones con pausas de 45" a 1' entre sí, y se pueden realizar 2-3 series con pausas de 3' entre ellas.

4) Esfuerzos máximos de 6-10 segundos de duración mejoran la potencia del sistema ATP y fosfocreatina (aumentando y perfeccionando las enzimas que producen la reacción), lo que incrementa la velocidad de utilización de la fuente de energía. Dado que producen algo de lactato, las pausas ente repeticiones debe ser de 1' 15" a 1' 30", y entre series de 3' - 4'.

5) Si se quiere mejorar la potencia glucolítica deben utilizarse esfuerzos elevados de 20"-30", con pausas de 5 - 6'.

EVOLUCIÓN DE CAPACIDADES FISIOLÓGICAS INFLUIDAS POR EL ENTRENAMIENTO (Evidencia de evaluaciones en el Equipo Nacional de Dinamarca; Bangsbo y cols, datos no publicados)

La **figura 8** expresa la evolución de adaptación de parámetros fisiológicos, resultante de un trabajo de pretemporada de cinco semanas, con el Seleccionado de Dinamarca. Puede observarse que aunque en este caso el VO_2 máx., no se modificó, el nivel de lactato a velocidades submáximas se redujo, revelando una notable mejoría de la eficiencia de la remoción de lactato y una modificación significativamente positiva del umbral anaeróbico. Complementariamente, en la **Figura 9**, se puede observar otro período de entrenamiento de siete semanas previas a la Copa Europa, donde se registra un incremento del 3 % en la potencia aeróbica (VO_2 máx.), y una mejoría en el test de carrera máxima sobre la cinta hasta la fatiga (**resisten 24" más**).

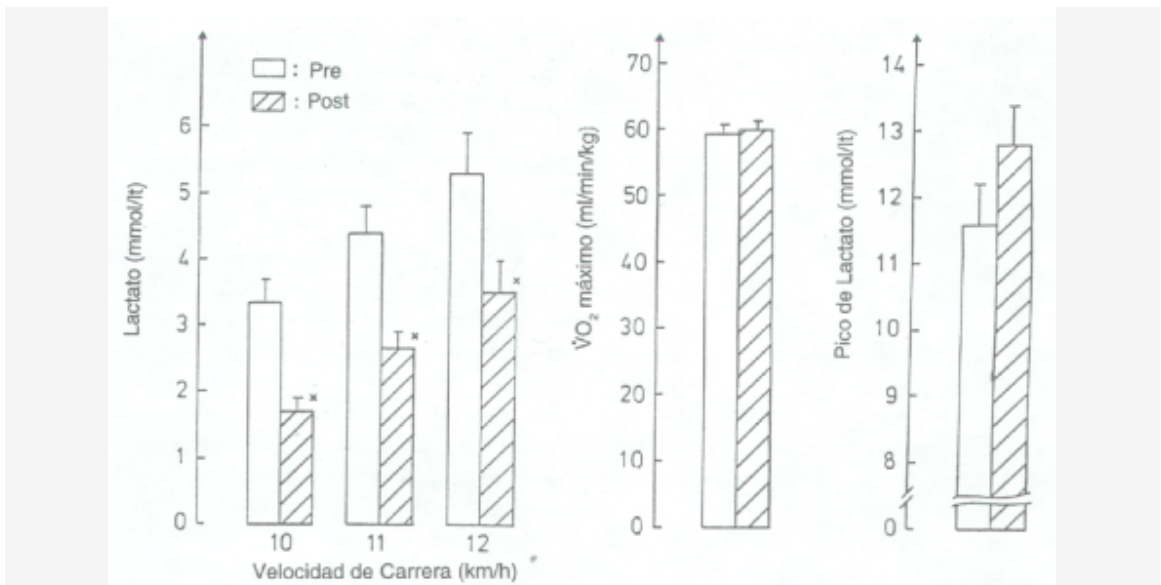


Figura 8. Concentración de lactato venoso en sangre en 14 jugadores de fútbol de élite, durante carrera submáxima en cinta (izquierda), VO₂ máx. (Parte Media) y lactato pico (Derecha), luego de una carrera exhaustiva en cinta, realizado antes (barras blancas) y después (barras rayadas) de 5 semanas de entrenamiento de pretemporada. Los datos son presentados como promedios +/- SEM. (X) Valores significativamente diferentes del valor previo a la pretemporada.

Estos estudios revelan que en 4-6 semanas se pueden lograr acondicionamiento aeróbico - anaeróbicos para recuperar las capacidades de un jugador, pero fundamentalmente en esta etapa hay que realizar trabajos específicos cuyas intensidades deben ser identificadas en cada jugador.

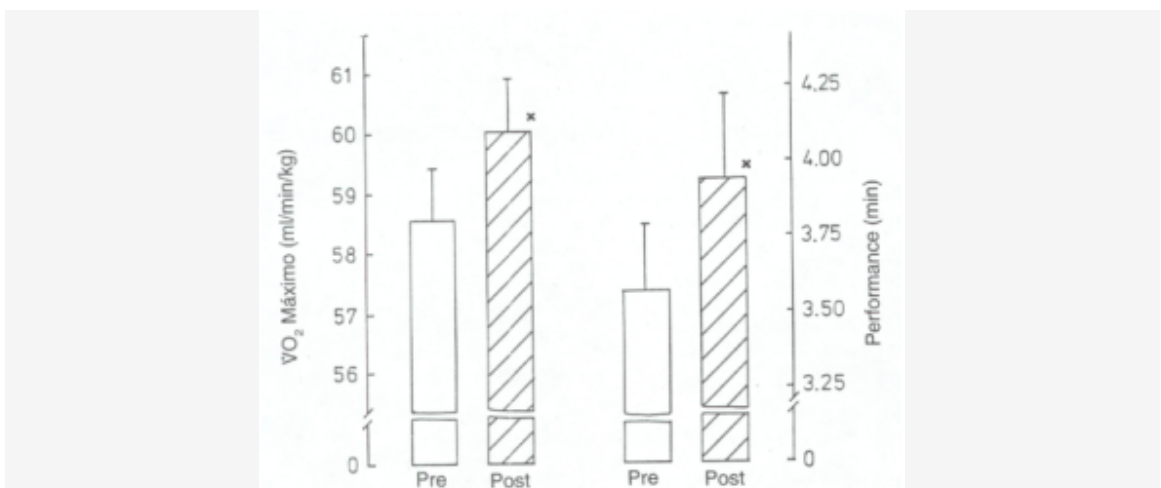


Figura 9. VO₂ máx. (lado izquierdo) y rendimiento o performance (lado derecho), expresada en el tiempo de carrera en cinta hasta la fatiga, en veinte jugadores de fútbol de élite, realizado antes (pre; barras blancas) y

después (post; barras rayadas) de siete semanas de entrenamiento, previos a la Copa de Europa) Los datos son presentados como promedios +/- SEM. (X) Valores significativamente diferentes del valor previo a la pretemporada.

6. Métodos y Procedimientos

Se realizó un estudio de tipo correlacional, que mediante un método comparativo, tiene como meta encontrar el fundamento de la ingesta de una bebida con cafeína y evaluar sus efectos, como medio de posterior elevación del rendimiento durante la competencia.

Tomando como punto de partida el universo de los Futbolistas pertenecientes al Centro de Entrenamiento Deportivo (CenED), la muestra es de carácter intencionado ya que se utilizaron 8 futbolistas de nivel semi-profesional.

A lo largo de la investigación se analizan simultáneamente dos tipos diferentes de ingestas previa y durante la evaluación (una con un placebo y otra con la bebida deportiva con cafeína) y se comparan los resultados de las posteriores evaluaciones físicas.

Partiendo de la recolección y posterior estudio del material bibliográfico, en el cual se hizo hincapié en las cuestiones de carácter fisiológicas que conciernen a la ingesta de cafeína previa y durante las pruebas físicas.

Las variables de estudio fueron:

- Independiente: Tipo de ingesta (con cafeína y sin cafeína)
- Dependiente: Capacidad de Rendimiento.

Para el trabajo de campo se estructuraron dos tipos diferentes de ingestas previas y durante la evaluación y en ambos casos, los jugadores consumieron una dieta el día anterior y el desayuno del día de las evaluaciones (**VER ANEXO 3**). Las evaluaciones fueron dos yo-yo test con pausa de 10' entre cada evaluación, simulando el entretiempo de un partido de fútbol:

- **Sin cafeína** (jugos de frutas, sabor Naranja): Los jugadores fueron citados 60 minutos antes del test para comenzar la hidratación con una bebida utilizada como placebo con una medida de 750 cc.
- Posterior a la hidratación, se realizaba una primera parte de movilidad articular y flexibilidad general combinado con una serie de trote de 4' y zona media, trabajo propio del período competitivo en que se encontraban los evaluados. Una vez que se completaron los trabajos activadores, los individuos realizaban un circuito de técnica de carrera como parte central de la entrada en calor, alternando intensidades. (*)Al completar el circuito realizaban trabajos de movilidad articular y flexibilidad general para después

colocarse en los pasillos designados para la evaluación. En el entretiempo simulado, y mencionado anteriormente, se rehidrataron con placebo, pero en la medida de 700 cc.

- **Con cafeína** (bebida deportiva Hydromáx): Los jugadores fueron citados 1 semana más tarde en el mismo horario del test anterior para comenzar la hidratación, la cual consistía en hidratarse con 750 cc de bebida deportiva con 10% de cafeína (75 gr)
- Posterior a la hidratación, se realizaba una primera parte de movilidad articular y flexibilidad general combinado con una serie de trote de 4' y zona media, trabajo propio del período competitivo en que se encontraban los evaluados. Una vez que completo los trabajos activadores, los individuos realizaban un circuito de técnica de carrera como parte central de la entrada en calor, alternando intensidades. (*)Al completar el circuito realizaban trabajos de movilidad articular y flexibilidad general para después colocarse en los pasillos designados para la evaluación. En el entretiempo simulado, y mencionado anteriormente, se rehidrataron con una bebida con 50 gr de cafeína, pero en la medida de 700 cc.

() NOTA: Todos los jugadores fueron controlados con cardiotacómetros, para tener registro de FC (Frecuencia Cardíaca) y las alteraciones que iban sufriendo durante toda la evaluación.*

Luego de la entrada en calor (para ambas variantes) se realizó la evaluación que se describe a continuación, simulando un partido de fútbol, con su respectivo tiempo de descanso:

- **Yo-Yo Test de Resistencia Intermittente:** Se colocan 2 marcas a 20mts de distancia una de la otra. Los individuos comienzan a correr desde una marca hacia la otra al escuchar la señal sonora de una cinta que marca los tiempos de salida. El ejecutante, debe esperar en la marca hasta la siguiente señal y el procedimiento se repite hasta que el participante es incapaz de mantener la velocidad indicada. La velocidad aumenta regularmente (aproximadamente cada un minuto), entonces, el tiempo entre las dos marcas disminuye. La velocidad es dada permanentemente por la cinta.

La meta para el participante es realizar la mayor cantidad de pasadas de 20mts como le sea posible dentro de los límites de tiempo dados. Cuando el participante no logra sostener las velocidades y para; la última velocidad y el número de distancias de 20mts (palieres) recorridos, incluyendo la última, deben ser anotadas.

7– Desarrollo

Se realizaron las respectivas evaluaciones las cuales arrojaron los datos que se observan en las tablas adjuntas.

Como queda en evidencia, el rendimiento de los individuos es creciente en las segundas evaluaciones respecto a las primeras que fueron las que utilizaron un jugo de frutas (placebo) como medio de hidratación previo y durante la evaluación.

Esto muestra la ratificación de la Hipótesis planteada acerca del beneficio de la utilización de una bebida deportiva con dosis moderadas de cafeína como medio de hidratación en una competencia de moderada a alta intensidad.

Observemos a continuación los datos obtenidos:

Hidratación con una bebida sin Cafeína

1ra EVALUACIÓN (Con placebo)						
<u>PERÍODO</u>:COMPETITIVO						
<u>FECHA</u>: 28/09/10 - <u>HORA</u>: 10 AM						
JUGADOR	YO YO TEST NRO 1 RESULTADO / PALIER	DISTANCIA RECORRIDA	DESCANSO 10' REHIDRATACIÓN	YO YO TEST NRO 2 RESULTADO / PALIER	DISTANCIA RECORRIDA	% MEJORA
NICOLAS LÉPORE	11:03	1880		11:01	1840	-3
PABLO TROYETO	12:09	2220		12:05	2140	-3,6
EZEQUIEL GIARDINA	11:08	1980		11:05	1920	-3,3
LUCAS CISNEROS	12:01	2060		11:08	1980	-3,8
SALVADOR LÉPORE	11:02	1860		11:02	1860	0
MATÍAS CHANTIRI	12:11	2260		11:09	2000	-11,5
JUAN AICARDI	11:01	1840		10:10	1800	-2,2
BRUNO SPREGGERO	12:11	2260		12:05	2140	-5,3
PROMEDIO						-36,7875

Hidratación con una bebida con Cafeína

2da EVALUACIÓN (Con Cafeína)						
<u>PERÍODO:COMPETITIVO</u>						
<u>FECHA: 05/10/10 - HORA: 10 AM</u>						
JUGADOR	YO YO TEST NRO 1 RESULTADO / PALIER	DISTANCIA RECORRIDA	DESCANSO 10' REHIDRATACIÓN	YO YO TEST NRO 2 RESULTADO / PALIER	DISTANCIA RECORRIDA	% MEJORA
NICOLAS LÉPORE	12:03	2100		12:03	2100	0
PABLO TROYETO	13:04	2360		13:07	2420	2,5
EZEQUIEL GIARDINA	12:06	2160		12:09	2220	2,7
LUCAS CISNEROS	11:11	2040		12:07	2180	6,8
SALVADOR LÉPORE	11:11	2040		12:06	2160	5,8
MATÍAS CHANTIRI	13:03	2340		13:11	2500	6,8
JUAN AICARDI	12:03	2100		12:06	2160	2,8
BRUNO SPREGGERO	13:03	2340		13:07	2420	3,4
PROMEDIO						3,85

En la comparativa de ambos días de evaluación, notamos que el rendimiento (palier / distancia recorrida) ha mejorado el segundo día (hidratación con cafeína), respecto del primero (hidratación con placebo). Profundizando aún más en la comparación de ambos días de evaluación notamos, y no es un dato menor, que cuando utilizamos como medio de hidratación una bebida placebo (jugo de frutas) los índices de mejora han involucionado casi un 40%. Esto se puede traducir a que el rendimiento de esos jugadores en la competencia y si tomamos al 1er test como el Primer Tiempo de un partido y al 2do test como el Segundo Tiempo, notamos un muy bajo rendimiento y la incapacidad de sostener una competencia de alta intensidad.

Por otro lado, y los datos así lo demuestran, existe una mejora cuando la hidratación es con dosis moderadas de cafeína. La relación que muestran las tablas, entre los test realizados el 2do día de evaluación, muestran que todos los evaluados han mejorado entre el 1er y el 2do test, obteniendo en promedio una mejora del casi el 4%.

Otro dato que hemos tenido en cuenta son los testimonios de los ejecutantes, y a pesar que no tuvieron una habituación a la bebida previa, tomamos como dato muy interesante que han manifestado “una recuperación casi completa” en el descanso entre test, por lo que comprendemos y basándonos en el Marco Teórico, es que esa sensación es la de ahorro de glucógeno planteada por **Melvin Williams (2002) (2)**. Esto se traduce al efecto psicológico a nivel del SNC que produce la ingesta de cafeína, contribuyendo la secreción de adrenalina durante el ejercicio y estimulando el catabolismo de glucógeno muscular, apoyándonos en las investigaciones que sugieren que la cafeína puede interferir en este efecto en el interior de la célula de forma que el efecto global es un aumento de la oxidación de las grasas y un ahorro de glucógeno muscular, tal y como señalan los antecedentes científicos.

Por lo anteriormente expuesto, traemos nuevamente a colación la importancia de utilizar como medio de hidratación previo y durante la actividad una bebida con dosis moderadas de cafeína. Estos resultados evidencian la concreción de nuestro objetivo en cuanto al rendimiento físico, y por ende la validación de nuestra Hipótesis en la cuestión

específicamente física, la cual planteaba una mejora en el rendimiento, que se refleja en la capacidad de recorrer mayores distancias, sosteniendo esfuerzos de alta intensidad.

8 - Conclusiones

En primer lugar recupero la importancia de la Hidratación en cualquier tipo de actividad física, ya que si no nos hidratamos y rehidratamos constantemente, el resultado nos lleva a temperaturas corporales elevadas y reducción en la performance deportiva o peligro de muerte, en el peor de los casos.

Dada la relevancia que toma en el rendimiento el tipo de preparación que le ofrecemos al individuo y si a su vez, ésta está acompañada de ingestas acordes que potencien nuestro rendimiento, consideramos fundamental que ésta última sea de la mejor calidad posible y genere un efecto positivo para la conquista del objetivo propio de la competencia que nos llevará a la meta de la misma, que es la victoria.

En una realidad social-deportiva de extrema competitividad y de necesidad de logros constantes es imprescindible utilizar la mayor cantidad de recursos viables a la hora de enfrentar la competencia en cuestión.

Uno de los motivos por los que se plantea este trabajo es esa búsqueda que nombramos anteriormente de un recurso válido, que muchas veces no es considerado, y

resulta muy importante a la hora de optimizar las capacidades de rendimiento de los individuos.

Si comparamos los resultados de las evaluaciones luego de los distintos tipos de ingestas previa y durante los esfuerzos, se advierte que tienen algunas diferencias, las cuales perfectamente se podrían trasladar a la competencia propiamente dicha, y la mayor diferencia está dada en la capacidad (distancia recorrida) de rendimiento.

Estas diferencias se manifiestan en la Hidratación con Cafeína, en la cual los resultados son superiores en general en la comparativa de las dos evaluaciones y donde la fisiología nos ha brindado herramientas para entender los que planteaba Melvin Williams, en sus estudios, citados en el trabajo de investigación. La cafeína se ha estudiado como un estimulador del Sistema Nervioso Central, inhibiendo la fosfodiesterasa, que es responsable de la desactivación del **Adenosin Monofosfato** cíclico (AMPc). El aumento de los niveles de AMPc intracelular, amplifica sus acciones de segundo mensajero, favoreciendo la síntesis de ATP, en sistemas no aeróbicos (Daniels y cols, 1998), y mejorando la disponibilidad de energía. El efecto principal de la cafeína es el de estimular los procesos de obtención de energía por medio del aumento de la secreción de catecolaminas, favoreciendo de esta manera la prolongación de ejercicios de mediana y alta intensidad (Ben, Maclellan, 2002) y de disminución del peso corporal, asociado a una mayor lipólisis, efecto que se aumenta al hacer ejercicio (Cox y cols. 2002) (2)

Esa diferencia en el rendimiento, ya sea grande o pequeña, siempre es importante en casos como este de extrema competitividad y en donde cada detalle debe estar contemplado para aprovechar esas ventajas utilizándolas a nuestro favor.

Hasta el más pequeño incremento de rendimiento es fundamental en este tipo de competencias, dado que si de cada variable de juego podemos obtener su máximo estaremos en condiciones de afirmar que el individuo tendrá mayores posibilidades de llegar a la meta propia del juego.

Esto lleva a la conclusión de que la utilización como medio de hidratación de una bebida deportiva que contenga dosis moderadas de cafeína, es válida para la obtención de mejores rendimientos físicos de jugadores, lo cual no es una cuestión menor dado que, como citamos anteriormente, la competitividad que ofrece en estos días el deporte profesional y en gran medida el fútbol, es altísima.

9 - Bibliografía:

- 1) **Wilmore Jack H., Costill David L.**, “*Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*”, Editorial Paidotribo,
- 2) Williams Elvin H., “*Nutrición para la salud, la condición física y el deporte*”, Editorial Paidotribo, 2002.
- 3) Instituto Gatorade
http://www.gssiweb.com/gatorade/Article_Detail.aspx?articleid=774&level=2&to pic=1. (Fecha de acceso: 20/04/10)
- 4) Cafeína: Descripción. En
http://es.wikipedia.org/wiki/Cafeina#Mecanismo_de_acci.C3.B3n (Fecha de acceso: 10/05/10)
- 5) Haller CA, Jacob P, Benowitz NL. Short-term metabolic and hemodynamic effects of ephedra and guarana combinations. **Clin Pharmacol Ther.**2005 Jun; **77 (6): 560-71.**
- 6) Lovallo WR, Wilson MF, Vincent AS, Sung BH, McKey BS, Whitsett TL. Blood pressure response to caffeine shows incomplete tolerance after short-term regular consumption. **Hypertension .2004 Apr; 43 (4): 760-5 Epub 2004 Feb 16.**
- 7) Remper KJ. Cardiovascular sequelae of tobacco smoking. *Crit Care Nurs Clin North Am.* **2006 Mar; 18 (1): 13-20,xi.**
- 8) Mukamal KJ, Maclure M, Muller JE, Sherwood JB, Mittleman MA.

Caffeinated coffee consumption and mortality after acute myocardial infarction. **Am Heart J.** 2004 Jun; 147 (6): 999-1004.

- 9) James JE. Critical review of dietary caffeine and blood pressure: a relationship that should be taken more seriously. **Psychosom Med.** 2004 Jan-Feb; 66 (1): 63-71. **Review.**
- 10) Sainani GS. Non-drug therapy in prevention and control of hypertension. **J Assoc Physicians India.** 2003 Oct; 51:1001-6. **Review.**
- 11) Ivy J.L., Costill D. L., Fink W. J., Lower R. W. Influence of caffeine and carbohydrate feeding on endurance performance. **Med Sci Sports Exercise** 1979, 11:6-11.
- 12) Graham T. E., Hibbert E., Sathasivam P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. **Journal Applied Physiology** 1998, 85:883-889.
- 13) Paulis T., Schmidt D. E., Bruchey A. K., Kirby M. T., McDonald M. P., Commers P., Lovinger D. M., Martin P. R. Diccinnamoylquinides in roasted coffee inhibit the human adenosine transporter. **Eur J Pharmacol** 2002, 442:215-23.
- 14) McLellan T. M., Bell D. G. The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. **Int J of Sport Nutrition Exercise Meta** 2004, 14:698-708.
- 15) Wiles J. D., Bird S. R., Riley M. Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500 –m treadmill running. **Br J Sp Med** 1992, 26:116-20.

- 16) Demura S., Yamada T., Terasawa N., Effect of coffee ingestion on physiological responses and ratings of perceived exertion during submaximal endurance exercise. **Perceptual Motor Skills** 2007, 105:1109-16.
- 17) Natella F., Nardini M., Gianetti I., et al. Coffee drinking influences plasma antioxidant capacity in humans. **J Agri Food Chem** 2002, 50:6211-6.
- 18) Graham T. E., Spriet L. L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged endurance exercise. **J Appl Physiol** 1991, 71:2292-98.
- 19) Spriet L. L., MacLean D. A., Dyck D. J. Hultman E., Cederblad G., Graham T. E. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. **Am J Physiol** 1992, 262:E891-8.
- 20) McNaughton L R., Lovell R. J., Siegler J. C., Midgley A. W., Sandstrom M., Bentley D. J., The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. **J Sports Med Phys Fitness** 2008, 48:320-5.
- 21) Pasma W. J., van Baak M. A., Jeukendrup A. E., de Haan A. The Effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. **Int J of Sports Med** 1995, 16:225-30.
- 22) Lieberman H. R., Tharion W. J., Shukitt-Hale B., Speckman K. L., Tulley R. Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during US Navy Seal training **Psychopharmacology** 2002, 164:250-61.
- 23) Graham T. E., Spriet L. L., Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **J Appl Physiol** 1995, 78:867-74.

- 24) Collomp K., Ahmaidi S., Audran M., Chanal J. L., Prefaut C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the wingate test. **Int J of Sports Med 1991, 12:439-43.**
- 25) Greer F., McLean C., Graham T. E., Caffeine, performance, and metabolism during repeated wingate exercise tests. **J Appl Physiol 1998, 85:1502-1508.**
- 26) Crowe M. J., Leicht A. S., Spinks W. L., Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high intensity exercise. **Int J of Sport Nutr Exerc Meta 2006, 16:528-44.**
- 27) Woolf K., Bidwell W. K., Carlson A. G., The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. **Int J of Sport Nutr Exer Meta 2008, 18:412-29.**
- 28) Collomp K., Ahmaidi S., Audran M., Chanal J. M., Prefaut C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the wingate test. **Int J of Sports Med 1991, 12:439-43.**
- 29) Wiles J. D. C. D., Tegerdine M., Swaine I. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1km cycling time trial. **J of Sports Sci 2006, 24:1165-1171.**
- 30) Stuart G. R., Hopkins W. G., Cook C., Cairns S. P. Multiple effects of caffeine on simulated high intensity team sport performance. **Med Sci Sports Exerc 2005, 37:1998-05.**
- 31) Schneiker K. T., Bishop D., Dawson B., Hackett L. P. Effects of caffeine on prolonged intermittent – sprint ability in team sport athletes. **Med Sci Sports Exerc 2006, 38:578-585.**

- 32) Bell D. G., McLellan T. M. Exercise endurance 1, 3 and 6 hours after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. **J Appl Physiol** 2002, **93:1227-1234**.
- 33) Falk B., Burstein R., Rusenblum J., Shaprio Y., Zylber-Katz E., Bashan N. Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise. **Can J Physiol Pharmacol** 1990, **68:889-92**.
- 34) Wemple R. D., Lamb D. R., McKeever K. H. Caffeine vs caffeine-free sports drinks: Effects of urine production at rest and during prolonged exercise. **Int J of Sports Med** 1997, **18:40-46**.
- 35) Armstrong L. E. Caffeine, body fluid electrolyte balance, and exercise performance. **Int J of Sport Nutr Exerc Metab** 2002, **12:189-206**.
- 36) Kovacs E. M. R., Stegen J. H. C. H., Brouns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. **J Appl Physiol** 1998, **85:709-715**.
- 37) Fiala K. A., Casa D. J., Roti M. W. Rehydration with a caffeinated beverage during the nonexercise periods of 3 consecutive days of 2 a day practices. **Int J of Sport Nutr Exerc Meta** 2004, **14:419-29**.
- 38) Millard-Stafford M. L., Cureton K. J., Wingo J. E., Trilk J., Warren G. L., Buyckx M. Hydration during exercise in warm, humid conditions: Effect of a caffeinated sports drink. **Int J of Sport Nutr Exer Metab** 2007, **17:163-177**.
- 39) Del Coso J., Estevez E., Mora – Rodriguez R. Caffeine during exercise in the heat: Thermoregulation and fluid-electrolyte balance. **Med Sci Sports Exerc** 2009, **41:164-73**.

40) World anti-doping agency. The World anti-doping code. **The 2009 prohibited list international standard:** <http://www.wada-ama.org>

41) 1. Bangsbo, J. *The physiology of soccer*. **Chapter IIA y IIB, pp. 23-61.** 1993.

2. Bangsbo, J. *Metabolism in Soccer*. **Abstract from the European congress on football medicine, Stockholm.** 1992.

10 - Anexo 1

Tabla comparativa del contenido de cafeína

Fuentes	Contenido promedio de cafeína (mg/100g)	Tamaño de la porción	Contenido promedio de cafeína por porción (mg)
Café filtrado^I	77	Taza de 250 ml.	192,5
Café expreso^I	133	Taza de 30 ml.	40
Café soluble^I	43	Taza de 250 ml.	107,5
Café descafeinado^I	2	Taza de 250 ml.	5
Té hervido^I	27	Taza de 180 ml.	49
Té instantáneo^I	20	Taza de 180 ml.	36
Té frío^I	19	Vaso de 240 ml.	45
Mate cocido^{II}	0.8	Taza de 250 ml.	2
Coca Cola^{III}	10	Lata de 330 ml.	33
Coca Cola Light^{III}	13	Lata de 330 ml.	43
Pepsi^{III}	11	Lata de 330 ml.	36
Pepsi Light^{III}	12	Lata de 330 ml.	40
Energizantes^{IV}	30	Lata de 250 ml.	75
Chocolate con leche^V	32	Barra de 50 g.	16
Chocolate amargo^V	70	Barra de 50 g.	35
Cacao^V	26	Cda de 10 g.	2,6

Tabla elaborada por el autor de la tesina a partir de la siguiente bibliografía:

- I. Los efectos de la cafeína. Contenido en cafeína de las diferentes bebidas. *Café & Salud*. En : <http://www.cafeysalud.es/efectos-de-la-cafeina.html> (Fecha de acceso 05/08/10)
- II. Bebidas energizantes. *Tiempo farmacéutico*. Revista Oficial del Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Córdoba. Julio de 2005, 21: 32-34.
- III. Servicio Nacional del Consumidor. Estudio comparativo del contenido de cafeína, edulcorantes y aporte de calorías de las bebidas cola comercializadas en la ciudad de Santiago. Diciembre, 2004.
En: <http://www.srnac.cl/download.php?id=124&n=1> (Fecha de acceso: 10/08/10)
- IV. Uraga Baelo C, Guijarro Medianero MC, Pozas Tormo R, Blanco López A. Algunos principios activos del café, del té y del cacao. Tabla 3: Contenido en cafeína de algunas bebidas de consumo ordinario. En:
<http://es.geocities.com/quimesca/articulos/principios.pdf>
- V. Viviant V. Chocolate: sus mitos y verdades. Contenido de cafeína y teobromina en alimentos y bebidas. En: <http://www.nutrinfo.com/pagina/info/gen04-01.pdf>
(Fecha de acceso: 01/09/10)

Anexo 2

Presentación de las porciones de los alimentos fuente de cafeína, consideradas moderadas y excesivas según su contenido de cafeína.

Fuente	Tamaño de la porción	Cantidad moderada (porciones)	Cantidad excesiva (porciones)
Café filtrado	Taza de 250 ml.	1 y ½	4
Café expreso	Taza de 30 ml.	6	21
Café soluble	Taza de 250 ml.	2	8
Café descafeinado	Taza de 250 ml.	50	167
Té hervido	Taza de 180 ml.	5	17
Té instantáneo	Taza de 180 ml.	7	231
Té frío	Vaso de 240 ml.	5 y ½	18
Mate cocido	Taza de 250 ml.	125	416 y ½
Coca Cola	Lata de 330 ml.	7 y ½	25
Coca Cola Light	Lata de 330 ml.	6	19
Pepsi	Lata de 330 ml.	9	23
Pepsi Light	Lata de 330 ml.	8	21
Energizantes	Lata de 250 ml.	3	11
Chocolate con leche	Barra de 50 g.	16	52
Chocolate amargo	Barra de 50 g.	7	24
Cacao	Cda de 10 g.	96	320

Anexo 3

Descripción de la dieta del día previo y primer ingesta, a las evaluaciones.

Cena

1 plato de pastas (100 gr crudo) con un toque de aceite de oliva y queso de ralla

Jugo exprimido de naranjas

2 tostadas de pan lactal

1 Porción de ensalada de frutas

Día de la Evaluación

- Desayuno: 2 horas antes a la hora citada para el Test

Si se desea: té, café, leche descremada

Jugo de frutas (exprimido de naranjas o Baggio light)

3 tostadas de pan lactal con miel o mermelada y queso descremado

- Momentos previos 90 a 60 min antes

750 cc de bebida con cafeína al 10%

Orinar bien antes de test

- En el entretiempo

Hidratar con bebida deportiva con cafeína 700 cc