



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

ESCUELA DE POSTGRADO

Doctorado en Nutrición

**EFFECTO DE UNA BEBIDA ENERGÉTICA
ENRIQUECIDA CON SUERO DE LECHE EN LA
RECUPERACIÓN POST-ENTRENAMIENTO EN
DEPORTISTAS CICLISTAS DE LIMA 2015**

Tesis para optar el grado de Doctor en Nutrición

CARULLA GREGORIO ADRIANA

**Asesor:
Felipe León Ignacio Cconchoy**

**Lima – Perú
2017**

ASESOR

Doctor Felipe León Ignacio Concchoy

Departamento Académico de Ciencias de la Salud

Universidad San Ignacio de Loyola

Miembros del Jurado

Presidente

Secretario

Vocal

Dedicatoria

A la **Doctora Teresa Blanco de Alvarado-Ortiz** quien es mi fuente de inspiración, el mayor ejemplo de amor, entrega, lucha y constancia por haber logrado que nuestra carrera sea una profesión valorada y respetada.

A mis hijos, Alejandro y Sebastián por inspirarme a ser cada día mejor y para que puedan estar seguros que con esfuerzo, disciplina, entrega y amor uno puedo lograr lo que se propone teniendo en cuenta que **todo lo que uno empieza tiene que terminarlo**, cueste lo que cueste.

Agradecimientos

A mis padres Fernando y Cecilia

Por darme, sobre todo, el ejemplo y las herramientas que necesito para ser quien soy.

A mi esposo Jaime Rubio

Por su apoyo incondicional en todos los nuevos retos académicos de mi vida.

A mis hermanas Cecilia y Brunella

Por escucharme y siempre animarme a continuar a pesar de las adversidades.

A mis amigos

Neto Jochamowitz, Carlos Neustadt, Marcella Sattui, Pauline Woodman, Walter Pinochet y Jean Piere Pinochet por creer en mí, ayudarme y apoyarme con el estudio hasta las últimas consecuencias.

Una especial dedicatoria a **Daniel Cárdenas** quien me guió en todo este proceso.

RESUMEN

Introducción: Diversos estudios indican que los consumos de bebidas energéticas en actividades intensas de larga duración son indispensables para prevenir la fatiga y acelerar el proceso de recuperación, sin embargo, los resultados no son consistentes cuando se le adiciona proteína de suero de leche como coadyuvante en el proceso de recuperación muscular. **Objetivos:** Evaluar el efecto de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C comparada con una bebida isotónica en la recuperación post-entrenamiento de ciclistas deportistas en Lima 2015. **Materiales y métodos:** Estudio experimental, diseño de un grupo con medición antes y después, se determinó las diferencias de rendimiento y recuperación después de la ingesta de dos bebidas con diferente composición, teniendo como variable respuesta creatinfosfoquinasa. En la primera fase siete ciclistas completaron una hora de ruta, seguidamente se les administró una bebida energética con azúcares y electrolitos. La segunda fase después de siete días se les administró una bebida energética enriquecida con proteína de suero de leche, electrolitos, aminoácidos y vitamina C en ambas fases se midió post-entrenamiento creatinfosfoquinasa. **Resultados:** El promedio de edad de los siete ciclistas fue de 44.4 años, la diferencia de los niveles de creatinfosfoquinasa en la primera fase fue significativa, $p=0,01$, (IC 95%: -37,63 a -7,79), en la segunda fase $p= 0,08$, (IC 95%: -4,78 a 62.78) y la diferencia de las dos fases, $p<0,01$, (IC 95%: 18,8 a 84,6). **Conclusiones:** La administración de una bebida enriquecida con suero de leche acelera la recuperación post-entrenamiento en ciclistas deportistas comparada con una bebida isotónica, comprobado por la diferencia significativa, $p<0.01$, (IC 95%: 18,8 a 84,6).

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 Problema de investigación	01
1.1.1 Planteamiento del problema	01
1.1.2 Formulación del problema	05
1.1.3 Justificación de la investigación	06
1.2 Marco referencial	07
1.2.1 Antecedentes	07
1.2.2 Marco teórico	11
1.3 Objetivos e hipótesis	38
1.3.1 Objetivo General	38
1.3.2 Objetivos Específicos	39
1.3.3 Hipótesis	39

CAPÍTULO II

MÉTODO	39
2.1 Tipo y diseño de investigación	39
2.2 Población y muestra	40
2.3 Criterios de selección	40
2.4 Variables	41
2.5 Instrumentos de investigación	41
2.6 Técnicas y procedimientos de recolección	43
2.7 Análisis de datos	50
2.8 Consideraciones éticas	51

CAPÍTULO III	52
RESULTADOS	52
3.1 Resultados	52
3.2 Discusión	59
3.3 Conclusiones	61
3.4 Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	
Instrumentos de investigación	71
Matriz de consistencia	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1	13
Gasto energético según tipo de actividad física realizada.	
Tabla N°2	28
Valores de referencia para clasificar las concentraciones séricas de creatinfosfoquinasa en deportistas.	
Tabla N°3	47
Valores nutricionales de la bebida energética gatorade	
Tabla N°4	50
Valores nutricionales de la bebida RCOVR+.	
Tabla N°5	51
Composición corporal.	
Tabla N°6	54
Medidas descriptivas de Ácido láctico en ambos grupos de tratamiento	
Tabla N°7	54
Prueba de diferencia de medias para Ácido láctico entre grupos tratados.	
Tabla N°8	55
Prueba de distribución de resultados de Ácido láctico entre grupos tratados.	
Tabla N°9	56
Regresión Lineal simple para evaluar la medición de Ácido láctico entre los grupos de tratamiento	
Tabla N°10	56
Resultados Pre-Post de CPK de los tratamientos realizados a participantes con el tratamiento 1	
Tabla N°11	57
Resultados Pre-Post de CPK de tratamientos realizados a participantes con el tratamiento 2.	
Tabla N°12	57
Resultados de la Diferencias Pre-Post tratamientos entre los tratamientos realizados a participantes. (Prueba de diferencia de diferencias)	

ÌNDICE DE GRÀFICOS

Gráfico N°1	31
Tasa de síntesis fraccional de proteína muscular mixta durante el ejercicio después de consumir carbohidratos (CHO) o carbohidratos más proteínas (CHO+PRO)	
Gráfico N°2	52
Gráficos de cajas de la medición de creatinfosfoquinasa en los dos tratamientos antes y después del entrenamiento.	
Gráfico N°3	53
Gráfico de cajas de la medición de ácido láctico en los dos tratamientos antes del entrenamiento.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	25
Tipo de energía empleada en cada entrenamiento	
Figura 2.	42
Ficha de resultados de la medición en la balanza a In Body 230	
Figura 3.	43
Muestra de sangre por cada participante	
Figura 4.	45
Representación esquematizada del estudio	
Figura 5.	45
Desayuno previo al estudio	
Figura 6.	46
Opciones de desayuno previo al estudio	
Figura 7.	46
Participantes antes de salir al campo	
Figura 8.	47
Balanza profesional In Body 230	
Figura 9.	48
Bebida comercial rehidratante	
Figura 10.	48
Análisis de sangre a los participantes	
Figura 11:	50
Bebida RCOVER+ mezcla de proteína de suero de leche, carbohidratos, glutamina, arginina, electrolitos, vitamina C	

ABSTRACT

Introduction: several studies show that consumption of energy drinks in long-term intensive activities is essential to prevent fatigue and speed up the recovery process, somehow the results are not consistent when it is added with whey protein as an aid in muscle recovery process. **Objectives:** To assess the effect of a drink with carbohydrates, enriched with whey protein, glutamine, arginine, electrolytes and vitamin C that is compared to an isotonic drink in the recovery post-training of athletes cyclists in Lima 2015. **Materials and methods:** experimental study, design by a group with measurement before and after, determined the differences in performance and recovery after the ingestion of two drinks with different composition, having as response variable creatinphosphokinase. In the first phase, seven cyclists completed an hour of route, were administered an energy drink with sugars and electrolytes. The second phase after seven days were administered an energy drink enriched with whey protein, amino acids electrolytes, and Vitamin C, in both phases was measured post-training creatinephosphokinase. **Results:** the average of age of them seven cyclists was of 44.4 years, the difference of them levels of creatinephosphokinase in the first phase was significant, $p = 0,01$, (IC 95%: -37,63 to -7,79), in the second phase, $p = 0,08$, (IC 95%: -4,78 to 62,78) and the difference of the two phases, $p < 0,01$, (IC 95%: 18,8 to 84,6).

Conclusions: the administration of a fortified drink enriched with whey protein accelerates the recovery post- training in cyclists athletes compared with an isotonic drink, checked by the significant difference, $p < 0,01$, (IC 95%: 18,8 to 84,6).

Introducción

CAPÍTULO I

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento del problema

La nutrición deportiva es la rama especializada de la nutrición humana que se aplica a las personas que realizan deportes intensos como el fisicoculturismo o de resistencia, que demandan esfuerzos prolongados en el tiempo como corredores de maratón, ciclismo o triatlón. Todos los ejercicios implican un mayor grado de actividad muscular, tanto en la fase de preparación como durante la competencia. Estas prácticas aumentan el gasto de energía, así como los requerimientos nutricionales del atleta, los cuales afectan directamente al rendimiento; por tanto, puede mejorarse modificando la dieta, por el contrario, verse afectado si la dieta no es la adecuada. En niveles de alta competencia, donde los competidores están dotados genéticamente y se han sometido al más riguroso entrenamiento, la intervención nutricional puede hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso ¹. Maughan en su libro (Food, Nutrition and Sports Performance II) afirma: “El talento es el atributo más importante de los deportistas profesionales; sin embargo, existen otros factores que definen a un deportista como tal: un programa de entrenamiento efectivo, madurez psicológica y emocional, resistencia a las lesiones y una estrategia nutricional efectiva ¹.”

Aunque la alimentación por sí sola no puede convertir en campeón a un deportista, es cierto que lograr un buen resultado es imposible con una dieta nutricionalmente inadecuada. En este sentido, dado que la dieta es uno de los pocos factores que intervienen en el rendimiento que puede ser totalmente controlado por el individuo, es lógico que exista entre los atletas la preocupación por conseguir un estado nutricional óptimo que, junto con el adecuado entrenamiento, les ayude a alcanzar el máximo rendimiento físico.

Con este fin, la nutrición entre los deportistas ha sido tradicionalmente experimentada y manipulada, siendo esto causa de que sea ésta el área de la nutrición donde son más evidentes la ignorancia y los mitos. Por ello, la selección de una dieta equilibrada se encuentra, a menudo, comprometida por criterios poco rigurosos. El afán por conseguir un rendimiento máximo puede llevar a errores, en este sentido, los deportistas son especialmente vulnerables, sobre todo los de alto rendimiento, ya que los entrenamientos son muy exigentes y, en ocasiones, agotadores.

Una dieta adecuada proporciona una serie de beneficios desde un mejor rendimiento hasta una evidente reducción en el riesgo de sufrir lesiones. Por el contrario, una mala alimentación afecta directamente la adaptación al deporte, impidiendo de ésta forma la oportuna recuperación para los entrenamientos posteriores. La dieta de los deportistas se centra en tres objetivos principales, el apropiado aporte de energía, la ingesta correcta de nutrientes para la mantención y reparación de los tejidos, especialmente el tejido muscular, y la manutención y regulación del metabolismo corporal ².

Según la información accesible, los primeros estudios publicados sobre la dieta deportiva se realizaron en la década de 1920, para ser más exactos entre 1924 y 1925 donde después de la realizar la hoy reconocida maratón de Boston llegaron a la conclusión de que el agotamiento y la debilidad producto de la hipoglicemia pueden prevenirse cuando ha habido una oportuna ingesta de carbohidratos³. También se investigó acerca de la relación existente entre la resistencia deportiva y la alimentación, y se comparó a un grupo de deportistas con una dieta rica en carbohidratos frente a otra rica en grasas ³. A lo largo de los años se han realizado diversos estudios, sobre todo los relacionados con la recarga de glucógeno y la correcta hidratación del deportista. Sin embargo, la nutrición deportiva recién se considera importante -desde un punto de vista científico- desde finales del siglo XX, cuando se logró un consenso por el Comité Olímpico Internacional de Suiza, en marzo de 1991, sobre las investigaciones en el área de la nutrición deportiva.

En la actualidad existe mucha información en el área de la nutrición deportiva, la cual comprueba el gran impacto que tiene la correcta alimentación en el atleta y como influye de manera positiva en su desenvolvimiento. Se sabe que los requerimientos nutricionales del atleta son mayores, por lo tanto, la suplementación deportiva es clave para lograr alcanzar las necesidades nutricionales del deportista, según el tipo y duración de los entrenamientos, con el fin de reponer el glucógeno y la proteína lo cual permitirá un adecuado reacondicionamiento muscular tanto para los entrenamientos posteriores como para el día de la competencia.

El ciclismo es un deporte que demanda un elevado consumo de energía, en la práctica profesional es común encontrar preocupación en estos deportistas sobre cómo lograr un mayor rendimiento con una adecuada dieta o qué suplementos emplear. Es por ello que el consumo de diversos productos (geles, batidos, gomitas, etc.) se han convertido en artículos de uso frecuente, pero sin una completa satisfacción por parte de los usuarios, cuyo estilo de vida y dieta sin supervisión no logran cumplir con las demandas de nutrientes que el organismo requiere para desenvolverse adecuadamente en áreas de alta

competencia. Por otra parte, esta actividad recreacional y competitiva cada vez gana más adeptos. Según Carlos Neustdtl, VP de la Federación Nacional Deportiva Peruana de Ciclismo, el promedio de federados siempre ha oscilado entre 300 y 500 atletas; sin embargo, a partir del 2014 esta cifra ha sido triplicada a más de 1000 federados, sin contar los 20 mil ciclistas recreativos que actualmente disfrutan de los beneficios de este deporte.

Neustadt l recalca que el ciclismo competitivo se ha vuelto un importante aporte de medallas para el Perú, el cual no está siendo reconocido ni aprovechado; por ejemplo, en el último Campeonato Panamericano y Copa Pacífico de BMX (Bicycle motocross), el seleccionado nacional conquistó 21 medallas superando a Ecuador con 10 medallas y, seguidamente, a los demás países, demostrando claramente que los peruanos están en camino a ser protagonistas en el mundial de BMX. Si bien es una importante ventana hacia el mundo del deporte, no existe apoyo constante y comprometido por parte de las autoridades.

La nutrición deportiva ayuda al atleta a que pueda rendir al máximo dando todo su potencial siempre y cuando se hayan aplicado estrategias para antes, durante y después del entrenamiento o de la competencia. La correcta planificación nutricional y el tiempo exacto en el que los nutrientes claves son consumidos pueden ayudar a reducir significativamente los factores que disminuyen el rendimiento. Es por eso que el interés en el área de nutrición deportiva ha crecido rápidamente en los últimos 15 años, aportando información para entender más a fondo cómo la adaptación y recuperación adecuada establecen qué tan bien se rinde en las siguientes sesiones de ejercicio. Según Spriett la nutrición deportiva es un esfuerzo de tiempo completo en la vida del atleta ⁴.

El rendimiento deportivo en varias situaciones de entrenamiento y competencia se puede optimizar con la ingesta de líquidos y de carbohidratos siendo la técnica más usada por la mayoría de los atletas el consumo recurrente de bebidas isotónicas (Gatorade®, Powerade®); sin embargo, la nutrición deportiva sigue avanzando por lo que los estudios actuales se centran en demostrar la capacidad de la proteína como sustrato clave para mejorar el rendimiento y reducir el daño muscular.

Rcover® es un producto peruano destinado a deportistas de alta competencia, diseñado con el fin de suministrar una cantidad equilibrada de líquido, carbohidratos, suero de leche, glutamina, arginina, vitamina C y electrolitos, para que el atleta se pueda rehidratar y, al mismo tiempo, pueda aprovechar los beneficios de los nutrientes claves con un aporte de carbohidratos de diferentes carga glicémica (IG) para facilitar la absorción sostenida, y

proteína de suero de leche, que ayuda a recuperar y mantener la masa muscular y a disminuir los tiempos de recuperación, reparación muscular y degradación durante el ejercicio. Dentro de los electrolitos está el sodio, para mantener el balance de líquidos; el potasio, para prevenir calambres y fatiga; el magnesio, que cumple un rol importante en la relajación de los músculos, y el calcio, para el reforzamiento de los huesos, para evitar lesiones y fracturas comunes en este deporte. Los beneficios de la glutamina se centran en que contrarresta el exceso de ácido láctico de los músculos, una de las causas de fatiga más importantes; del mismo modo, la L-arginina facilita la recuperación muscular, debido a que la arginina ayuda a retirar amoníaco de los músculos para convertirlo en urea, la cual se excreta por la orina y, por último, vitamina C, importante en el proceso de recuperación integral ayudando a restablecer los daños oxidativos que se originan por el ejercicio, gracias a su poder antioxidante.

Está bien documentado que el glucógeno muscular es el sustrato principal de energía durante el ejercicio de resistencia de alta intensidad y también es sabido que la fatiga surge cuando el glucógeno muscular se agota; se demostró con una biopsia de la porción lateral de cuádriceps, como el glucógeno muscular se va agotando a medida que la intensidad y el tiempo de actividad van en aumento⁵.

Igualmente se comprobó como la alta concentración de glucógeno en los músculos se asocia con un mejor rendimiento y parte del proceso de recuperación se debe a la completa utilización de las reservas de glucógeno⁶. El reconocido científico Jhon L. Ivy concluyó que la cantidad de glucógeno almacenado en los músculos es determinante para lograr un mejor desenvolvimiento en las actividades demandantes sobre el tiempo⁷. Por lo tanto, una deficiente recuperación después del ejercicio de resistencia puede determinar el resultado final tanto en las competiciones como en las carreras consecutivas. Según Betts e Ivy, comparten que para lograr una óptima recarga de glucógeno se recomienda un consumo de 1,2 g de carbohidratos por kg de peso por hora durante las primeras horas y un total de 8 a 9 g de carbohidratos por kg por hora durante las 24 h posteriores a la actividad,⁷⁻⁹.

Si bien la proteína no se considera como un sustrato de energía importante durante el ejercicio, hoy en día se sabe que durante el ejercicio su empleo aumenta considerablemente. Tarnopolsky comprobó que el empleo de aminoácidos como fuente de energía puede llegar a ser hasta el 6% del total de energía utilizada¹⁰ y mi propósito es poder comprobarlo en este estudio.

Una vez que los depósitos de glucógeno en los músculos se agotan, la degradación de proteína se incrementa durante la actividad ^{11, 12}; sin embargo, a diferencia del glucógeno, el uso de las proteínas como fuente de energía continúa en el músculo esquelético después del ejercicio, más aún si el consumo de energía es insuficiente, o si es que únicamente se proporcionan carbohidratos ¹³.

Es importante destacar que se han realizado estudios con la ingesta de proteína como nutriente importante y se ha podido demostrar que dicha ingesta en la fase temprana inmediatamente después del ejercicio intenso estimula la síntesis de proteínas de manera más eficaz que si son consumidas horas más tarde ¹⁴⁻¹⁶.

Con toda esta información previa, deseo comprobar como la ingesta de proteínas combinada con la adecuada cantidad de carbohidratos durante e inmediatamente después del ejercicio intenso es clave para lograr una óptima recuperación y, por lo tanto, un mejor desempeño en las competencias.

1.1.2 Formulación del problema

Problema General

¿Cuál el efecto de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C comparada con una bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación post-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015?

Problema Específicos

¿Cuáles son las características de la composición corporal de los deportistas ciclistas a quienes se les administró de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C, en Lima en el 2015?

¿Cuáles son los niveles de ácido láctico en plasma al final del entrenamiento en las dos fases del estudio en el grupo a los que se le administra una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y en el grupo al cual se le administra una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de la intensidad del ejercicio en Lima 2015?

¿Cuáles son los niveles de creatinfosfoquinasa en plasma antes y después de la administración de una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche,

glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y de una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de inflamación muscular en Lima 2015?

1.1.3 Justificación de la investigación

El ciclismo es una actividad que se realiza, principalmente, con objetivos recreativos, aunque en algunos casos puede convertirse en la profesión de una persona si es que se dedica de manera intensiva y perfecciona su técnica con resultados positivos de manera permanente.

Se sabe que la correcta nutrición es indispensable para que el deportista, en este caso el ciclista, pueda aprovechar al máximo sus capacidades físicas potenciales. Los ciclistas tienen un mayor desgaste y, por lo tanto, una mayor demanda de agua, energía y nutrientes. La ingesta de proteína es vital para mantener el músculo en óptimas condiciones; es tan importante tanto la calidad como la cantidad ingerida y, sobre todo, el momento adecuado de su consumo. Sin embargo, los deportistas no cuentan con este conocimiento para su beneficio, únicamente se respaldan en la ingesta previa de carbohidratos y de bebidas isotónicas como ayuda ergogénica durante la actividad.

A raíz de los resultados contradictorios en cuanto a los efectos ergogénicos de la ingesta de diversos suplementos sobre el rendimiento y recuperación de los deportistas, investigar en estos temas se hace necesario, puesto que es importante aclarar y actualizar los conocimientos en nutrición deportiva, demostrando como el consumo de una bebida isotónica enriquecida con proteína afecta de forma positiva tanto el rendimiento como la recuperación de los deportistas de resistencia y lograr, de esta forma, su máximo potencial, con el fin de contar con las mismas oportunidades que cualquier otro deportista a nivel mundial.

Es así que en esta investigación se pretende demostrar la importancia y el impacto que tiene la proteína como nutriente clave en combinación con el carbohidrato cuando es consumido durante el ejercicio cardiovascular intenso en la prevención de la inflamación muscular, cuando es comparado únicamente con una bebida isotónica.

La información se basa en la importancia que tiene la correcta suplementación con carbohidratos y proteína durante el entrenamiento cardiovascular con el fin de prevenir una

elevada concentración sanguínea de la enzima CPK (creatinafosfoquinasa) como indicador de la inflamación muscular producto del trabajo muscular intenso. A mayor concentración de CPK más difícil es la recuperación muscular dando como resultado una limitada capacidad de entrenamiento.

Como parte del trabajo profesional como nutricionista deportiva, es necesario e indispensable obtener información actualizada en nutrición con el fin de recomendar una correcta combinación de nutrientes durante el entrenamiento, para que así los deportistas en ciclismo puedan lograr tanto su máximo potencial en actividad como una adecuada recuperación en descanso. Las mejoras van a estar relacionadas con la calidad de los suplementos que se van a recomendar a los deportistas; por ello, los beneficiarios no serían solamente los deportistas en cuestión sino también las empresas que desean promover productos de calidad con mezclas adecuadas con el fin de darle las mejores herramientas a nuestros deportistas profesionales.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Antecedentes

Hoy en día el deporte de competencia se ha vuelto más popular que nunca donde la propia auto exigencia se ha convertido en un estilo de vida. El entrenamiento ha pasado a ser sumamente desafiante y si realmente uno busca rendir y mejorar constantemente pues se debe de alimentar correctamente. Si el deportista, en este caso el ciclista, quiere destacar en su deporte, la dieta es clave para conseguir mayor rapidez, más agilidad, mejor concentración y sobre todo mayor resistencia.

Aunque en general una dieta balanceada e hidratación adecuada son la base para cubrir las necesidades nutricionales en la mayoría de los deportistas, se sabe que existen necesidades específicas las cuales dependen de diversos factores, como son las condiciones fisiológicas propias de cada persona, el prototipo de deporte practicado, la temporada en la se encuentran, la forma e intensidad de entrenamiento y la etapa de competencia.

El glucógeno es una forma muy eficiente de almacenamiento de glucosa por ser fácilmente movilizable para mantener los niveles adecuados de glucosa en la sangre y para obtener glucosa rápidamente como fuente de energía en condiciones anaerobias, como en el ejercicio físico vigoroso.

Los dos lugares principales de almacenamiento del glucógeno son el hígado (10% en peso) y el músculo esquelético (2% en peso), aunque se acumula mucho más glucógeno en

músculo dado que tiene una mayor masa comparada con el hígado. El glucógeno está presente en forma de gránulos con un diámetro variable de entre 10-40 nm.

En el hígado los procesos de síntesis y degradación de glucógeno tienen la función de mantener los niveles de glucosa sanguíneos tal y como se requieren para satisfacer las necesidades globales del organismo. En cambio, en el músculo, el glucógeno juega un papel de almacén de glucosa para sus propias necesidades.

Según el libro de Nutrición Avanzada y Metabolismo Humano de James L. Groff y Sareen S. Gropper, en la página 197, detallan como la absorción de aminoácidos por el músculo esquelético ocurre inmediatamente después del consumo de un alimento con contenido de proteína. Con respecto a la utilización de aminoácidos por el músculo, aparece como, seis de ellos (aspartato, alanina, glutamato, leucina, isoleucina y valina) son catabolizados por el músculo, siendo los de cadena ramificada (leucina, isoleucina, valina) los que contribuyen, en mayor medida, al metabolismo oxidativo durante el ejercicio.

El metabolismo muscular de los aminoácidos requiere reacciones de transaminación y desaminación oxidativa. Como resultado final de estas reacciones se forma un oxoácido y un grupo amino. El oxoácido se oxida en el ciclo oxidativo tricarboxílico. Los grupos amino procedentes de la oxidación muscular de aminoácidos durante el ejercicio pueden seguir tres rutas principales siendo la más importante el transporte del grupo amino al espacio extracelular. Sin embargo, más del 50% del amoníaco (NH_3) producido en el metabolismo muscular, abandona el músculo en forma de alanina y glutamina ya que el grupo amino es transferido a glutamato para formar glutamina o bien piruvato para formar alanina. La liberación muscular de alanina y glutamina es proporcional a la intensidad y duración del esfuerzo durante el ejercicio prolongado.

Una vez en el hígado, la alanina se transforma en piruvato, al ceder su grupo amino al oxoglutarato formándose glutamato. El glutamato puede ser desaminado por acción de la enzima glutamato deshidrogenasa, dando lugar a oxoglutarato y amoníaco. A su vez, el amoníaco es eliminado en forma de urea, mientras que el piruvato es utilizado como sustrato gluconeogénico. La glucosa así resultante puede ser vertida nuevamente a la sangre y transportada hacia el músculo activo, cerrándose de este modo un proceso cíclico.

Por lo tanto, el músculo activo contribuye al mantenimiento de la gluconeogénesis hepática durante el ejercicio prolongado suministrando fundamentalmente alanina y glutamina.

Mientras que el hígado contribuye al metabolismo energético suministrando glucosa y ácidos grasos de cadena ramificada, que son oxidados por el músculo.

Los dos sucesos demostrados que más contribuyen a la aparición de la fatiga durante el ejercicio físico son: la disminución de los carbohidratos almacenados en forma de glucógeno en el organismo sobre todo en los músculos y en el hígado y la deshidratación por la disminución tanto del agua como de los electrolitos mediante el sudor. Por lo tanto, queda claro y demostrado, que para optimizar el rendimiento deportivo se necesita estar bien alimentado e hidratado.

En este sentido, está altamente estudiado y demostrado que la concentración de glucógeno tanto en el hígado como en los músculos durante la actividad deportiva marca la capacidad de mantener un esfuerzo prolongado sobre todo en deportes de resistencia (aeróbicos) por lo que el consumo de carbohidratos durante el mismo esfuerzo mejora el rendimiento del deportista. En pocas palabras, un alto contenido de glucógeno en los músculos se asocia con un mejor rendimiento ¹⁷. Ahora, el consumo de carbohidratos es tan importante durante la actividad como después de ella, ya que para poder lograr nuevamente el mismo propósito es fundamental recargar las reservas de glucógeno como parte del proceso de recuperación ¹⁸. Para poder lograr una óptima recarga se debe de consumir 1,2 g de carbohidratos por kilo/hora durante las primeras horas y un total de 8-9 g de carbohidratos por kilo durante 24 h restantes ^{19,9}.

No obstante, de que los múltiples estudios se centran en la importancia del glucógeno, pocos han intentado dilucidar y cuantificar los efectos del consumo de proteína como parte primordial en el desempeño y recuperación post ejercicio de los atletas de competencia. La proteína se considera un componente nutricional clave para el éxito deportivo, a pesar de que hay poca información sobre el efecto combinado con carbohidratos, tanto Van Loon como Williams ^{13, 20} realizaron diversos estudios con una intervención dietética de carbohidrato más proteína hidrolizada, donde tuvieron efectos positivos como un aumento de la insulina basal, lo que ocasiona una eficiente recarga de glucógeno y una mejor y más rápida recuperación cuando es comparado con la ingesta única de carbohidratos.

Lo bueno es que ya se está conociendo un poco más acerca la importancia que ejerce el consumo de proteína como parte significativa en el desempeño del atleta. En un estudio realizado por Rustard *et al.* ²¹ sobre la ingesta de una bebida combinada con carbohidrato y proteína durante las primeras dos horas de ejercicio intenso en ciclistas profesionales,

cuestiona cómo es que la proteína no se considera como un sustrato de energía importante, a pesar de la existencia de algunos estudios que demuestran como la oxidación de la leucina aumenta durante el ejercicio ²² y más aún cuando el glucógeno de los músculos se agota, la utilización de proteínas en el músculo no solo sirve de energía si no que, además, continúa como sustrato después del ejercicio -si es que no se consume ningún tipo de carbohidrato-.

Según Rustard ²², para que ocurra una completa recuperación primero se deben de eliminar las proteínas dañadas dentro de organismo producto de la degradación junto con la adecuada re síntesis de proteínas, en pocas palabras, se debe de recuperar toda la proteína que haya sido dañada durante el ejercicio. Según lo menciona, es imposible recuperar proteína si ésta no se consume.

Existen otros estudios realizados por Moore y Zawadzki que demuestran como la combinación de proteínas con carbohidratos aumenta la síntesis de proteínas y de los depósitos de glucógeno, así como la restauración de las proteínas musculares, lo que es fundamental para acelerar la recuperación tras la realización de ejercicios de larga duración ^{24, 25}.

Sin embargo, no todo es positivo, Hansen ²⁶ realizó un innovador estudio doble ciego con 18 ciclistas elite, quienes consumieron una bebida de CHO y proteína (14 g de proteína hidrolizada y 69 g de carbohidratos) y otra bebida de únicamente carbohidratos (84 g) por 6 días, sumado a una dieta estandarizada, concluyendo que los deportistas que consumieron mayor cantidad de proteína no mejoraron su desempeño. De igual forma, se realizó un Meta análisis desarrollado por Stearns y compañía ²⁷ y una revisión por McLellan ²⁸ donde ambos concluyeron que el efecto ergogénico de la proteína es positivo debido a las calorías extras que este nutriente aporta y no a un beneficio en particular como mayor rendimiento, ahorro de glucógeno durante el ejercicio o mejora en la recuperación producto de una eficiente restauración del glucógeno. Todos aclaran que hay que seguir investigando el papel de la proteína para determinar su importancia.

Como vemos, existe información contradictoria, pero al igual que Rustard ²² considero que la proteína es esencial para prevenir el uso de proteína muscular como fuente de energía, para restaurar el tejido inflamado producto de la intensa actividad y para que exista una mejor y más rápida recuperación post entrenamiento.

Hoy en día, el beneficio de añadir proteínas a la bebida para el deportista es un tema de debate. Algunos estudios demuestran el efecto anabólico del suero de leche tras un esfuerzo prolongado en el tiempo. Otro resultado importante de las proteínas del suero de leche es el incremento de los depósitos de glucógeno, lo cual, es fundamental para acelerar la recuperación tras la realización de ejercicios de larga duración ²⁹. También se han realizado investigaciones que han confirmado un menor daño muscular cuando se toman bebidas con proteína durante el esfuerzo ³⁰.

1.2.2 Marco teórico

Los atletas de alto rendimiento se desempeñan en múltiples actividades que requieren grandes niveles de competitividad, sobre todo cuando son por varios días seguidos, o varias actividades en un mismo día como lo son, por ejemplo, los triatlones.

Una intensa actividad deportiva o varias muy seguidas según Bernardi ³¹, trae como consecuencia una incompleta recarga de glucógeno, una ruptura de fibras musculares, un pronunciado dolor muscular y un bajo rendimiento en el entrenamiento o actividad deportiva posterior. Es por eso que estudios actuales se centran en comprobar que la ingesta de una bebida energética enriquecida con proteína influye de manera positiva la correcta recuperación muscular. Según Betts *et al.* afirman que una bebida energética con proteína consumida inmediatamente después del ejercicio logra una recarga de glucógeno más rápida que cuando se compara a una bebida únicamente energética (solo carbohidratos) ³².

Otros estudios como los de Luden, Romano y Valentine reportaron que la ingesta de una bebida energética enriquecida con proteína aminora los marcadores más representativos como la creatinaquinasa o CPK, la mioglobina y la enzima lactato deshidrogenasa cuando son evaluados después del ejercicio. Dentro de estos mismos estudios se comprueban las bebidas enriquecidas con proteínas disminuyen el dolor muscular posterior al ejercicio intenso mejorando así la función muscular cuando es comparada con una bebida energética ^{9, 33, 34}.

Nutrición deportiva

Estudios actuales como el de Martínez- Sanz *et al.* y Olivos C, *et al.*, demuestran que el adecuado empleo de los nutrientes en la nutrición deportiva mejora el desenvolvimiento de los atletas y el uso inadecuado de estos perjudica considerablemente el rendimiento deportivo. Es sabido que los requerimientos nutricionales del atleta son más demandantes, los cuales deben de ser definidos según sus necesidades nutricionales, el tipo y la duración de su entrenamiento, priorizando las necesidades de energía con el fin de reponer el glucógeno utilizado en el entrenamiento y de proteína, permitiendo un adecuado reacondicionamiento muscular como prerrequisito para prevenir tanto el cansancio como la atrofia muscular ^{35, 36}.

Los objetivos de la nutrición deportiva son:

- Alcanzar los requerimientos de nutrientes y combustible energéticos necesarios para sostener el plan de entrenamiento.
- Mantener una contextura física ideal para el tipo de evento o competición, manejar el entrenamiento y la alimentación para obtener un nivel de masa corporal, grasa corporal y masa muscular que sean compatibles con un buen estado de salud y desempeño.
- Mejorar la adaptación y la recuperación entre sesiones de entrenamiento aportando todos los nutrientes necesarios para estos procesos.
- Recuperar el combustible energético y el balance hídrico en cada sesión de entrenamiento para lograr un óptimo desempeño en cada actividad.

Según Jeukendrup *et al.* asegura que todos los atletas buscan formas de mejorar su rendimiento deportivo mediante la nutrición y el entrenamiento ³⁷. Para Pramukova el componente fundamental para la optimización del rendimiento a través de la nutrición es asegurar que los atletas consuman las cantidades adecuadas de energía, carbohidratos, proteínas y grasas. Según Martínez -Sanz, esto contribuye a la adquisición y mantenimiento de las condiciones físicas adecuadas para alcanzar un peso y composición corporal óptimo, mejorar la adaptación y la recuperación tras el esfuerzo ^{35, 38}.

El objetivo nutricional de los atletas debe de centrarse en conocer las necesidades de energía y en qué proporción deben de ser consumidos los diferentes macronutrientes, puesto que ya está comprobado que una de las principales causas de los resultados negativos en una competencia es una deficiente nutrición.

Las necesidades de energía son diferentes en cada variante deportiva y entre los mismos atletas dependiendo del rol de juego. También varían según el período de la temporada y el tipo de entrenamiento.

Tabla 1. Gasto energético según tipo de actividad física realizada.

Actividad (Duración 1 hora)	Calorías quemadas según peso		
	73 kg	91 kg	109 kg
Aerobic, alto impacto	533	664	796
Aerobic, bajo impacto	365	455	545
Aerobic, agua	402	501	600
Senderismo	438	546	654
Jugando al básquet	584	728	872
Ir en bicicleta, ritmo suave, < 16 km por hora	292	364	436
Bailes de salón	219	273	327
Levantar pesas	365	455	545
Saltar a la cuerda	861	1,074	1,286
Patinar en línea	548	683	818
Hacer footing < 8 km por hora	606	755	905
Nadar	423	528	632
Tai chi	219	273	327
Tennis	584	728	872
Caminar, 3 km por hora	204	255	305
Caminar, 5,6 km por hora	314	391	469

Fuente de la tabla: adaptado de Ainsworth BE, et al. 2011 compendium of physical activities: A second update of codes and MET values. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2011;43:1575.

Existe un elevado acuerdo acerca de que los atletas deben consumir un alto porcentaje de carbohidratos en su dieta, de manera que implique un 55-65% de la ingesta calórica total, o bien, ingerir entre 5-7 g/kg/día.

Según Burke la cantidad de carbohidratos depende de la composición corporal del atleta y de la duración e intensidad del ejercicio; Burke recomienda en períodos muy intensos que la ingesta ascienda hasta 12 g de carbohidratos/kg/día³⁹. Durante la misma actividad, se recomienda consumir entre 20-60 g de carbohidratos para mantener los niveles de glucosa en sangre; después, se recomienda entre 1,2-1,5 g/kg.

Las dietas deficientes en alimentos altos en carbohidratos han demostrado que afectan negativamente al rendimiento deportivo.

Una de las investigaciones realizadas por Phillips sobre el consumo de proteínas, indica que los atletas necesitan ingerir en su dieta, aproximadamente, dos veces la cantidad diaria recomendada (0,8 g/kg/día) que sería 1.6 g/kg/día, para mantener el equilibrio de proteínas⁴⁰. La ingesta proteica debe de representar entre un 10-15% de la energía total. Como ingesta máxima recomendada, se indica no superar un 1,8 g/kg/día. La evidencia sugiere que el momento, el tipo y la cantidad de proteína pueden tener un efecto importante tanto en la optimización del rendimiento como en la recuperación pos-entrenamiento.

Hay algunos indicios de que ingerir en torno a 0,3 g/kg de proteína después de la actividad podría influir positivamente en una más rápida recuperación. Según Helms *et al.*, una ingesta proteica deficitaria puede retrasar la recuperación post entrenamiento y conducir a la pérdida de masa muscular y al sobreentrenamiento^{40, 41}.

Las grasas forman otra fuente de energía cuyo consumo es necesario en la dieta de los atletas. Aporta elementos esenciales como las vitaminas A, D, K y E por ser vitaminas liposolubles. El rango recomendado es entre 20-35% de la energía total, o bien, alrededor de 2 g/kg/día.

Carbohidratos

La palabra carbohidrato deriva de “carbono más agua”, son compuestos de azúcar a base de plantas cuando son expuestas al sol por medio de la fotosíntesis. La mayor fuente de energía en el ser humano proviene de los carbohidratos. A grandes rasgos, más de la mitad de los carbohidratos derivan de los polisacáridos como almidón y dextrinas provenientes de los cereales y vegetales, y la otra mitad deriva de los azúcares simples como sacarosa y lactosa, y en menor cantidad de fructosa, glucosa y maltosa. Los carbohidratos son compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Durante el metabolismo se queman para producir energía, y liberan dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O).

Los carbohidratos se pueden dividir en tres grupos:

1. Monosacáridos (glucosa, fructosa, galactosa).
2. Disacáridos (sacarosa, lactosa, maltosa).
3. Polisacáridos (almidón, glucógeno (almidón animal), celulosa).

Los carbohidratos más sencillos son los monosacáridos o azúcares simples. Estos azúcares pueden pasar a través de la pared intestinal sin ser modificados por las enzimas digestivas. Los disacáridos son compuestos de azúcares simples sin embargo necesitan ser convertido en monosacáridos antes que se puedan absorber. Los polisacáridos químicamente son los carbohidratos más complejos; tienden a ser insolubles en el agua y los seres humanos solo pueden utilizar algunos para producir energía.

El almidón es una fuente de energía importante para los seres humanos. Se encuentra en los granos de los cereales, así como en raíces comestibles tales como las papas y la yuca. La celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y gomas, se denominan carbohidratos no disponibles, debido a que los humanos no los pueden digerir.

Según Coyle y Coggan., durante la realización del ejercicio se va consumiendo la energía en forma de glucógeno que tanto el hígado como los músculos le proporcionan. Existen evidencias que mantienen que el consumo de carbohidratos durante la práctica deportiva prolongada mejora la resistencia a la fatiga ⁴¹ debido a que su presencia mantiene los niveles de glucosa estables en sangre.

La ingesta de carbohidratos durante la actividad se realiza mediante bebidas con contenido bajo de carbohidratos (0,5 a 1 g/kg de deportista) que se suele ingerir con una periodicidad de cada 20 minutos a una hora. La mayoría de estas bebidas contienen azúcares simples.

Lo bueno es que se ha demostrado que el consumo de estas bebidas no solo disminuye el uso de glucógeno almacenado como energía, sino que, además, permite su reconstrucción durante el ejercicio. Costill recomienda que para las actividades de más de 45 minutos se ingiera como mínimo 20 g/h, siendo óptimo 60 g/h en una solución acuosa durante el ejercicio ⁴².

El consumo de bebidas deportivas es muy común durante la práctica de ejercicios prolongados ya que tienen la ventaja de ofrecer el líquido necesario para mantener estable la temperatura corporal. Las bebidas isotónicas más conocidas como bebidas rehidratantes

o energéticas contienen entre un 6 y 8% de carbohidratos simples, cantidad suficiente para alargar la resistencia a la fatiga.

Hoy en día, los estudios de nutrición deportiva se están enfocando en investigar las proporciones adecuadas entre monosacáridos y disacáridos con el objetivo de ofrecerle al atleta un mayor y mejor rendimiento cuando es consumida en la práctica de deportes de resistencia.

Proteínas

Las proteínas son los materiales que desempeñan la mayor cantidad de funciones en las células de todos los seres vivos. Forman parte de la estructura básica de los tejidos y, por otro, desempeñan funciones metabólicas y reguladoras. Además son la base de la estructura del código genético (ADN) y de los sistemas de reconocimiento de organismos extraños en el sistema inmunitario.

Las proteínas son moléculas de gran tamaño formadas por largas cadenas de aminoácidos. Los aminoácidos se encuentran formados por un carbono alfa y un grupo carboxilo sirviendo como bloques de construcción para las proteínas; pueden ser unidos entre sí en diferentes secuencias para formar una gran variedad de proteínas.

Veinte aminoácidos son incorporados naturalmente en polipéptidos y se llaman aminoácidos estándar, estos 20 son los más conocidos y los que forman parte de las proteínas. De estos 20, nueve aminoácidos son vitales para el cuerpo más conocidos como aminoácidos esenciales y tienen que ser ingeridos como parte de la dieta diaria. Los otros son conocidos como no esenciales, es decir son aminoácidos que pueden ser sintetizados por el cuerpo.

En la dieta de los seres humanos se puede distinguir entre proteínas de origen vegetal o de origen animal. Las proteínas de origen animal están presentes en las carnes, pescados, aves, huevos y productos lácteos en general. Las de origen vegetal se pueden encontrar en los frutos secos, la soja, las semillas, las menestras y los cereales completos (con germen). Sin embargo, la mayoría de suplementos de proteína son elaborados a partir de la leche, aunque también existen algunos que provienen de la soja y que, por tanto, son aptos para vegetarianos. La leche posee dos clases de proteínas:

- La caseína (que representa el 80% del total).
- Las proteínas del suero (que son el 20% restante).

El concentrado proteínico ideal para añadir a una bebida para deportistas sería el suero de leche (el líquido que queda al quitar la caseína y grasa de la leche tras la adición de cuajo). Está compuesto por beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbúmina, albúmina (de suero bovino), lactoferrina, inmunoglobulinas, lactoperoxidasas, glicomacropéptidos, lactosa y minerales. Otra alternativa es aportar sólo las lactoproteínas séricas, es decir el suero de leche desprovisto de la lactosa, lo cuál puede ser útil en personas con déficit de la enzima lactasa.

La fuente de proteínas de donde provenga el suplemento va a tener una influencia directa en la velocidad de asimilación de la proteína y en su perfil de aminoácidos.

Grasa –Lípidos

Son menos rentables energéticamente que los carbohidratos, pero tienen mayor disponibilidad, debido a que el organismo dispone de una “gran despensa”. Son el mejor combustible en pruebas de larga duración. La energía procedente de las grasas se utiliza una vez agotada la procedente del glucógeno.

Los lípidos se almacenan en el tejido adiposo en forma de triglicéridos (moléculas compuestas por ésteres de glicerol y tres moléculas de ácido graso). Estos ácidos grasos pueden ser saturados e insaturados (mono y poliinsaturados).

Los lípidos, además de suministrar energía, constituyen la fuente indispensable para el aporte de vitaminas liposolubles A, D y E. No obstante, estas ventajas no deben inducir a una dieta rica en grasas para los deportistas. No se recomienda superar el 25-30% de las necesidades energéticas diarias, excepto en los deportes de resistencia, que se puede llegar al 35%.

Es importante saber que una dieta rica en grasa limita el almacenamiento de glucógeno, con la consiguiente disminución de la capacidad de resistencia.

Los carbohidratos son la principal fuente de energía durante los ejercicios prolongados de alta intensidad, mientras que en los ejercicios de baja intensidad la oxidación de los lípidos empieza a ser relevante.

Los estudios publicados por Horowitz explican como la reserva de energía en forma de grasa supera a la de glucógeno en casi cincuenta veces ⁴³. La oxidación de lípidos es más compleja que la correspondiente a los carbohidratos y puede llevar más tiempo en el organismo (el transporte y su oxidación pueden llevar del orden de 20 minutos).

Líquidos

La importancia del agua es vital durante el ejercicio, los humanos pueden vivir sin la ingesta de macronutrientes y micronutrientes durante un periodo relativamente grande, pero no es posible hacerlo sin agua. El agua es fundamental para todos los procesos metabólicos del cuerpo humano, así como también para aquellos fenómenos de transporte y circulación de sustancias nutritivas. Para Sawka *et al.* el agua es el compuesto más abundante en el cuerpo humano, alcanzando un porcentaje que está entre el 45 y 70%, los músculos se componen de un 70 a 75% de agua, mientras que los tejidos grasos del cuerpo se componen de un 10% a 15% ⁴⁴.

De esto se puede deducir que el entrenamiento de deportistas con gran masa muscular necesita de grandes cantidades de agua. No existen almacenes de agua en el cuerpo, la pérdida de agua se produce principalmente por la orina y el sudor pudiendo llegar a ser varios litros de agua durante una actividad física intensa, a temperatura ambiente alta y/o con alto grado de humedad ambiental. Este efecto hace pensar que los deportistas están sometidos a riesgos de desequilibrio de agua pudiendo llegar a sufrir una deshidratación. Es por esta razón que la práctica del deporte necesita de un consumo elevado de líquidos y justamente con el objeto de evitar este efecto, se suelen fijar "protocolos" de ingesta de líquidos.

Micronutrientes

Los micronutrientes se pueden encontrar en diversos alimentos y es habitual que una dieta equilibrada aporte estos micronutrientes de una forma racional, no obstante, es posible que el deportista necesite, además de suplementos dietéticos, que los incluyan para poder reponer el consumo de micronutrientes al que está expuesto su organismo debido a la práctica del deporte. Estos suplementos deben ser incorporados a la dieta deportiva bajo la regla de RDA (requerimientos diarios aconsejados por las agencias estatales alimentarias para el 97% de las personas sanas).

Los micronutrientes (vitaminas y minerales) desarrollan un gran número de funciones esenciales en el organismo. Los principales minerales (en orden alfabético) son azufre, calcio, cloro, cobre, flúor, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, potasio, selenio, sodio, yodo y zinc. Larsen detalla que algunos de ellos se encuentran en grandes cantidades en el cuerpo, mientras que otros requieren tan solo una muy pequeña cantidad (por esta razón se denominan “elementos” o 'minerales traza') ⁴⁵.

La mayor parte de las reservas de minerales se encuentran en el plasma sanguíneo y en el fluido intersticial. La ingesta de alimentos con determinado contenido de micronutrientes es la principal entrada de minerales al cuerpo, mientras que las excreciones (sudor, orina, etc.) suponen la salida de muchos de estos.

Electrolitos

Uno de los síntomas más característicos del ejercicio físico, o de la actividad deportiva, es el sudor. Este no es más que una forma de perder agua para equilibrar la temperatura corporal. La cantidad de agua que se llega a perder puede ser lo suficientemente importante como para llegar a la deshidratación si no se actúa correctamente. Por tanto, la reposición de líquidos debe ser una de las principales preocupaciones tanto de los preparadores físicos como de los deportistas.

Ayudas ergogénicas

El consumo y comercialización de suplementos que ayudan a mejorar el rendimiento físico ha aumentado en el ámbito deportivo tanto profesional como semiprofesional.

La presión y las altas exigencias de rendimiento empujan a muchos deportistas a recurrir a suplementos con el objetivo de mejorar sus resultados.

Según Palacios Gil *et al.*, las ayudas ergogénicas se describen como cualquier maniobra o método nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico realizado con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento ⁴⁶. De acuerdo con García-Ferrando *et al.*, el término “ayuda ergogénica” se refiere a productos cuyo objetivo es mejorar el rendimiento deportivo sin ser necesariamente dopantes o prohibidos, pudiendo presentarse bien como medicamentos o como suplementos dietéticos ⁴⁷.

Suplementación para deportistas

Durante el ejercicio prolongado y en todas aquellas situaciones en que los depósitos de glucógeno están disminuidos, existe un aumento de los niveles plasmáticos de ácidos grasos libres, puesto que en estas situaciones son las grasas las que deben proporcionar la mayor parte de energía, así como un aumento en la utilización de los aminoácidos de cadena ramificada como fuentes de energía por los músculos, de tal forma que su concentración en el torrente sanguíneo disminuye.

La administración de nutrientes tras una sesión de ejercicio intenso afecta los procesos anabólicos, con independencia del modo de ejercicio. De particular importancia son las proteínas y los carbohidratos, ya que estos dos macronutrientes representan distintas funciones como agentes anabólicos. Se ha demostrado que la proteína y la captación de aminoácidos provenientes de la ingesta son necesarias para alcanzar un balance positivo de proteína/nitrógeno, mientras que la ingesta de carbohidratos durante la recuperación es la consideración más importante para reponer las reservas de glucógeno tras un ejercicio exhaustivo (Jeukendrup y Jentjens, 2000 y Saunders, Kane y Todd, 2004) ^{48, 49}.

Son varios los factores que cumplen un papel importante en la eficacia de la proteína y de los carbohidratos sobre la síntesis de glucógeno después del ejercicio, por lo que la ingestión inadecuada de estos nutrientes puede limitar la capacidad para alcanzar un estado anabólico. Las pruebas realizadas de ingesta durante y pos ejercicio denotan claramente la importancia que estos dos macronutrientes tienen en lo que respecta a la nutrición y al anabolismo después del ejercicio. Aunque la mayoría de los deportistas pueden satisfacer sus necesidades nutricionales antes y/o después del ejercicio, las actividades de larga duración requieren un aporte nutricional durante el ejercicio ⁵⁰.

Los ejercicios de resistencia requieren el uso de mayor cantidad de energía, lo que conlleva a significativos incrementos en el consumo de carbohidratos y la oxidación de grasas. También pueden producirse pérdidas considerables de líquidos y electrolitos a causa de la sudoración, sobre todo durante el ejercicio prolongado en situación de calor. Como consecuencia, la ingesta de líquidos y de nutrientes inadecuados durante la práctica del ejercicio de resistencia puede conducir a la deshidratación, hiperhidratación hiponatémica, depleción glucogénica, hipoglucemia y/o fatiga central. Además, las deficiencias nutricionales durante una actividad prolongada pueden limitar la capacidad para una recuperación rápida tras el ejercicio, lo que puede afectar al rendimiento posterior ^{49, 50}.

Según el reconocido Dr. Jeukendrup - en el área de suplementación deportiva - afirma la importancia en la adición de proteína de suero de leche a una bebida energética durante el ejercicio ya que puede mejorar el rendimiento más allá que el carbohidrato solo ^{51, 52}. Las bebidas para deportistas se consideran dentro de los preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales, en el epígrafe de alimentos adaptados a un intenso desgaste muscular, sobre todo para deportistas.

Estas bebidas presentan una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, y prevenir la fatiga, siendo tres sus objetivos fundamentales ⁵³:

- Aportar carbohidratos que mantengan una concentración adecuada de glucosa en sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno.
- Reposición de electrolitos, sobre todo del sodio.
- Reposición hídrica para evitar la deshidratación.

Antioxidantes

De acuerdo al estudio de Tsai *et al.*, durante el ejercicio físico, el consumo de oxígeno por parte del músculo puede aumentar más de 100 veces y el consumo de oxígeno del organismo entero puede aumentar hasta 20 veces ⁵⁴. Si bien no es un tema altamente estudiado, Nielsen *et al.*, afirma que es razonable suponer que la producción mitocondrial de oxígeno se halle igualmente incrementada ⁵⁵. Se sabe que las reacciones entre superóxidos originan otras especies reactivas de oxígeno, el peróxido de hidrógeno y, en

última instancia, el radical hidroxilo. Se puede considerar, por tanto, que durante la realización de un esfuerzo físico intenso se produce un marcado estrés oxidativo.

Según diversos estudios en el que destacan el de Palmer *et al.* y Morillas- Ruiz *et al.*, la ingesta de antioxidantes para minimizar el daño provocado por las especies reactivas generadas en la cadena transportadora de electrones ha dado buenos resultados a la hora de valorar un aumento del rendimiento, por lo que su presencia en las bebidas para deportistas puede ser imprescindible ^{56, 57}.

Fisiología del deporte

Durante siglos, los científicos han estudiado como funciona el cuerpo humano. En la actualidad, un pequeño pero creciente grupo de científicos, ha centrado sus estudios en como la fisiología del cuerpo se ve alterada durante la actividad física o el deporte.

La fisiología del esfuerzo ha evolucionado a partir de su disciplina madre, la fisiología, quien se ocupa del estudio de como se adapta fisiológicamente el cuerpo al estrés agudo del ejercicio o la actividad física, y al estrés crónico del entrenamiento.

Sistemas de energía

El desarrollo de la actividad física depende del suministro energético adecuado a las fibras musculares responsables del proceso de contracción.

Uso de energía por el músculo

Uso de diferentes sustratos

Sistema ATP – PCr

El creatinfosfato o fosfocreatina (PCr) es un compuesto energético almacenado en el músculo de utilización inmediata, es una reserva primaria de energía; sin embargo, es escasa y muy limitada, siendo de baja rentabilidad ya que solo puede suministrar energía durante muy poco tiempo (5 a 10 s) ⁵⁸.

En las pruebas de corta duración (de 5 a 10 segundos), más conocidas como pruebas explosivas, se necesita un aporte de energía rápido e inmediato. Los fosfatos de energía elevada, la adenosina trifosfato (ATP) y el creatinfosfato (PCr) almacenado dentro de los

músculos proporcionan esta energía de forma casi exclusiva; estas fuentes intramusculares de energía se identifican o se conocen con el término de fosfógenos.

Cada kilogramo de músculo almacena, aproximadamente, 5 mmol de ATP y 15 mmol de CrP. Si la actividad física activa 20 kg de músculo, la energía de los fosfógenos almacenados podría propulsar una caminata de 1 min, una carrera lenta de 30 segundos o un *sprint* de 8 segundos. De esta forma, la cantidad de fosfógenos intramusculares influye de forma significativa sobre la capacidad para generar energía rápida durante breves periodos.

Energía a corto plazo – sistema de ácido láctico

El sistema de ácido láctico, también denominado anaeróbico láctico, permite un suministro rápido de energía, aunque menor que el del fosfógeno. Durante el ejercicio intenso el glucógeno intramuscular almacenado proporciona la fuente de energía para fosforilar el ADP durante la glucogenólisis anaerobia formando lactato. Sin un aporte adecuado de oxígeno, el piruvato se convierte en lactato, esto mantiene la formación rápida de ATP mediante fosforilación anaerobia a nivel del sustrato.

La producción anaerobia de ATP es crucial en ejercicios de alta intensidad por la necesidad de transferencia rápida de energía que supere la que aporta los fosfógenos almacenados. Cuando la intensidad del ejercicio disminuye (o aumenta la duración del ejercicio), la formación de lactato disminuye de igual manera. Un inconveniente de este sistema energético, además de su baja rentabilidad energética, es la generación y acumulación de ácido láctico en los músculos y líquidos corporales. La reducción del pH muscular afecta negativamente a la contracción del músculo y a la actividad de las enzimas implicadas en la propia glucogenólisis.

Energía a largo plazo – sistema de energía aeróbica

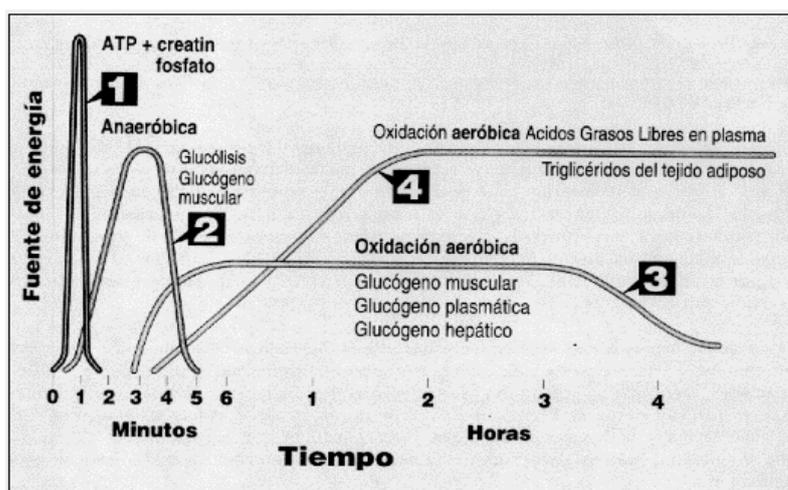
Mediante el sistema aeróbico u oxidativo, que implica el uso de oxígeno (como su nombre lo indica), se pueden metabolizar, además de carbohidratos, grasa y proteína. Este sistema es altamente rentable desde el punto de vista energético.

Las reacciones metabólicas aeróbicas proporcionan la cantidad más grande de transferencia energética, especialmente si el ejercicio se prolonga más allá de 2 a 3 minutos.

Entonces, para resumir, las rutas principales de producción de ATP se diferencian dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio.

El ejercicio intenso de corta duración obtiene la energía principalmente de los fosfágenos intramusculares ATP y CrP (sistema inmediato de energía). El ejercicio intenso de mayor duración (1 a 2 minutos) necesita energía principalmente de las reacciones anaeróbicas de glucólisis (sistema de energía a corto plazo). El sistema aeróbico de largo plazo predomina a alargarse el ejercicio más allá de varios minutos de duración.

Figura 1. Tipo de energía empleada en cada entrenamiento



Fuente: Educación Física y Deportes. Año 2, N° 7. Buenos Aires. Octubre 1997
<http://www.efdeportes.com/efd7/saav7.htm>

Uso de glucosa

El empleo de glucosa en la vía oxidativa aeróbica supone la combustión completa mitocondrial mediante la participación de sus intermediarios metabólicos en el ciclo de Krebs y la transferencia de sus electrones por la cadena respiratoria hasta aceptor final (oxígeno). Este proceso conlleva la degradación hasta CO_2 y H_2O (subproductos que, a diferencia del ácido láctico, no modifican el pH y no ocasionan fatiga alguna, este proceso es 19 veces más rentable que la vía anaeróbica).

Uso de la grasa

Los ácidos grasos almacenados como triglicéridos intramusculares o bien precedentes de la sangre circulante, entran en la vía metabólica de la Beta-oxidación mitocondrial que conlleva la producción de unidades de acetyl-CoA y su entrada al ciclo de Krebs.

Mientras que la glucosa aporta seis moléculas de ATP por átomo de carbono oxidado, el ácido palmítico aporta 130 moléculas de ATP y el ácido esteárico 147.

Si tomamos como referencia 3 kilos de grasa, el valor calórico representa 27 mil calorías lo suficiente para correr 336 km u 8 maratones. Cabe aclarar que la capacidad potencial de grasa corporal supera con mucho la capacidad física del ejercicio en ejecución continua, sobreviniendo la fatiga mucho antes de agotarse los depósitos de grasa.

Uso de la proteína

En cuanto a la proteína, su capacidad potencial de provisión energética es también elevada, pero mucho menor que la grasa. Hablando en términos teóricos, la proteína máxima utilizable es de unas 12 mil calorías, sin embargo, el uso de proteína como fuente energética es escasa y no supera el 5% de los requerimientos celulares.

Para su contribución, algunos aminoácidos pueden transformarse en glucosa mediante gluconeogénesis.

La implantación metabólica de uno u otro sistema depende no solo de la velocidad metabólica capaz de suministrar ATP en el momento que se le necesite, sino también de la capacidad de irrigación muscular con el adecuado aporte de oxígeno.

Enzima creatina quinasa sérica como biomarcador en el control del entrenamiento deportivo

Los niveles totales de creatinfosfoquinasa (CPK) dependen de la edad, sexo, raza, actividad física, masa muscular y la condición física. Se pueden encontrar niveles altos de CPK sérica en sujetos aparentemente sanos con alto entrenamiento físico, ya que dependen de daño muscular: es sabido que el ejercicio intenso daña las células del músculo esquelético resultando en mayor cantidad de CPK en plasma.

En individuos sanos y deportistas, la presencia elevada de CPK sérica es consecuencia de daños en la membrana del sarcolema. El daño es, probablemente, proporcional a la duración y la intensidad de las contracciones, y se relaciona con la gravedad del dolor muscular. El pico en plasma se alcanza 24 h después del final del ejercicio, y la presencia de la CPK puede permanecer elevada durante 48-72 h ⁵⁹.

El ejercicio extenuante puede provocar daño muscular, evidenciándose por el dolor muscular de aparición tardía, pérdida de fuerza, debilidad, sensibilidad y aumento de los niveles en sanguíneos de proteínas y enzimas del miocito como la CPK, el lactato deshidrogenasa (LDH) y la mioglobina ⁵⁹.

Brancaccio *et al.*, realizaron muchos estudios acerca de los niveles de CPK total y determinaron que dependen de la edad, sexo, la raza, la masa muscular, la actividad física y las condiciones climáticas. Los altos niveles de CPK en suero en sujetos aparentemente sanos se relacionan con el entrenamiento físico y daño en la estructura muscular ⁶⁰.

Según Noakes, el incremento en la actividad enzimática, especialmente de la CPK, después del ejercicio, se registró por primera vez en 1958, estudios posteriores demostraron que muchos son los factores que determinan el incremento de estas enzimas durante y después del ejercicio ⁶¹.

Asimismo, se ha demostrado que después de ejercicios intensos de pesas, ejercicios isométricos, de velocidad, entrenamiento de resistencia de larga duración, como la maratón o la ultra maratón, se elevan los niveles séricos de CPK.

Según Brancaccio y Orrego los ejercicios donde se presentan elevadas acciones musculares de tipo excéntricas son las que inducen a un mayor incremento en las

concentraciones séricas de CPK, debido a que en estas acciones se propicia más al daño muscular que, en consecuencia, comprometen a la integridad de la estructura de la célula muscular^{62, 63}. La actividad total de la actividad de CPK en suero es elevada especialmente durante las 24 h posteriores a la sesión de ejercicio, y durante la recuperación la actividad enzimática retorna gradualmente a los niveles basales. Para una correcta interpretación de las concentraciones de CPK sérica, se debe tener en cuenta los distintos factores que influyen en ellas.

Valores de referencia

Los niveles de CPK en suero responden a la gran variabilidad individual entre los sujetos. Muchos estudios han establecido diversos valores de referencia que van desde los 100 a 150 U·L⁻¹ en mujeres y 200 a 250 U·L⁻¹ en hombres⁶³. Los resultados del estudio de Hartman *et al.*, permitieron agrupar una clasificación de acuerdo a la distribución de los valores de CPK en la población de deportistas evaluados por estos autores⁶⁴.

Tabla 2. Valores de referencia para clasificar las concentraciones séricas de CPK en deportistas

Clasificación	Mujeres	Hombres
<i>Concentración Baja</i>	<45 U.L ⁻¹	<65 U.L ⁻¹
<i>Concentración Media</i>	70-80 U.L ⁻¹	95-110 U.L ⁻¹
<i>Concentración elevada</i>	>80 U.L ⁻¹	>150 U.L ⁻¹
<i>Valor Límite</i>	1150 U.L ⁻¹	> 3000 U.L ⁻¹

Fuente: Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc*, 2000; 32(1): 209-15

A modo de conclusión, la determinación de los niveles séricos de CPK es un marcador bioquímico de gran utilidad para valorar el estrés muscular que causa la carga de entrenamiento en los deportistas, para detección de cuadros de sobre entrenamiento, para prevenir lesiones de una fuerza muscular alterada y para monitorear los procesos de recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio.

Efecto de los carbohidratos en el deporte

Gracias a la vasta información en el tema, sabemos que las fuentes de energía más importantes durante el ejercicio son los carbohidratos y las grasas. Si bien los mecanismos no son del todo claros, se ha podido comprobar que la ingesta de carbohidrato durante el ejercicio mejora tanto la capacidad como el rendimiento deportivo ^{52, 65}.

En el estudio publicado sobre los efectos de la ingesta de una bebida energética y su impacto en el desempeño y recuperación, concluyeron que las bebidas comerciales con una solución de carbohidratos y electrolitos reponen e hidratan, y son más eficientes que el agua sola, además ayudan a una mejor recuperación comparadas al agua sola, a los deportistas que practican varias actividades en el mismo día ⁶⁶.

En general, para las actividades mayores de 2 h, la ingesta de una bebida con carbohidratos evita la hipoglicemia manteniendo la oxidación de la glucosa en ritmos adecuados y mejorando la capacidad y el rendimiento cuando es comparado con un placebo. Con únicamente 20 g de carbohidrato por hora Fielding *et al.* pudieron observar beneficios positivos en el rendimiento durante las actividades de larga duración ⁶⁷. Increíblemente, Chambers *et al.* demostraron que los beneficios de la ingesta de las bebidas energéticas durante la actividad no mejoran el rendimiento *per se*, sino, más bien, que los receptores orales al entrar en contacto con la glucosa le mandan una señal al cerebro la cual mejora el rendimiento en el deportista ⁶⁸.

Según Rodríguez *et al.* por mucho tiempo, la recomendación ha sido de 20 g de carbohidratos por hora, sin embargo, en la actualidad se han probado diferentes concentraciones de bebidas para poder encontrar la cantidad ideal ⁶⁹. Jenjents *et al.* comprobaron que el cuerpo puede oxidar 1 g de glucosa por minuto, lo que sencillamente se traduce a 60 g de carbohidratos por hora ⁷⁰.

Efecto de la proteína en el deporte

El tejido muscular tiene una enorme capacidad de adaptarse estructuralmente a los cambios en los músculos en uso o desuso. Esto permite una correcta adaptación, sobre todo en ejercicios prolongados, con el fin de mejorar la capacidad de rendimiento. La plasticidad muscular se facilita por el hecho de que el tejido muscular esquelético cambia a una tasa de 1–2 % al día, con tasas de síntesis de proteína muscular entre 0,04 y 0,14% por hora a través del día.

La síntesis de proteína está regulada por dos estímulos anabólicos principales: la dieta y la actividad física. La dieta, específicamente los alimentos altos en proteína, elevan directamente la síntesis de proteína muscular. Según Moore *et al.* el consumo de 15 a 20 g de proteína eleva las tasas de síntesis de proteína muscular durante las 2-5 h siguientes al ejercicio de resistencia, donde su impacto directo es la síntesis de proteínas mitocondriales. El otro estímulo es el deporte, que estimula la síntesis de proteína por hasta 24 h después de la actividad ⁷¹.

Se ha estimado que la proteína contribuye aproximadamente del 5 al 15% del total de energía demandada durante el ejercicio de resistencia. Como este requerimiento es muchísimo menor comparado al carbohidrato, la proteína ha sido ignorada y dejada de lado como potencial ingrediente de las bebidas deportivas consumidas durante la actividad. Sin embargo, se hacen cada vez más estudios como los de Ivy *et al.* y Saunders *et al.* donde se demuestra que la adición de proteína a las bebidas energéticas mejora considerablemente la resistencia, la recarga de glucógeno y la pronta recuperación del daño muscular producto del ejercicio cuando se comparan a las bebidas únicamente en base a carbohidratos ^{30, 49}.

Si bien se sabe que la proteína puede ser algo ineficiente cuando es usada únicamente como combustible, sobre todo cuando el ejercicio es demandante, sin embargo, según Spiller *et al.* existen otras cualidades fisiológicas relevantes que ofrece la proteína, las cuales afectan positivamente el rendimiento deportivo cuando esta es combinada con carbohidratos. Por ejemplo, cuando se le añade proteína a una bebida energética se incrementa la biodisponibilidad de los aminoácidos incrementando de esta manera la salida de insulina y disminuyendo los niveles de cortisol, lo que genera un impacto en la glucosa y en la oxidación de las grasas, ocasionado que se ahorre de manera positiva el glucógeno y que se inhiba el catabolismo de proteína muscular. En la publicación de Spiller se recomienda un consumo de entre 7 a máximo 45 g de proteína cuando es incluida como parte de una bebida energética ⁷².

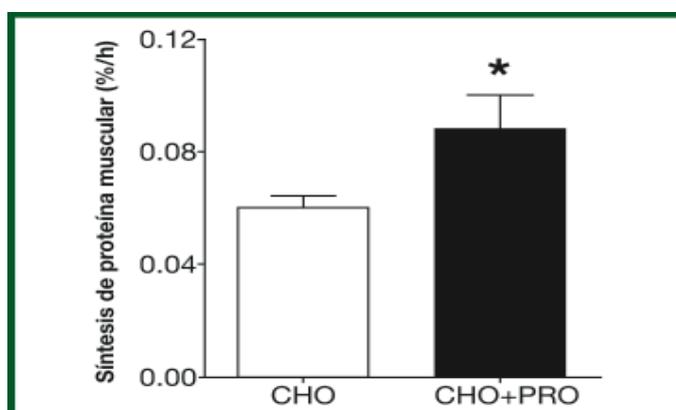
Es importante aclarar que el balance neto de proteína muscular permanecerá negativo hasta que se consuma alimento. En otras palabras, la correcta nutrición es indispensable para permitir un adecuado reacondicionamiento muscular y es un prerrequisito para que pueda ocurrir la síntesis de proteína. Según Moore⁷¹, el mismo estudio pudo demostrar que cuando se consume proteína después de la sesión de ejercicio, las tasas de síntesis de proteína muscular incrementan a un nivel mucho mayor y por un tiempo más prolongado

cuando se compara con la respuesta normal después de comer. Pennings *et al.* pudo comprobar algo más interesante aun, cuando se realiza ejercicio previo al consumo de proteína, al momento de consumir esta proteína se aprovecha más y mejor la síntesis de nuevas proteínas musculares ⁷³.

Existen trabajos previos, como el de Hartman, que demuestran que la suplementación con proteína representa una estrategia dietética efectiva para aumentar la respuesta adaptativa del musculoesquelético a entrenamientos más prolongados que dan como resultado mejor capacidad de rendimiento ⁷⁴.

La clave, desde mi punto de vista, es poder encontrar el momento ideal de consumo para que pueda ser aprovechada al máximo. Levenhagen *et al.* fueron los primeros en reportar un balance neto de proteínas mayor, después de consumir un suplemento de proteína inmediatamente después del ejercicio ⁷⁵. Es por eso que hoy en día se recomienda consumir 20 g de proteína inmediatamente después de hacer deporte, con el fin de optimizar el reacondicionamiento pos ejercicio. Sin embargo, y siendo la información que necesito para comprobar mi estudio, trabajos más recientes como el de Beelen *et al.* sugieren que la proteína debe consumirse durante el ejercicio para estimular aún más el aumento de proteína muscular post ejercicio ⁷⁶.

Gráfico 1. Tasa de síntesis fraccional de proteína muscular mixta durante el ejercicio después de consumir carbohidratos (CHO) o carbohidratos más proteínas (CHO+PRO)



Consumo de proteína de la dieta antes y durante el ejercicio de fuerza, estimula la síntesis de proteína muscular durante el ejercicio. Tasa de síntesis fraccional de

**proteína muscular mixta durante el ejercicio después de consumir carbohidratos (CHO) o carbohidratos más proteínas (CHO+PRO).
Los valores representan medias \pm SEM (error estándar de la media)**

Fuente: Figura redibujada de Beelen *et al.* (2008) Am J Physiol. 295: E70-77. American Physiological Society *Significativamente diferente de CHO.

Ivy *et al.* fueron los primeros en publicar un artículo en el cual reportaron un aumento en la capacidad de rendimiento en ciclistas entrenados después del consumo de carbohidratos más proteína durante ciclismo prolongado ¹⁸.

Los autores demostraron que después de proporcionarles a nueve ciclistas una bebida energética enriquecida con proteína, mejoró el rendimiento en el ejercicio de resistencia cuando se comparó con la bebida solo de carbohidratos. Por lo tanto, el consumo de proteína ya sea provenientes de alimentos o suplementos antes y o durante sesiones de entrenamiento con ejercicios de larga duración, puede inhibir el catabolismo y, por el contrario, aumentar la síntesis de proteína muscular y con un mayor aumento de la respuesta adaptativa del musculoesquelético al entrenamiento. La coingesta de proteína durante el ejercicio puede mejorar la eficiencia del entrenamiento y, según Sterns *et al.* no solo mejora la eficiencia, sino que, además, incrementa la recuperación muscular después del ejercicio intenso ⁷⁷.

Efecto de la arginina en el deporte

La arginina es un aminoácido semiesencial el cual se convierte en un aminoácido esencial en condicionales especiales como estrés metabólico, problemas renales o intestinales. Sin embargo, últimamente se ha posicionado como uno de las últimas ayudas ergogénicas en el deporte para optimizar la fuerza y recuperación muscular, tanto en los deportes de potencia como de resistencia.

Se dice que la arginina promueve la vasodilatación por el incremento en la producción del óxido nítrico en el músculo activo durante la misma actividad, optimizando de esta manera la utilización de sustratos para producir energía, y eliminado eficientemente los metabolitos de desecho como el lactato y el amoniaco.

La arginina desempeña un papel importante en varias rutas metabólicas, como la síntesis de creatina y agmatina; además, es clave en la conversión de la ornitina en urea, siendo un paso esencial para eliminar los componentes tóxicos del organismo. Además, la arginina

es importante para la producción del óxido nítrico, un potente vasodilatador, el cual logra que las concentraciones de cGMP aumenten, resultando en la relajación de los músculos lisos y en la vasodilatación. En varios estudios como el de Morrison, Doshi, Smith y Sellman se han podido demostrar como el óxido nítrico afecta de forma positiva la fuerza y la potencia, la síntesis de proteína, la vasodilatación, y la homeostasis de la glucosa ⁷⁸⁻⁸¹.

Se exalta que la suplementación con arginina modula la producción de ON (óxido nítrico) lo que incrementa la perfusión sanguínea a los tejidos, afectando de manera positiva el resultado de los deportistas que participan en actividades tanto aeróbicas como de resistencia. En la mayoría de estudios usan de 3 a 6 g de arginina, sin embargo, en el producto usado en el presente estudio hay 500 mg por toma.

Efecto de la glutamina en el deporte

La glutamina es considerada un aminoácido no esencial, significa que el organismo puede sintetizarlo a partir de grupos amino presentes en los alimentos. Se trata del aminoácido más abundante en los músculos del ser humano (llegando a casi el 60% de los aminoácidos presentes) y está muy relacionado con el metabolismo que se realiza en el cerebro. Además, según Parry-Billings, la glutamina es importante en la regulación ácido-base, gluconeogénesis y como precursor de las bases del antioxidante glutatión, pero, por, sobre todo, la glutamina se considera importante ya que provee energía a los linfocitos, por lo que se le atribuye mayor importancia en la función inmune ⁸².

Con respecto a la regulación ácido- base, la glutamina posee un efecto tampón que neutraliza el exceso de ácido en los músculos (tal y como es el ácido láctico) generado especialmente en la práctica del ejercicio anaeróbico intenso. Este tipo de ácidos, acumulados en los músculos de los deportistas, son una de las principales causas de la fatiga, además del catabolismo, el efecto tampón se plasma en la disminución de la carga positiva de los iones H⁺ procedentes de los ácidos. Algunas investigaciones como las de Varnier y Bowtell han demostrado que la glutamina previene la pérdida de masa muscular en tiempo de reposo, o bien cuando se desea realizar trabajo aeróbico intenso ^{83, 84}.

La mayor parte de las fuentes proteínicas contienen cantidades apreciables de glutamina, pero, debido a la rápida velocidad con que el organismo procesa este aminoácido, incluso

los atletas que siguen una dieta hiperproteica, suelen necesitar de una cantidad adicional. Se ha estudiado la asociación glutamina muscular/síntesis proteica, donde se confirma que los suplementos de glutamina detienen la tasa de catabolismo inducido por el ejercicio, resultando en un incremento de la síntesis proteica (anabolismo natural), lo cual se traduce en un incremento de la masa muscular magra.

Según Piattoly *et al.* en su estudio sobre suplementación con glutamina y sus efectos en el desempeño y recuperación, concluyen que a corto plazo la glutamina no presenta efectos en la recuperación inmediata, pero sí mejora el desempeño en atletas bien entrenados ⁸⁵. Hay varios estudios que sugieren que una suplementación oral de glutamina de entre 3 y 6 g diarios podría ayudar a los atletas a prevenir algunos de los síntomas del sobreentrenamiento.

En síntesis, el nivel de glutamina en el músculo esquelético está relacionado con los niveles proteicos internos de diversos tejidos. El ejercicio intenso por períodos prolongados puede causar una disminución en los niveles sanguíneos de glutamina, asociado con el sobreentrenamiento y otros estados catabólicos.

Según Holecek M. establece que existen fuertes evidencias que demuestran que el mantenimiento de niveles elevados de glutamina intramuscular es esencial para prevenir el desgaste muscular ⁸⁶.

Efecto de la vitamina C en el deporte

El ejercicio intenso induce a la producción de ROS (especies reactivas de oxígeno) tanto en el músculo como en diversos órganos. Gracias a los estudios de Davies y Koren se ha podido recomendar el incremento de las concentraciones de antioxidantes como protectores de los radicales libres con el fin de reducir la fatiga muscular ^{87,88}. Sin embargo, Hathcock afirma que los ROS son importantes para que pueda haber una mejor adaptación al entrenamiento ⁸⁹.

En un estudio realizado por Lack *et al.* quisieron comprobar la dosis ideal de vitamina C, proporcionándoles a ratas 500 mg y a deportistas 1000 mg de vitamina C al día, la cual se le conoce como una dosis común recetada por otros profesionales. Como resultado, se pudo demostrar que la administración de vitamina C aumentó significativamente las

concentraciones plasmáticas de los antioxidantes, tanto en los deportistas como en las ratas. Lo más significativo es que se pudo comprobar que la vitamina C modula la capacidad de resistencia, lo que significa un mejor desempeño para el deportista ⁹⁰.

Efecto de la suplementación con electrolitos en el deporte

La pérdida de líquido (deshidratación), electrolitos y glucógeno son las mayores causas de fatiga cuando se trata de deportes de larga duración, así lo comprueban los científicos Andrews y Arkinstall. La deshidratación producto del incremento de la temperatura corporal puede ser la causa principal de fatiga hasta en temperaturas ambientales moderadas. La ingesta de líquidos, especialmente bebidas energéticas durante el deporte, aportan el carbohidrato para la recuperación de energía y el agua producto del exceso de sudoración ⁹¹⁻⁹².

Muchos estudios, como el de Chryssanthopoulos y Sanders, han demostrado que las suplementaciones con bebidas energéticas en actividades de larga duración mejoran el desempeño manteniendo, el nivel de glucosa adecuado y las bebidas enriquecidas con electrolitos, manteniendo el balance hídrico previniendo de esta manera el inicio de la fatiga ^{93, 94}.

Si bien, el agotamiento del glucógeno marca la fatiga en el deportista, se ha demostrado que el impacto causado por termorregulación y la pérdida de líquidos -así sea moderada- perjudica la capacidad para realizar bien el ejercicio, afectando la calidad del entrenamiento y el desenvolvimiento del deportista. Es por eso que la hidratación empieza antes de realizar el deporte y tiene que seguir durante y después de la actividad, ya que la idea de que “el organismo se adapta a la deshidratación” es falsa ⁹⁵.

Junto a la pérdida de agua, la pérdida de electrolitos, sobre todo cuando el sudor es abundante, puede ser significativa, especialmente cuando se habla del sodio, potasio y magnesio, los cuales cumplen un papel importante en la función muscular y nerviosa, pero, especialmente, porque son los que regulan la correcta distribución del agua en el organismo ⁹⁶.

Suero de leche

La proteína de suero de leche (*whey protein*) es una colección de proteínas globulares que pueden ser aisladas del suero de leche, un subproducto procedente de la producción de productos lácteos como el queso. El suero de leche posee el mayor valor biológico de todas las proteínas conocidas, es decir, que un alto porcentaje se transforma en proteína muscular durante las actividades metabólicas.

En los últimos años se han reconocido a los componentes de la leche como alimentos funcionales, sugiriendo que su uso tiene un efecto directo y cuantificable en los resultados de salud ⁹⁷. Hace un tiempo atrás, el suero de leche, un subproducto en la fabricación de quesos, era considerado como un producto de desecho.

Las dos fuentes principales de proteína de la leche son la caseína y el suero siendo hoy en día un suplemento muy popular.

Tipton y colegas suplementaron a cuatro atletas con 13,4 gramos de proteína de suero de leche mezclada con 35 gramos de sacarosa lo que logró un aumento de 100 a 400% de los niveles de aminoácidos esenciales en sangre de 10 a 30 min posteriores a la toma. Esto demuestra que la combinación de pequeñas dosis de proteína con carbohidratos (3:1 ratio) estimula efectivamente la síntesis proteica ⁹⁸.

Glutamina

Es un aminoácido no esencial, lo que significa que el organismo puede sintetizarlo a partir de grupos amino presentes en los alimentos. Se trata del aminoácido más abundante en los músculos del ser humano (llegando a casi el 60% de los aminoácidos presentes) y está muy relacionado con el metabolismo que se realiza en el cerebro.

La glutamina posee un efecto tampón que neutraliza el exceso de ácido en los músculos (tal y como es el ácido láctico) generado especialmente en la práctica del ejercicio anaeróbico intenso. Este tipo de ácidos, acumulados en los músculos de los deportistas, son una de las principales causas de la fatiga, además del catabolismo, el efecto tampón se plasma en la disminución de la carga positiva de los iones H⁺ procedentes de los ácidos. Algunas investigaciones han mostrado que la glutamina previene la pérdida de masa muscular en tiempo de reposo, o bien cuando se desea realizar trabajo aeróbico intenso.

En humanos, la concentración de glutamina en todo el organismo es de 20 mmol/L⁹⁹ donde 0,6 mmol/L se encuentran en el plasma. Cuando hay falta de alimento, las concentraciones de glutamina disminuyen considerablemente. Durante periodos de estrés como en el ejercicio, las concentraciones de cortisol aumentan generando una proteólisis muscular y un aumento en la secreción de glutamina. Dentro de los órganos que pueden sintetizar y generar la salida de glutamina al torrente sanguíneo se encuentran el hígado, los músculos, el tejido adiposo y los pulmones. Sin embargo, los músculos son los más importantes ya que pueden sintetizar y almacenar glutamina la cual es captada por los intestinos, hígado, riñones y algunas células del sistema inmune. Un promedio de 8 a 9 g de glutamina al día se secreta de la musculatura entera¹⁰⁰. Hiscock y Mackinnon encontraron que la cantidad de glutamina varía de acuerdo al deporte. Por ejemplo, los ciclistas tienen mayor concentración de glutamina que cualquier otro deporte estudiado (la menor cantidad se encontró en pesistas)¹⁰¹. Estudios demuestran que para carreras de menos 30 km no varía la concentración de glutamina^{83, 102, 103}; sin embargo, para entrenamiento más largos, la glutamina puede decaer hasta en un 25%. Smith *et al.*¹⁰⁴ hicieron un interesante aporte donde sugirieron que la ratio de glutamina a glutamato es un marcador de tolerancia en deportistas que realizaron entrenamientos intensos. Los atletas con sobre entrenamiento marcaron menos de 3,58, mientras que los mejores entrenados estaban arriba de 5,88. Tanto el glutamato como la alanina son subproductos del metabolismo de la glutamina, por lo que no es difícil de entender que un incremento del glutamato en el plasma sugiere una intensa actividad deportiva. Se ha demostrado que el 50% de la glutamina proveniente de la dieta es utilizada por el intestino⁹⁹. Sin embargo, la administración de 5 g de glutamina a deportistas, como parte de una bebida después de un ayuno nocturno, incrementa considerablemente las concentraciones de glutamina en el plasma, lo que sugiere estudios en la cantidad adecuada y el tiempo de la toma para obtener mejores beneficios. A menor cantidad de glutamina, mayor es la susceptibilidad a las infecciones, un deportista con bajas defensas es un deportista con menores probabilidades de entrenar con todo su potencial.

Arginina

Es un aminoácido semiesencial que se vuelve esencial en condiciones especiales como estrés catabólico, crecimiento y disfunciones intestinales y renales. L- Arginina cumple una función fundamental en los procesos metabólicos, sobre todo la síntesis de creatina y agmatina, también para poder eliminar sustancias tóxicas nitrogenadas. Además, la arginina es importante para la producción de óxido nítrico, un potente vasodilatador y

regulador muscular en la producción de fuerza, vasodilatación, síntesis proteica y homeostasis de la glucosa (entre otros).

Vitamina C

La vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, es una vitamina soluble en agua. Es necesaria para la síntesis de colágeno, un componente estructural importante de los tendones y ligamentos. Además, la vitamina C es necesaria para la síntesis de carnitina, esencial para el transporte de ácidos grasos a las mitocondrias, para su conversión en energía. La vitamina C también es un antioxidante muy eficaz. Protege diversas moléculas en el cuerpo y reactivas moléculas de oxígeno que pueden ser generadas durante el metabolismo normal (especialmente durante el ejercicio físico).

1.3 Objetivos e hipótesis

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C comparada con una bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportista ciclistas en Lima 2015.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar las características de la composición corporal de los deportistas ciclistas a quienes se les administró de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C, en Lima en el 2015.
2. Comparar los niveles de ácido láctico en plasma al final del entrenamiento en las dos fases del estudio en el grupo a los que se le administra una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y en el grupo al cual se le administra una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de la intensidad del ejercicio en Lima en el 2015.
3. Comparar los niveles de creatinfosfoquinasa en plasma antes y después de la administración de una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de

leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y de una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de inflamación muscular en Lima en el 2015.

1.3.3 Hipótesis

H1: Existen diferencias significativas en los niveles de creatinfosfoquinasa antes y después de la administración de bebida enriquecida con carbohidrato, proteína, glutamina, arginina, vitamina C y electrolitos, comparada con bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015.

H0: No existen diferencias significativas en los niveles de creatinfosfoquinasa antes y después de la administración de bebida enriquecida con carbohidrato, proteína, glutamina, arginina, vitamina C y electrolitos, comparada con bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015.

CAPÍTULO II

MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de estudio

Estudio Cuantitativo

Diseño

Según el control de la asignación de los factores de estudio

Diseño cuasiexperimental de un grupo deportistas de alta competencia en ciclismo con medición antes y después.

En la primera fase se manipuló la variable independiente mediante la administración de bebida energética con 45 g de azúcares y electrolitos. Después de siete días se realizó la segunda fase, al mismo grupo se le administró una bebida enriquecida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C, con medición pre y post tratamiento de la variable respuesta (creatinfosfoquinasa) en ambas fases.

El modelo experimental del presente estudio tiene como objetivo determinar la eficacia de una bebida enriquecida con suero de leche en deportistas ciclistas en la recuperación post-entrenamiento.

Para llevar a cabo el presente estudio se revisaron estudios de investigación preclínica en laboratorio y en animales donde se demostró la actividad biológica y evaluó su seguridad. Se revisaron también, los estudios que investigaron la etapa del desarrollo clínico en seres humanos como el de Ferguson-Stegall (117), donde se comprobó el efecto de una bebida baja en carbohidratos con proteína añadida en el rendimiento de resistencia de ciclismo en atletas entrenados y el de Saunders (114) que se basó en el consumo oral de un gel con carbohidratos y proteínas y su impacto en la mejora de la resistencia y la prevención del daño muscular posterior al ejercicio; ambos estudios con resultados positivos.

El presente estudio pertenece a la evaluación de tratamientos no farmacológicos cuyos resultados dependen en gran medida de mi experiencia previa en el campo profesional de la nutrición, sin embargo, la evaluación de la eficacia de la bebida enriquecida con suero de leche entraña dificultades metodológicas, es así como debido a la existencia de múltiples componentes y la gran variabilidad del estado biológico del deportista se comparó la eficacia de la bebida con suero de leche con la bebida hidratante teniendo como control el mismo grupo de deportistas ciclistas controlando la variabilidad biológica.

Según la Finalidad del estudio

Estudio analítico porque su finalidad fue evaluar la relación causal entre el factor de estudio (bebida enriquecida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C,) y un efecto, respuesta o resultado (creatinfosfoquinasa)

Según la secuencia temporal

Estudio Longitudinal, porque se midió las variables independientes (intervención) y dependiente (creatinfosfoquinasa) en dos oportunidades al inicio y al final del estudio.

Según el inicio del estudio en relación con la cronología de los hechos

Estudio Prospectivo porque el inicio del estudio fue anterior a los hechos estudiados.

Diagrama del diseño de investigación

Diseño de un grupo con medición antes y después:

GE: Grupo experimental

X1: intervención (bebida con carbohidratos y electrolitos)

X2: intervención (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C)

01 y 03: Medición de creatinfosfoquinasa antes de la intervención

02 y 04: Medición de creatinfosfoquinasa posterior a la intervención

GE: 01 ----- X 1 ----- 02 _____ 03 ----- X2 ----- 04

2.2 Población y muestra

Población Objetivo

Deportistas de alta competencia en ciclismo.

Población Accesible o de estudio

Deportistas de alta competencia en ciclismo del Distrito de la Molina de Lima 2015.

Población Elegible

Siete deportistas de alta competencia en ciclismo del Distrito de la Molina que cumplieron con los criterios de selección.

2.3 Criterios de selección

Según Nelson Carreño académico de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física de la Universidad San Sebastián, afirma que “para ser considerado un deportista elite o profesional deben tener un programa de entrenamiento en lo físico, técnico, táctico, psicológico y nutricional de carácter personal. En el ámbito físico deben tender a maximizar sus cualidades, generalmente con una carga de 2 a 3 horas diarias”.

Criterios de Inclusión

- Deportistas de alta competencia en ciclismo.
- Deportistas de alta competencia que entrenen mínimo 12 horas a la semana de ciclismo, sin considerar otras actividades deportivas (natación, running, crossfit).
- Deportistas de alta competencia en ciclismo en edades comprendidas entre 30 y 60 años.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo de cualquier raza.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo que tengan mínimo secundaria completa.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo de cualquier estrato socioeconómico.

- Deportistas de alta competencia en ciclismo de cualquier profesión.

Criterios de exclusión

- Deportistas de alta competencia en ciclismo de cualquier raza que al momento del estudio tomen algún medicamento que sea estimulante o que cause depresión
- Deportistas de alta competencia en ciclismo que padezcan de enfermedad metabólica, cardíaca, pulmonar o renal.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo que sean fumadores, bebedores de alcohol, usen drogas.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo que tengan inadecuados hábitos dietéticos.
- Deportistas de alta competencia en ciclismo que tengan trastornos mentales.

2.4. Variables

Variable independiente

Bebida enriquecida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C

Variable dependiente

Creatinfosfoquinasa
Ácido láctico

Variables intervinientes

Edad
Género

2.5 Instrumento

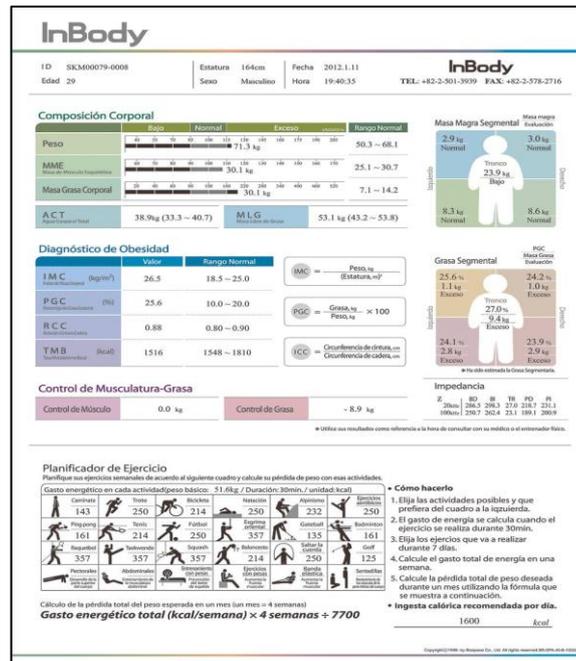
- Analizador de composición corporal tetrapolar, multifrecuencial, profesional Inbody 230.

Parámetros de medida

Composición corporal

- Peso, masa de músculo esquelético, masa grasa, agua corporal total.
- Masa libre de grasa.
- Diagnóstico de obesidad: índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal, relación cintura-cadera, metabolismo basal.
- Control músculo-grasa.
- Análisis gráfico segmental.
- Masa magra segmental (valor en kg y evaluación).
- Masa grasa segmental (valor en kg y porcentajes y evaluación).

Figura 2. Ficha de resultados de la medición en la balanza In-Body 230.



Fuente: Microyana,
<http://www.microcaya.com/productos/equipos-de->

En reposo se obtuvo una muestra de sangre venosa de 10 mL con la cual se midieron las variables sanguíneas de ácido láctico y creatinfosfoquinasa (CPK).

Figura 3. Muestras de sangre por cada participante

Nombres y Apellidos:			
Responsable:			
Edad:		Código de atención:	002201
Muestra:	Sanguínea		
Fecha de toma de muestra:	27 de junio 2015	Fecha de análisis:	27 de junio 2015

Examen Realizado	Resultados	Rangos de Referencia	Unidades
Creatinfosfoquinasa (CPK)	137	26.00 - 140.00	U/L
Método: Enzimático Cinético – UV (IFCC)			
Ácido Láctico	5*	0.50 - 2.20	mmol/L
Método: Enzimático Colorimétrico (Lactato Oxidasa, LO)			
Insulina basal	12.32	2.60 – 24.90	µIU/mL
Método: Inmunoensayo de Electroquimioluminiscencia (A-E-ECLIA)			
Glucosa sérica	145*	Antes de comer < 110 Postprandial < 140	mg/dL
Método: Enzimático Colorimétrico (GOD-PAP)			

Fuente. Instituto de Investigación de Enfermedades Infecciosas S.A.C. Laboratorio de Biología Molecular. Ph.D Juana del Valle Mendoza. www.iiei.com.pe

Para la medición de creatinfosfoquinasa (CPK) se utilizó el método enzimático cinético – UV(IFCC).

Para la medición de ácido láctico se utilizó el método enzimático colorímetro (lactato oxidasa, LO).

2.6. Técnicas y procedimientos

Todos los participantes fueron informados de los potenciales riesgos y beneficios asociados con la participación en el estudio. Los sujetos en estudio firmaron una carta de consentimiento informado. Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad San Ignacio de Loyola.

El diseño experimental se desarrolló en dos fases para poder determinar las diferencias de rendimiento y recuperación después de la ingesta de dos bebidas con diferente

composición. Todos los ciclistas llegaron al punto de encuentro ubicado en el distrito de La Molina a las 6:00 h, tras diez horas de ayuno y habiendo cenado el día previo a la prueba un plato de pasta con salsa de tomate y queso fresco picado.

Se les entregó vía correo electrónico una serie de pautas para que las tengan en consideración los días previos al estudio con referencia al libro de Louise Burke¹⁰⁸.

Recomendaciones dadas a los participantes:

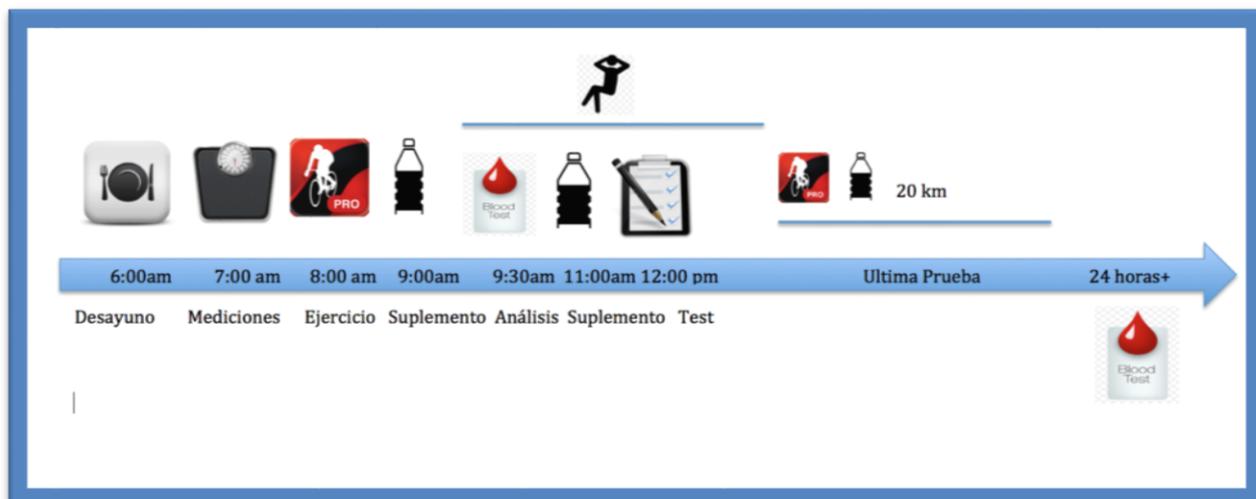
- El entrenamiento será el habitual, la idea es que la rutina no cambie para que los resultados sean lo más exactos posibles.
- No se podrá beber alcohol como mínimo, 3 días antes del estudio
- La dieta tendrá que estandarizarse y no se podrán consumir suplementos nuevos, como mínimo, 3 días antes del estudio.

Tabla 2. Esquema de alimentación previo al estudio

		Jueves	Viernes	Sábado
Desayuno	Cereal tipo granola. Leche habitual o yogur natural con miel. Fruta picada.	Huevos revueltos. Pan integral Una fruta.	Avena entera. Leche de costumbre. Fruta.	Estudio.
Medio día	Barrita de cereal.	Yogur griego con miel.	Plátano con miel.	
Almuerzo	Bajo en condimentos y frituras, con abundantes verduras	Bajo en condimentos y frituras, con abundantes verduras	Bajo en condimentos y frituras, con abundantes verduras	
Media tarde	Un huevo duro, dos panes pita.	½ palta con aceite de oliva.	Galletas integrales.	
Cena	Pasta con verduras y atún.	Pasta con huevo duro.	Pasta con salsa de tomate y queso fresco.	
Bebidas	Libre	Libre	Libre	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 4. Representación esquematizada del estudio



Fuente: Elaboración propia, 2016

PRIMERA FASE

Se dispusieron a tomar desayuno basado en jugos de frutas naturales, fruta de estación fresca picada, cereales integrales (trigo atómico, granola, cereal integral con almendras), avena, quinua pop, yogur griego natural, queso fresco, jamón de pechuga de pavo y huevo duro. Todos consumieron lo de costumbre. El objetivo era que no cambiaran en lo absoluto lo que normalmente comen antes de salir a entrenar.

Figura 5. Desayuno previo al estudio



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 6. Opciones de desayuno previo al estudio



Fuente: Elaboración propia, 2016

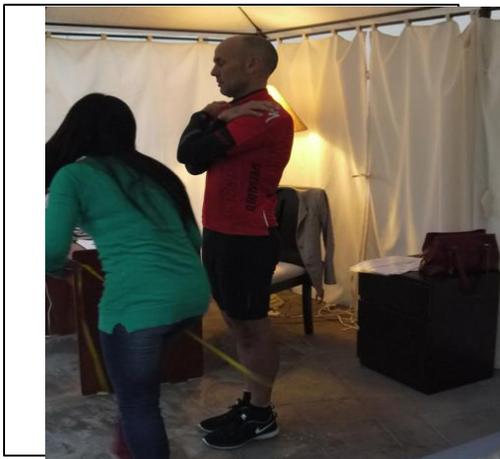
Figura 7. Participantes antes de salir al campo



Fuente: Elaboración propia, 2016

Seguidamente, se les registró sus medidas antropométricas en una balanza de bioimpedancia magnética In-Body 230, la cual, además de peso y talla, determina porcentaje de grasa y de masa magra.

Figura 8. Balanza profesional In-Body 230



Fuente: Elaboración propia, 2016

Inmediatamente después de las mediciones, los siete ciclistas salieron a pedalear por una hora, alcanzando los 20 km al 70% de VO_{2max} con el objetivo de conseguir el agotamiento de las reservas del glucógeno muscular.

Inmediatamente después de pedalear regresaron al punto de partida y bebieron 750 mL de una bebida energética con 48 g de azúcares y electrolitos (marca comercial Gatorade®).

Tabla 3. Valores nutricionales de la bebida energética gatorade

NUTRIENTES	100 ml	750 ml	Valores Diarios de Referencia (%DV) basada en una dieta de referencia de 2,000.
Calorías	26	195	10%
Azúcares	6.4 g	48 g	16%
Proteína	0 g	0 g	0%
Grasa	0 g	0 g	0%
Fosforo	10 mg	75 mg	11%
Potasio	15 mg	113 mg	3%
Sodio	39 mg	292 mg	12%
Flúor	34 mcg	255 mcg	8%

Fuente: FAO/OMS –Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series 916 Geneva, 2003.

Figura 9. Bebida comercial rehidratante



Fuente: Elaboración propia, 2016

Tras un breve periodo, se procedió a extraer las muestras de sangre venosa, en reposo. Se midieron las variables sanguíneas como insulina, glucosa sérica, ácido láctico y creatinfosfoquinasa (CPK).

Figura 10. Análisis de sangre a los participantes



Fuente: Elaboración propia, 2016

Inmediatamente después de los análisis de sangre, volvieron a salir al campo a pedalear la misma ruta de 20 km a la misma velocidad.

Al día siguiente, después de 24 h, los ciclistas se acercaron al laboratorio para dar muestras de sangre para medir únicamente el biomarcador CPK.

SEGUNDA FASE

El mismo estudio se completó después de siete días, el procedimiento fue exactamente el mismo, pero esta vez la bebida que se les suministró era una bebida energética enriquecida con proteína de suero de leche, electrolitos, aminoácidos y vitamina C.

Información nutricional de la Bebida RCOVR+ en 36 gramos de porción

Figura 11. Bebida RCOVR+ mezcla de proteína de suero de leche, carbohidratos, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 4. Valores nutricionales de la bebida RCOVR+

NUTRIENTES	PORCIÓN DE 36 g	Valores Diarios de Referencia (%DV) basada en una dieta de referencia de 2,000.
Calorías	123	6%
Carbohidratos	23 g	8.6%
Proteína	6.8 g	13.6%
Calcio	100 mg	10%
Magnesio	120 mg	30%
Sodio	160 mg	6.6%
Potasio	90 mg	2.5%
Vitamina c	60 mg	100%
L –glutamina	1500 mg	*
L -arginina	500 mg	*



Fuente: FAO/OMS –Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series 916 Geneva, 2003.

2.7 Análisis de datos

El análisis de datos cuantitativos se realizó mediante el programa de STATA versión 14.

Se midió la variable respuesta (creatinfosfoquinasa) que es una variable cuantitativa numérica continua.

Se exploró y analizó las variables de estudio.

Se evaluó la confiabilidad y validez del instrumento.

Se realizó un análisis descriptivo de cada variable, mediante distribución de frecuencias, medidas de tendencia central, medias de variabilidad, gráficas, tablas de asociación y tablas de medidas de resumen.

Se estimaron las medias de la variable cuantitativa ácido láctico al final del entrenamiento en la primera fase (administración de bebida con carbohidrato y electrolitos) y en la segunda fase (administración de bebida energética enriquecida con proteína de suero de leche, electrolitos, aminoácidos y vitamina C.) para ver diferencias significativas y poder contrastar la hipótesis con la muestra seleccionada mediante la prueba estadística de T de Student para muestras independientes.

Se estimaron las medias de la variable cuantitativa creatinfosfoquinasa al final de la primera fase (administración de bebida con carbohidrato y electrolitos) y en la segunda fase (administración de bebida energética enriquecida con proteína de suero de leche, electrolitos, aminoácidos y vitamina C.) para ver diferencias significativas y poder contrastar la hipótesis con la muestra seleccionada mediante la prueba estadística de T de Student para muestras independientes.

2.8 Consideraciones éticas

Se consideraron los principios éticos de Confidencialidad se solicitó un Consentimiento Informado Verbal. Se les explicó que la encuesta era anónima, y que, en cualquier momento, si ellos ya no deseaban continuar podía interrumpirla (respeto a la Autonomía).

En las preguntas se evitó preguntas incómodas para respetar la No Maleficencia. El presente estudio no tuvo implicancias éticas

CAPÍTULO III

3.1 RESULTADOS

Se evaluaron siete deportistas de alta competencia en ciclismo, cinco varones y dos mujeres en el distrito de la Molina.

Tabla 5: Composición corporal.

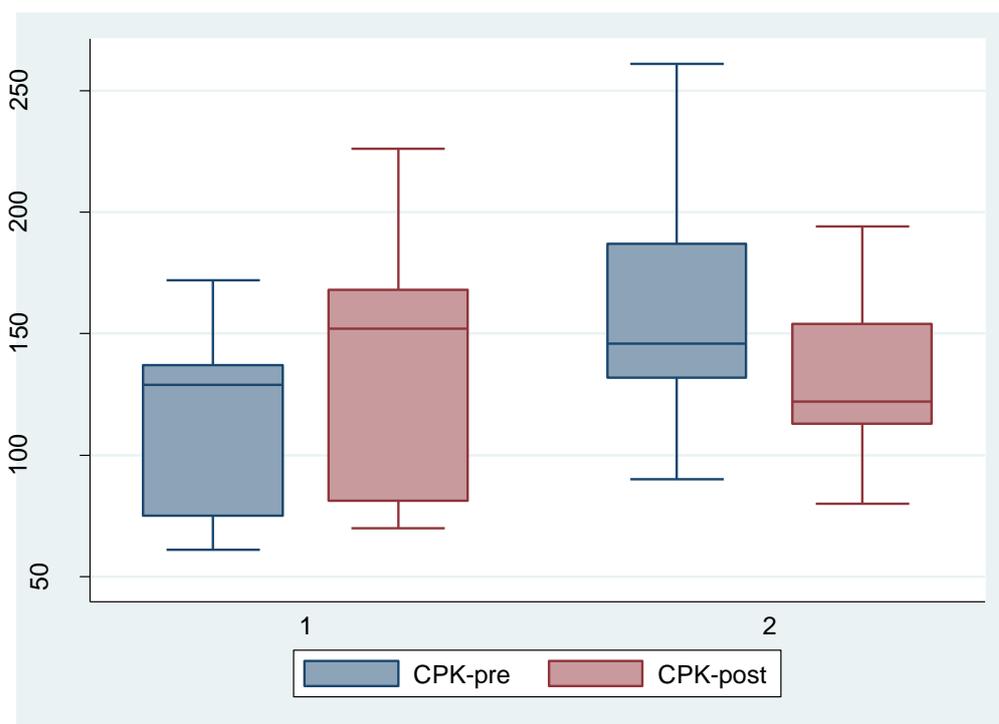
variable	N	Promedio	sd	min	p25	p50	p75	max
Edad	7	44,4	9,2	30	35	48	52	55
Estatura	7	177,1	8,4	164	170	177	185	186
Peso	7	74,6	13,9	52,2	63,8	78,2	87,8	90,2
Masa Muscular Esquelética (MME)	7	34,9	8,1	218	28,4	38,7	41,5	44
Masa Grasa Corporal	7	13,0	2,6	9,4	11,8	12,5	14,4	17,9
Agua Corporal Total (ACT)	7	45,1	9,6	29,5	37,5	49,8	53	55,8
Masa Libre de Grasa (MLG)	7	61,6	13,1	40,3	51,3	68,2	72,3	76
Índice de Masa Corporal (IMC)	7	23,6	2,4	19,4	22,1	24,4	25,4	26,4
Porcentaje de Grasa Corporal (PGC)	7	17,8	3,8	12,1	13,4	19,5	19,8	22,7
Relación Cintura Cadera (RCC)	7	0,9	0,0	0,82	0,86	0,89	0,9	0,92
Metabolismo Basal (MB)	7	1700,7	283,2	1241	1478	1844	1932	2012
Control del Musculo	7	0,9	1,7	0	0	0	2,4	4,2
Control de Grasa	7	-1,3	2,3	-5,1	-3,2	0	0	1,4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se muestra que la edad promedio fue 44.4 años, siendo la edad mínima 30 años y máxima 55 años. La estatura promedio fue 177.1 cm. El promedio de peso fue 74.6 kilogramos, siendo el mínimo 52.2 y el máximo 90.2 kilogramos.

El promedio de Masa Muscular esquelética fue 34.9. El promedio de Masa Corporal fue 13.0. El promedio de agua corporal total fue 45.1. La masa libre de grasa promedio fue de 61.6. El Índice de Masa Corporal promedio fue 23.6, siendo el mínimo 19.4 y el máximo 26.4. El porcentaje de grasa corporal promedio fue de 17.8. La relación cintura cadera promedio fue de 0.9, siendo el mínimo fue 0.82 y el máximo 0.92. El metabolismo basal promedio fue de 1,700.7. El control de músculo promedio fue de 0.9 y el control de grasa promedio fue de -1.3.

Grafico 2: Grafico de cajas de la medición de creatinfosfoquinasa en los dos tratamientos de las mismas personas antes y después del entrenamiento.



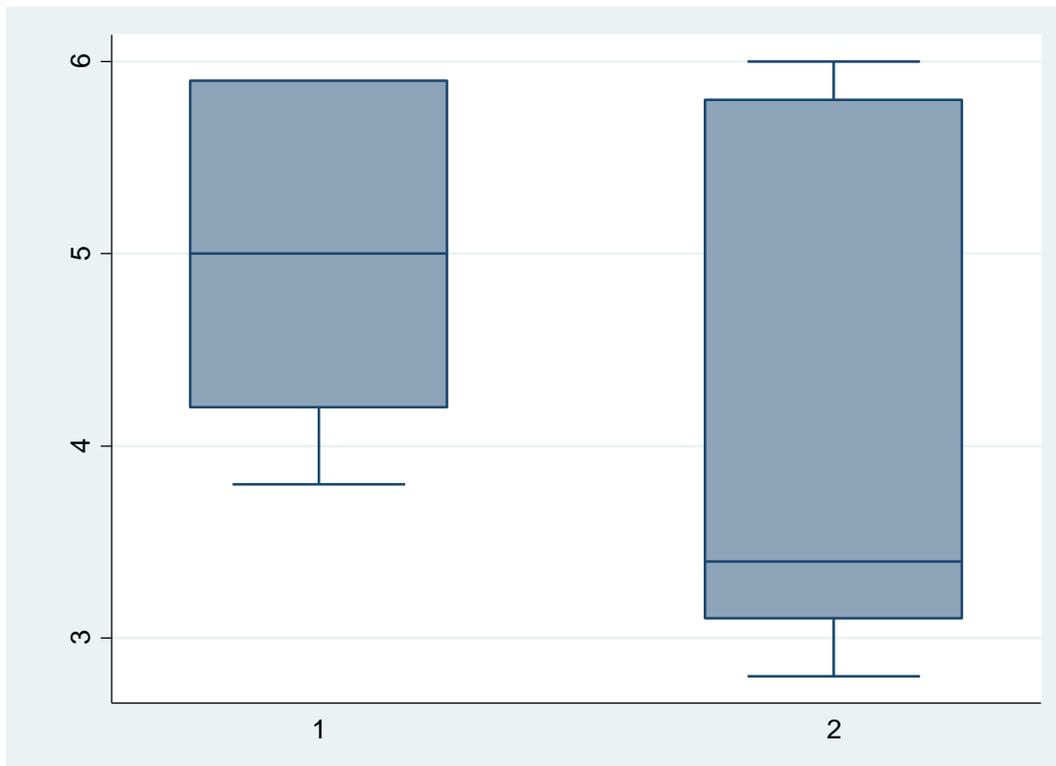
Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado una medición de creatinfosfoquinasa antes y después de cada tratamiento, la medición post se realizó al día siguiente de la actividad física después de haber consumido el tratamiento indicado.

Se observa que la medición de creatinfosfoquinasa en el tratamiento 1 (bebida con carbohidratos y electrolitos) empezó con valores bastante bajos con respecto al tratamiento 2 (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C) y después del consumo de ambos tratamientos,

Se observa que el tratamiento 2 valores más bajos en la mediana de creatinfosfoquinasa y menos variables con respecto al tratamiento 1.

Grafico 3: Grafico de cajas de la medición de Ácido Láctico en los dos tratamientos antes del entrenamiento.



Fuente: Elaboración propia

La medición de Ácido Láctico tiene mayor variabilidad en el grupo de tratamiento 2 (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C), pero tiene una mediana bastante diferente al tratamiento 1 (bebida con carbohidratos y electrolitos).

Tabla 6: Medidas descriptivas de Ácido láctico en ambos grupos de tratamiento.

tratamiento	N	mean	sd	min	p25	p50	p75	max
1	7	4,91	0,80	3,80	4,20	5,00	5,90	5,90
2*	7	4,27	1,42	2,80	3,10	3,40	5,80	6,00

*Bebida enriquecida

Fuente: Elaboración propia

Tal como se ha visto en el gráfico se encuentra una mayor dispersión de los datos en el grupo de tratamiento 2 (bebida enriquecida), pero se observa además que la mediana es mucho mayor en el grupo de tratamiento 1.

Para revisar si hay alguna diferencia significativa de Ácido láctico entre los tratamientos en el día de inicio de la práctica, se realiza una prueba estadística paramétrica y no paramétrica, teniendo en cuenta que ambos grupos son las mismas personas.

Tabla 7: Prueba de diferencia de medias para Ácido láctico entre grupos tratados.

Tratamiento	Obs	Media	Std. Err.	Std. Dev.	IC 95%	pvalor
1	7	4,91	0,30	0,80	4,18 5,65	0,316
2	7	4,27	0,54	1,42	2,96 5,58	
combinado	14	4,59	0,31	1,15	3,93 5,26	
Diff		0,64	0,61		-0,70 1,98	

Fuente: Elaboración propia

Ho: El promedio de Ácido láctico en las personas con el tratamiento 1 es igual las personas con el tratamiento 2.

Ha: El promedio de Ácido láctico en las personas con el tratamiento 1 es diferente a las personas con el tratamiento 2.

De acuerdo con los resultados se observa que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que decimos que no hay evidencia que el promedio de Ácido láctico sea diferente entre los dos grupos tratados con pvalor=0,316.

La variable que se analiza no se distribuye normalmente, por ello se analizó la distribución de Ácido láctico entre los dos grupos de tratamiento, por ello se eligió la prueba Wilcoxon, para muestras independientes

Tabla 8: Prueba de distribución de resultados de Ácido láctico entre grupos tratados.

Tratamiento	Obs	rank sum	expected	Z	P
1	7	60	52,5	0,96	0,337
2	7	45	52,5		
combined	14	105	105		

Fuente: Elaboración propia

Ho: La distribución de Ácido láctico en las personas con el tratamiento 1 es igual distribución de Ácido láctico con el tratamiento 2.

Ha: La distribución de Ácido láctico en las personas con el tratamiento 1 es diferente distribución de Ácido láctico con el tratamiento 2.

No se puede rechazar la hipótesis nula con un $p=0,337$, por lo que decimos que no tenemos evidencia estadística suficientes que nos permita decir que las distribuciones de Ácido láctico entre los tratamientos son diferentes.

Para confirmar los hallazgos en la prueba de medias y de la prueba no paramétrica para diferencias de distribución, realizamos una regresión lineal simple, teniendo como variable dependiente la medición de Ácido láctico y como variable independiente la variable tratamiento, además incluimos en la corrida que las muestras están relacionadas, ya que el mismo individuo participa en el mismo tratamiento.

Tabla 9: Regresión Lineal simple para evaluar la medición de Ácido láctico entre los grupos de tratamiento.

	Coef.	Std. Err.	t	P>t	IC 95%	
Tto 1.	Ref					
Tto 2.	-0,643	0,540	-1,19	0,279	-1,6	0,68
_cons	4,914	0,313	15,68	0,000	4,15	5,68

-squared = 0.0835

Fuente: Elaboración propia

La medición 2 de los valores de Ácido láctico responde en un 8,35% la dispersión de la variable medición de ácido láctico en la primera oportunidad. Además, tenemos como hipótesis las siguientes afirmaciones, según el modelo de regresión:

$$Tto1 = \beta_0 + \beta_1 * Tto2$$

$H_0 = \beta_1 = 0$ (La medición de ácido láctico en Tratamiento2 no está relacionado con la medición de ácido láctico en el Tratamiento 1)

Ha: $\beta_1 \neq 0$ (La medición de ácido láctico en Tratamiento2 está relacionado con la medición de ácido láctico en el Tratamiento 1)

Según los resultados de la regresión lineal se observa que con un pvalor=0,279 que no hay evidencia que haya alguna relación entre las mediciones de ácido láctico entre las dos mediciones.

Tabla 10: Resultados Pre-Post de CPK de los tratamientos realizados a participantes con el tratamiento 1.

CPK	Variable	Obs	Promedio	Std. Err.	Std. Dev.	IC 95%		pvalor
Tratamiento 1								
	Pre	7	112,71	15,46	40,89	74,89	150,53	0.010
	Post	7	135,43	21,05	55,68	83,93	186,93	
	Diff	7	-22,71	6,10	16,13	-37,63	-7,79	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observa que el promedio de creatinfosfonikasa es de 112,71 U/L antes de inicio del entrenamiento, al día siguiente después del entrenamiento y el consumo del tratamiento se tiene que el promedio de creatinfosfoquinasa es de 135,43 U/L, encontrando una diferencia entre antes y después de -22,71 U/ y un intervalo de confianza de (-37,63 ; -7,79) que no contiene al valor cero, por lo que decimos que hay evidencia estadística que los valores post tratamiento 1 para creatinfosfoquinasa son significativamente diferentes a los pre tratamiento 1 ($p < 0,05$).

Tabla 11: Resultados Pre-Post de CPK de tratamientos realizados a participantes con el tratamiento 2.

CPK	Variable	Obs	Promedio	Std. Err.	Std. Dev.	IC 95%		pvalor
Tratamiento 2								
	Pre	7	161,71	20,26	53,62	112,13	211,30	0.080*
	Post	7	132,71	13,98	37,00	98,50	166,93	
	Diff	7	29,00	13,81	36,53	-4,78	62,78	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa la evaluación de creatinfosfoquinasa entre el pre y post del tratamiento 2, el promedio de creatinfosfoquinasa es de 161,71 U/L antes de inicio del

entrenamiento, al día siguiente después del entrenamiento y el consumo del reparador de tejidos musculares se tiene que el promedio de creatinfosfoquinasa es de 132.71 U/L, encontrándose una diferencia entre antes y después de 29,0 U/L, presentado un intervalo de la diferencia de (-4,78 ; 62,78) que contiene al valor cero, pero con un $p=0,08$; por lo que decimos que hay evidencia estadística significativa al borde la zona de rechazo.

Tabla 12: Resultados de la Diferencias Pre-Post tratamientos entre los tratamientos realizados a participantes. (Prueba de diferencia de diferencias)

CPK	Variable	Obs	Promedio	Std. Err.	Std. Dev.	IC 95%		pvalor
Post-Pre								
	Tratamiento 1	7	22,71	6,10	16,13	7,79	37,63	0.005
	Tratamiento 2	7	-29,00	13,81	36,53	-62,78	4,78	
	combined	14	-3,14	10,20	38,16	-25,17	18,89	
	Diff		51,71	15,09		18,83	84,60	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa el análisis de las diferencia de las diferencias Post-Pre entre tratamientos, se tiene que las diferencia Post – Pre para el tratamiento 1 en promedio es de 22,71 U/L, esto quiere decir que en promedio el valor de creatinfosfoquinasa es más alto post tratamiento, con un intervalo de confianza al 95% (7,79 ; 37,63), encontrando evidencia estadística significativa que en promedio los valores post-tratamiento son mayores a los de pre-tratamiento y no se ha generado un efecto adecuado en los atletas.

Para las diferencias Post – Pre para el tratamiento 2 de los resultados muestran que entre los resultados obtenidos por el tratamiento 2 genera un valor de creatinfosfoquinasa en promedio -29,00 de U/L, esto nos indica que se ha obtenido un valor bastante bajo en promedio con respecto al pre tratamiento, con un intervalo de confianza al 95% (-62,0 a 4,78). Teniendo evidencia al borde de la zona de rechazo.

Mientras que la comparación de Las DifT1 – DifT2 = 51,71 U/L, con un intervalo de confianza de 95% (18,8 a 84,6) y un $p\text{ valor} < 0,01$. Por lo que decimos que tenemos evidencia estadísticamente significativa que el tratamiento 2 (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C), tiene mejor efectividad que el tratamiento (bebida con carbohidratos y electrolitos) en evaluación.

3.2 Discusión

El empleo de suplementos dietarios, sobre todo el mayor consumo de proteínas, se centra en los deportistas de fuerza (levantamiento de pesas) por su comprobada acción anabólica, con el objetivo de desarrollar masa muscular y disminuir el porcentaje de grasa. Sin

embargo, en los deportistas de resistencia, como en el caso de los ciclistas, el consumo de proteína no se considera un macronutriente primordial.

Basados en una vasta literatura, se sabe que una dieta alta en carbohidratos es indispensable para poder almacenar glucógeno y evitar el anticipado uso de ácidos grasos y aminoácidos como fuente de energía ^{5, 6, 42, 48, 65,107}. Es común observar cómo los atletas de resistencia consumen bebidas con glucosa y alimentos altos en azúcares simples para evitar la fatiga, tanto antes, durante, como después de la actividad, sobre todo bebidas isotónicas, geles, gomitas, caramelos y/o fruta. Sin embargo, no le dan la debida importancia a la proteína.

Es sabido que el consumo de proteína inmediatamente después del ejercicio estimula la síntesis de proteínas musculares facilitando de esta forma la respuesta adaptativa del músculo esquelético al entrenamiento con ejercicios tanto de fuerza como de larga duración (resistencia) ^{8, 24, 25, 30, 75}.

En los estudios recientes revisados para el desarrollo de esta investigación se ha podido mostrar cómo el consumo de proteína de antes y/o durante el ejercicio estimula la síntesis de proteínas musculares antes del término de la sesión.

Por lo tanto, se ha justificado que el consumo de proteína durante el ejercicio puede inhibir el catabolismo muscular estimulando, además, la síntesis de proteína mejorando así la capacidad de rendimiento, eficiencia en el entrenamiento y recuperación posentrenamiento ^{71, 74}. Aun sabiendo esto, los atletas de resistencia no consideran a la proteína como ayuda ergogénica, tanto durante como después del entrenamiento.

Por lo mismo, mi objetivo es poder demostrar la importancia de proteína como parte fundamental de una bebida rehidratante durante el entrenamiento.

El principal hallazgo de este estudio fue comprobar cómo la administración de una bebida enriquecida con proteína de suero de leche antes y después del entrenamiento disminuyó los niveles de creatinfosfoquinasa (CK) en los tejidos musculares indicando una desinflamación muscular y, por tanto, una mejor y más rápida recuperación comparado a la típica bebida rehidratante que la mayoría de los ciclistas consume como parte de su entrenamiento.

Es importante poder transmitir la información y fomentar el uso de bebidas enriquecidas con proteína o de alimentos altos en proteína como parte de sus rutinas de entrenamiento. La administración de nutrientes tanto durante como después de una sesión de ejercicio intenso afecta los procesos anabólicos del organismo, sin importar el tipo de ejercicio que se realice. Los dos nutrientes más importantes son los carbohidratos y las proteínas; se ha confirmado cómo la ingestión de proteína es necesaria para alcanzar un balance positivo y la de carbohidratos para la reposición de los depósitos de glucógeno ^{107,109}.

Aunque la mayoría de los deportistas pueden satisfacer sus necesidades nutricionales con una dieta adecuada, hay otros que por la prolongada duración del mismo requieren un aporte nutricional extra durante y después del ejercicio, con el objetivo de evitar la limitación en la capacidad de una pronta recuperación lo que consecuentemente afecta el rendimiento posterior ^{109 - 111}.

Los beneficios de la adición de proteína a una bebida rehidratante se basan en el estímulo de secreción de insulina que es crítica para regular la absorción de glucosa por los tejidos. El ejercicio mejora la respuesta de los músculos a la glucosa provocando una mayor sensibilidad a los efectos de la insulina ¹¹²; por lo mismo, la proteína cumple una función primordial en el deportista.

Los resultados son sumamente importantes ya que demuestran cómo la ingesta de proteína en combinación con una bebida rehidratante durante y después del ejercicio de resistencia disminuye la inflamación muscular y, por tanto, acelera la recuperación para el entrenamiento posterior.

El estudio era necesario para poder comprobar la importancia del consumo de proteína durante y después del entrenamiento y no únicamente la ingesta de glucosa como práctica común entre los deportistas.

Con los resultados podemos validar la hipótesis donde queda demostrado que la adición de proteína a una bebida isotónica mejora la recuperación posentrenamiento de los ciclistas.

CONCLUSIONES

1. A partir de los resultados observados, se aplicó la prueba de significancia estadística T de Student, para variables cuantitativas y se determinó que existía suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, $p < 0,01$ y un intervalo de confianza de (18,8; 84,6), consecuentemente se aceptó la hipótesis alternativa de que existen diferencias significativas entre las medias de la primera fase cuando se administró bebida isotónica y la segunda fase cuando se administró bebida energética enriquecida con suero de leche.
2. El promedio de edad promedio en los deportistas ciclista de la Lima a quienes se administró los tratamientos fue de 44,4 años, siendo la edad mínima 30 años y máxima 55 años, la estatura promedio fue 177,1 cm. el promedio de peso fue 74,6 kilogramos, siendo el mínimo 52,2 y el máximo 90,2 kilogramos. El promedio de Masa Muscular esquelética fue 34,9, de Masa Corporal fue 13,0, de agua corporal total fue 45,1, a masa libre de grasa promedio fue de 61,6, el Índice de Masa Corporal promedio fue 23,6, siendo el mínimo 19,4 y el máximo 26,4, el porcentaje de grasa corporal promedio fue de 17,8. La relación cintura cadera promedio fue de 0,9, siendo el mínimo fue 0,82 y el máximo 0,92. El metabolismo basal promedio fue de 1,700.7. El control de músculo promedio fue de 0,9 y el control de grasa promedio fue de -1,3.
3. No se hallaron diferencias significativas en los niveles de ácido láctico al final del entrenamiento en las dos fases del estudio, se obtuvo un $p=0,337$, por lo que no se tuvo evidencia estadística suficiente para decir que las distribuciones de Ácido láctico entre los tratamientos fueron diferentes, se confirmó con los resultados de la regresión lineal con un p valor=0,279.
4. Los promedios de creatinfosfoquinasa antes y después del tratamiento 1 (bebida con carbohidratos y electrolitos) fue estadísticamente significativo, con un p de 0,01 y un intervalo de confianza de (-37,63; -7,79).
5. Los promedios de creatinfosfoquinasa antes y después del tratamiento 2 (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C) presentan un intervalo de confianza de (-4,78; 62,78) con un $p=0,08$, por lo que concluimos que hay evidencia estadística significativa al borde la zona de rechazo.

RECOMENDACIONES

Debido a la limitada capacidad de recursos apropiados tanto de laboratorios como de equipamiento científico especializado para poder aislar las variables y medir las respuestas y las adaptaciones que se producen en el atleta cuando el organismo es sometido a

diferentes variables de tipo físico (velocidad, potencia, frecuencia cardiaca, ventilación, consumo de oxígeno, lactato en sangre etc.) y en un ambiente controlado; son necesarias futuras investigaciones para obtener resultados exactos y concluyentes.

Sin embargo, el presente estudio pudo simular el entrenamiento diario y el ambiente real en donde los ciclistas se desenvuelven en su día a día. No hubo ningún tipo de variación en su rutina con el propósito de medir objetivamente la intensidad del ejercicio y la real utilización de proteína muscular como fuente de energía. Lo único que me atrevería a agregar es poder hacer una evaluación más larga ya que la mayoría de los ciclistas, los fines de semana, salen al campo por más de 4 horas seguidas.

Una de las vicisitudes que más me llamó la atención fue que los estudios publicados son realizados con personas de género masculino, siendo yo deportista mujer y habiendo muchas mujeres atletas desatacadas en ciclismo, es importante poder incluir a todo tipo de personas y de diferentes edades para realmente poder analizar el impacto de las bebidas en su desempeño deportivo.

Es importante poder hacer un estudio donde se ofrezcan diferentes cantidades de proteína de diversas fuentes tanto hidrolizadas como de aminoácidos libres teniendo en cuenta que según Bilsborough y Mann ¹¹⁴ lo ideal es ingerir pequeñas dosis de proteína de suero (2,3 g) cada 20 min durante 2 h, ya que la tasa máxima de síntesis proteína estimulada por el flujo de aminoácidos es de 6 a 7 gramos por hora.

Como los sistemas de energía son iguales en todos los deportes de resistencia, sería ideal poder difundir esta información a los atletas que buscan mejorar su rendimiento con acciones factibles a bajo costo.

El deporte ha pasado a ser un fenómeno social, el prestigio de los logros deportivos debería ser suficiente para que la iniciativa y la inversión en la promoción y el desarrollo del deporte sean de carácter nacional. La idea tradicional del deporte no corresponde a las necesidades actuales, los deportistas han logrado superar marcas inimaginables, es nuestra responsabilidad como profesionales investigar más acerca de la importancia de la nutrición deportiva para poder aprovechar al máximo las potencialidades físicas y la búsqueda de una mejora del rendimiento deportivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS

1. Maughan RJ, Burke LM, Coyle EF. (eds.). *Food, Nutrition and Sports Performance II: The International Olympic Committee Consensus on Sports Nutrition*. New York: Routledge; 2004.
2. Turocy PS, De Palma BF, Horswill CA, Laquale K M, Martin TJ, Perry AC, et al. National athletic trainers' association position statement: safe weight loss and maintenance practices in sport and exercise. *J athl train*. 2011 May-Jun;46(3): 322-36.

3. Gordon B, Kohn LA, Levine SA, Matton M, Scriver WM, Whiting WB. Sugar content of the blood in runners following a marathon race. *JAMA*. 1925 Aug 15;85(7):508-509.
4. Krogh A, Lindhard J. The Relative Value of Fat and Carbohydrate as Sources of Muscular Energy: With Appendices on the Correlation between Standard Metabolism and the Respiratory Quotient during Rest and Work. *Biochem J*. 1920;14(3-4):290-363.
5. Spriet LL. Avances Recientes en Nutrición Deportiva. *Sports Med*. 2014;44(Suppl 1):3-4.
6. Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Muscle Glycogen During Prolonged Severe Exercise. *Acta Physiol Scand*. 1967 Oct-Nov;71(2):129-39.
7. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*. 1967;71(2):140-50.
8. Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol*. 2002 Oct;93(4):1337-44.
9. Betts JA, Williams C. Short-term recovery from prolonged exercise: exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Med*. 2010;40(11):941-59.
10. Ivy JL. The regulation and synthesis of muscle glycogen by means of nutrient intervention. In: Maughan RJ (ed.). *The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication*. Volume 19. Oxford, UK: Wiley-Blackwell Science Ltd.; 2013. p. 113-25.
11. Tarnopolsky M. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*. 2004;20(7-8):662-8.
12. Wolfe RR, Goodenough RD, Wolfe MH, Royle GT, Nadel ER. Isotopic analysis of leucine and urea metabolism in exercising humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982;52(2):458-66.
13. Phillips SM, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, MacDougall JD. Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J Appl Physiol*. 1985;75(5):2134-41.
14. Lemon PW, Mullin JP. Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1980 Apr;48(4):624-29.
15. Borsheim E, Cree MG, Tipton KD, Elliott TA, Aarsland A, Wolfe RR. Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol*. 2004;96(4):674-78.
16. Blomstrand E, Saltin B. BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001;281(2):E365-74.
17. Levenhagen DK, Carr C, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise protein intake enhances whole-body and leg protein accretion in humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(5):828-37.

18. Coyle EF. Carbohydrate Supplementation during Exercise. *J Nutr.* 1992 03;122(3):788-95.
19. Ivy JL, Goforth HW Jr., Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol.* 2002; 93: 1337–44. doi: 10.1152/jappphysiol.00394.
20. Ivy JL. *The Regulation and Synthesis of Muscle Glycogen by Means of Nutrient Intervention.* In: Maughan RJ, (ed). *The Encyclopedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication, Volume 19.* Oxford, UK: Wiley-Blackwell Science Ltd, 2013. p. 113-25.
21. Van Loon LJC. Application of protein to improve post exercise recovery. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism.* 2007;17:S10-S117
22. Rustad PI, Sailer M, Cumming KT, Jeppesen PB, Kolnes KJ, Sollie O, *et al.* Intake of Protein Plus Carbohydrate during the First Two Hours after Exhaustive Cycling Improves Performance the following Day. *PLOS One.* 2016 Apr 14;11(4):e0153229. doi: 10.1371/journal.pone.0153229. eCollection 2016
23. Phillips SM, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, MacDougall JD. Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J Appl Physiol.* 1985;75:2134–41
24. Williams M, Raven PB, Fogt DL, Ivy JL. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2003;17:12–19.
25. Moore DR, Camera DM, Areta JL, Hawley JA. Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;1–11.
26. Zawadzki KM, Yaspelkis BB III, Ivy JL. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol.* 1992;72:1854–59.
27. Hansen M, Bangsbo J, Jensen J, Krause-Jensen M, Bo MB, Sollie O, *et al.* Protein intake during training sessions has no effect on performance and recovery during a strenuous training camp for elite cyclists. *J Int Soc of Sports Nutr.* 2016;13(9). DOI: 10.1186/s12970-016-0120-4
28. Stearns RL, Emmanuel H, Volek JS, Casa DJ. Effects of ingesting protein in combination with carbohydrate during exercise on endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2010;24(8):2192-2202.
29. McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR. Effects of Protein in Combination with Carbohydrate Supplements on Acute or Repeat Endurance Exercise Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine.* 2014;44(4):535-50.
30. Borsheim E, Aarsland A, Wolfe RR. Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14(3):255-71.

31. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13(3):382-95.
32. Bernardi JM, Noreen EE, Lemon PW. Recovery from a cycling time trial is enhanced with carbohydrate-protein supplementation vs. isoenergetic carbohydrate supplementation. *J Int Soc Sports Nutr.* 2008; 5:24.
33. Luden ND, Saunders MJ, Todd MK. Postexercise carbohydrate-protein- antioxidant ingestion decreases plasma creatine kinase and muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007;17(1):109-23.
34. Romano-Ely BC, Todd MK, Saunders MJ, Laurent TS. Effect of an isocaloric carbohydrate-protein-antioxidant drink on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(9):1608-16.
35. Valentine RJ, Saunders MJ, Todd MK, St Laurent TG. Influence of carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and indices of muscle disruption. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008;18(4):363-78.
36. Martínez SJ, Urdampilleta OA, Mielgo AJ. Necesidades Energéticas, Hídricas y Nutricionales en el Deporte. *Motricidad. Eur. J. Hum. Mov.* 2013; 30:37-52.
37. Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. Nutrición Para el Entrenamiento y la Competición. *Rev Med Clin. Condes.* 2012;23(3):253-61.
38. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1: S91-9.
39. Pramukova B, Szabadosova V, Soltesova A. Current knowledge about sports nutrition. *Australas Med J.* 2011;4(3):107-10.
40. Burke LM. Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Oct;20 Suppl 2:48-58. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01185. x.
41. Phillips, S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutr Metab.* 2016 Sep 29; 13:64 13doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12986-016-0124-8
42. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL (1986) Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol.* 1986; 61:165-172
43. Costill DL. Carbohydrates for exercise: dietary demands for optimal performance. *Int J Sports Med.* 1988;9(1):1-18.
44. Horowitz JF, Klein S. Lipid metabolism during endurance exercise. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2 Suppl):558S-63S.
45. Sawka MN. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(6):657-70.

46. Larsen C. Dietary Reconstruction and Nutritional Assessment of Past Peoples: The Bioanthropological Record. En: Kenneth F. Kiple (ed.). *The Cambridge World History of Food*. New York. Cambridge University Press. 2000; p. 13-34.
47. Palacios Gil de Antuñano N, Manonelles Marqueta P, Blasco Redondo R, Bonafonte LF, Gaztañaga Aurrekoetxea T, Manuz González B, Villegas García JA, *et al.* Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2012; 29(sup. 1):8-81.
48. García-Ferrando M, Llopis Goig R. Ideal Democrático y Bienestar Personal. Encuesta sobre los Hábitos Deportivos en España 2010. España: Universidad de Valencia, Consejo Superior de Deportes, Centro de Investigaciones Sociológicas. 2011.
49. Jeukendrup AE, Jentjens R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med*. 2000;29(6):407-24.
50. Saunders MJ, Kane MD, Todd MK. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(7):1233-8.
51. Betts J, Williams C, Duffy K, Gunner F. The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance. *J Sports Sci*. 2007;25(13):1449-60.
52. Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. 2004;20(7-8):669-77.
53. Jeukendrup, AE. Carbohydrate feeding during exercise. *European Journal of Sport Science*. 2008;8(2):77-86.
54. Palacios N. Nutrición y ejercicio físico. *Nutr Hosp*. 2000;15(Sup):31-40.
55. Tsai K, Hsu TG, Hsu KM, Cheng H, Liu TY, Hsu CF, *et al.* Oxidative DNA damage in human peripheral leukocytes induced by massive aerobic exercise. *Free Radic Biol Med*. 2001;31(11):1465-72.
56. Nielsen HB, Hanel B, Loft S, Poulsen HE, Pedersen BK, Diamant M, *et al.* Restricted pulmonary diffusion capacity after exercise is not an ARDS-like injury. *J Sports Sci*. 1995;13(2):109-13.
57. Palmer FM, Nieman DC, Henson DA, McAnulty SR, McAnulty L, Swick NS, *et al.* Influence of vitamin C supplementation on oxidative and salivary IgA changes following an ultramarathon. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89(1):100-7.
58. Morillas-Ruiz J, Zafrilla P, Almar M, Cuevas MJ, López FJ, Abellán P, *et al.* The effects of an antioxidant-supplemented beverage on exercise-induced oxidative stress: results from a placebo-controlled double-blind study in cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(5-6):543-9.
59. González-Gallego J. Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje. Madrid: Díaz de Santos, Fundación Universitaria Iberoamericana. 2006.

60. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli N. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sports Med.* 2006;40(2):96-7.
61. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull.* 2007 Jun 14;81-82: 209-30.
62. Noakes TD. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med.* 1987;4(4):245-67.
63. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med.* 2008;27(1):1-18, vii.
64. Orrego M, Monsalve D. Laboratorio clínico y ejercicio. En: Marino F, Cardona O, Contreras LE. *Medicina del Deporte Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas;* 2006. p. 93-94.
65. Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):209-15.
66. Jeukendrup AE. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010;13(4):452-7.
67. Lee JK, Nio A, Hon Ang W, Leong Lim Ch. et al. Effects of ingesting a sports drink during exercise and recovery on subsequent endurance capacity. *Eur J. Sport Sci.* 2011;11(2):77-86.
68. Fielding RA, Costill DL, Fink WJ, King DS, Hargreaves M, Kovaleski JE. Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17(4):472-6.
69. Chambers ES, Bridge MW, Jones DA. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol.* 2009;587(Pt 8):1779-94.
70. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):709-31.
71. Jentjens RL, Moseley L, Waring RH, Harding LK, Jeukendrup AE. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 2004,96(4):1277-84.
72. Moore DR, Tang JE, Burd NA, Rerечich T, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *J Physiol.* 2009;587(Pt 4): 897-904.
73. Spiller, G.A., Jensen CD, Pattison TS, Chuck CS, Whittam JH, Scala J. Effect of protein dose on serum glucose and insulin response to sugars. *Am J Clin Nutr.* 1987;46(3):474-80.
74. Pennings B, Koopman R, Beelen M, Senden JM, Saris WH, van Loon LJ. Exercising before protein intake allows for greater use of dietary protein-derived amino acids for de novo muscle protein synthesis in both young and elderly men. *Am J Clin Nutr.* 2011;93(2):322-31.
75. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean

mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(2):373-81.

76. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001;280(6):E982-93.
77. Beelen M, Koopman R, Gijsen AP, Vandereydt H, Kies AK, Kuipers H, *et al.* Protein coingestion stimulates muscle protein synthesis during resistance-type exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2008; 295(1): E70-7.
78. Stearns RL, Emmanuel H, Volek JS, Casa DJ. Effects of ingesting protein in combination with carbohydrate during exercise on endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2010;24(8):2192-202.
79. Morrison RJ, Miller CC 3rd, Reid MB. Nitric oxide effects on shortening velocity and power production in the rat diaphragm. *J Appl Physiol (1985).* 1996;80(3):1065-9.
80. Doshi SN, Naka KK, Payne N, Jones CJ, Ashton M, Lewis MJ, *et al.* Flow-mediated dilatation following wrist and upper arm occlusion in humans: the contribution of nitric oxide. *Clin Sci (Lond).* 2001;101(6):629-35.
81. Smith LW, Smith JD, Criswell DS. Involvement of nitric oxide synthase in skeletal muscle adaptation to chronic overload. *J Appl Physiol (1985).* 2002;92(5):2005-11.
82. Sellman JE, DeRuisseau KC, Betters JL, Lira VA, Soltow QA, Selsby JT, *et al.* In vivo inhibition of nitric oxide synthase impairs upregulation of contractile protein mRNA in overloaded plantaris muscle. *J Appl Physiol (1985).* 2006;100(1):258-65.
83. Parry-Billings M, Budgett R, Koutedakis Y, Blomstrand E, Brooks S, Williams C, *et al.* Plasma amino acid concentrations in the overtraining syndrome: possible effects on the immune system. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(12):1353-8.
84. Varnier M, Leese GP, Thompson J, Rennie MJ. Stimulatory effect of glutamine on glycogen accumulation in human skeletal muscle. *Am J Physiol.* 1995;269(2 Pt 1):E309-15.
85. Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M, Rennie MJ. Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *J Appl Physiol. (1985).* 1999; 86(6): 1770-7.
86. Piattoly T, Parish TR, Welsch MA. L-Glutamine Supplementation: effects on endurance, power and recovery. *Current Topics in Nutraceuticals Research.* 2013;11(1):55-62.
87. Holeček M. ATL>Relation between glutamine, branched-chain amino acids, and protein metabolism. Nutrition [serial on the Internet]. (2002, Feb), [cited October 14, 2016]; 18(2): 130. Available from: Food Science Source
88. Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun.* 1982;107(4):1198-205.

89. Koren A, Schara M, Sentiurc M. EPR measurements of free radicals during tetanic contractions of frog skeletal muscle. *Period Biol.* 1980;82:399–401.
90. Hathcock JN, Azzi A, Blumberg J, Bray T, Dickinson A, Frei B. Vitamins E and C are safe across a broad range of intakes. *Am J Clin Nutr.* 2005;81(4):736-45.
91. Muñoz D, Olcina G, Timón R, Robles MC, Caballero MJ, Maynar M. Effect of different exercise intensities on oxidative stress markers and antioxidant response in trained cyclists. *J Sports Med Phys Fitness.* 2010 03;50(1):93-8.
92. Andrews JL, Sedlock DA, Flynn MG, Navalta JW, Ji H. Carbohydrate loading and supplementation in endurance-trained women runners. *J Appl Physiol (1985).* 2003;95(2):584-90.
93. Arkinstall MJ, Bruce CR, Nikolopoulos V, Garnham AP, Hawley JA. Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *J Appl Physiol (1985).* 2001;91(5):2125-34.
94. Chryssanthopoulos C, Williams C, Nowitz A. Influence of a carbohydrate-electrolyte solution ingested during running on muscle glycogen utilization in fed humans. *Int J Sports Med.* 2002;23(4):279-84.
95. Sanders B, Noakes TD, Dennis SC. Sodium replacement and fluid shifts during prolonged exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2001;84(5):419-25.
96. Rosenbloom CA. *Sport Nutrition: A Practice Manual for Professionals.* Chicago: American Dietetic Association; 2012.
97. Walsh R, Noakes T, Hawley J, Dennis S. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal Of Sports Medicine* [serial on the Internet]. (1994, Oct), [cited October 14, 2016]; 15(7): 392-398.
98. Buttriss J, Saltmarsh M. (eds.). *Functional foods II: claims and evidence.* Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2000.
99. Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D Jr, Wolfe RR. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol.* 1999;276(4 Pt 1):E628-34.
100. Bergstrom J, Fürst P, Norée LO, Vinnars E. Intracellular free amino acid concentration in human muscle tissue. *J Appl Physiol.* 1974;36(6):693-7.
101. Castell L. Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression. *Sports Med.* 2003;33(5):323-45.
102. Hiscock N, Mackinnon LT. A comparison of plasma glutamine concentration in athletes from different sports. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(12):1693-6.
103. Poortmans R, Siest G, Galteau MM, Houot O. Distribution of plasma amino acids in humans during submaximal prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1974;32(2):143-7.

104. Maughan RJ, Gleeson M. Influence of a 36 h fast followed by refeeding with glucose, glycerol or placebo on metabolism and performance during prolonged exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;57(5):570-6.
105. Smith DJ, Norris SR. Changes in glutamine and glutamate concentrations for tracking training tolerance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(3):684-9.
107. Lopategui E, Perez H, Smith T, Otto R. The anaerobic threshold of elite and novice cyclists. *Journal Of Sports Medicine & Physical Fitness* [serial on the Internet]. (1986, June), [cited October 14, 2016]; 26(2): 123-127.
108. Burke L. *Nutrición en el deporte*. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2010.
109. Hargreaves M, Finn JP, Withers RT, Halbert JA, Scroop GC, Mackay M, *et al*. Effect of muscle glycogen availability on maximal exercise performance. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup Physiol*. 1997;75(2):188-192.
110. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*.2003;33(2):117-44.
111. Van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M, Wagenmakers AJ. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(1),106–111.
112. Betts J, Williams C, Duffy K, Gunner F. The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance. *Journal of Sports Sciences*. 2007;25(13):1449-1460.
113. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*. 2003;33(2):117-44.
114. Saunders MJ, Luden ND, Herrick Je. Consumption of an oral carbohydrate-protein gel improves cycling endurance and prevents postexercise muscle damage. *Journal Of Strength and Conditioning Research* 2007 08;21(3):678-84.
115. Richter E, Mikines AKJ, Galbo H, Kiens B. Effect of exercise on insulin action in human skeletal muscle. *Jl Appl Physiol*. 1989;66(2):876–85.
116. Bilsborough S, Mann N. A review of issue of dietary protein intake in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16(2):129-52.
117. Ferguson-Stegall L, McCleave EL, Ding Z, Kammer LM, Wang B, Doerner PG, *et al*. The effect of a low carbohydrate beverage with added protein on cycling endurance performance in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2010 10;24(10):2577-86.

ANEXOS

INSTRUMENTOS



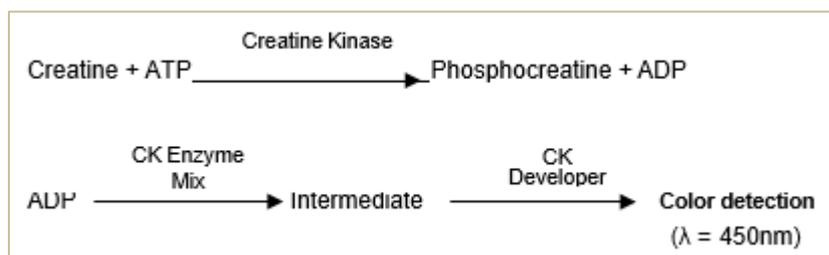
A. OBTENCIÓN DE SUERO SANGUÍNEO

1. Obtener sangre en el tubo de extracción sanguínea (sin anticoagulante) identificado. Estos tubos contienen partículas que actúan como activadores de la coagulación (Color Rojo). También se puede utilizar tubos con gel separador (color amarillo).
2. Inmediatamente tras la extracción invertir suavemente el tubo para favorecer la coagulación.
3. Transportarla al laboratorio para su procesado en un tiempo no superior a 1 hora después de la extracción, manteniendo las pautas de seguridad de transporte de material biológico establecidas por cada centro.
4. Centrifugar los tubos de sangre a 800xG durante 5 minutos. La fracción superior o sobrenadante tras la centrifugación de aspecto claro y transparente, y de un color amarillento corresponde al SUERO SANGUÍNEO.
5. Cuidadosamente aspirar el sobrenadante y alícuotar 1 mL del suero sanguíneo (fase superior).
6. Almacenar en un congelador de -80°C.

B. MEDICIÓN DE CREATINFOSFOQUINASA (CPK) EN SANGRE

METODO: Método: Enzimático Cinético – UV (IFCC)

1. **Estándar**- añadir 15 ul de creatinina Estándar por pocillo en el pocillos en la placa.
2. **Muestras** - Añadir 15 ul de cada muestra a tres pocillos.
3. Añadir 100 ul de tampón de reacción de creatinina a todos los pocillos que se utilizan.
4. Añadir 100 ul de creatinina de color del reactivo a todos los pocillos y se utiliza inmediatamente. "CK Enzyme Mix"
5. En un minuto, leer la absorbancia a 450-500 nm.
6. El valor se interpola en la curva estándar y se determina la concentración de CPK (U/L).



C. MEDICION DE ACIDO LACTICO

Método: Enzimático Colorimétrico (Lactato Oxidasa, LO)

NOTA: Para esta prueba, el tipo de muestra es plasma. Se obtiene mediante un tubo con anticoagulante. Es recomendable usar heparina de Litio (<http://www.suru.com/spanish/heparin.htm>). Las condiciones de obtención de plasma, son las mismas que para el suero.

1. Para cada pocillo, preparar un total de 50 μ l de la reacción Mix, que contiene los siguientes componentes:
 - Lactate Assay Buffer 46 μ l
 - Lactate Substrate Mix 2 μ l
 - Lactate Enzyme Mix 2 μ l
2. Mezclar bien antes de usar. Añadir 50 μ l de la reacción de la mezcla a cada pocillo que contiene las muestras de lactato estándar o de prueba, mezclar bien.
3. Se incuba la reacción durante 30 minutos a temperatura ambiente.
4. Medir la absorbancia a una longitud de 450nm
7. El valor se interpola en la curva estándar y se determina la concentración de Ácido Láctico (mmol/L)

COMPOSICIÓN CORPORAL

InBody230

Name (I.D.)	Gender	Age	Height	Date	Time
TS7956	Male	30years	5ft. 8.9in.	01.26.2009	10:39:46

BIOSPACE

Body Composition

	Values	Lean Body Mass	Weight
Total Body Water	106.3 lbs.	145.3 lbs.	252.7 lbs.
Dry Lean Mass	39.0 lbs.		
Body Fat Mass	107.4 lbs.		

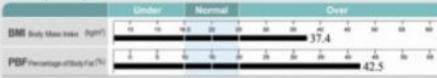
Body Composition
Body composition testing is the process of measuring the components of your body, in short what you're made of. Weight alone is not a clear indication of good health because it does not distinguish how many pounds are fat and how many pounds are lean body mass. By regularly monitoring your Body Fat, and Muscle Mass or Muscular Development, you can understand how your diet, lifestyle and exercise regime are influencing your body composition. Knowing what's working for you can help you target and reach your wellness, appearance and longevity goals.

Body Composition Analysis



Body Composition Analysis
What we're made of impacts our health, appearance and our capabilities. Too much Body Fat increases our risk of developing diseases such as diabetes, heart disease and cancer. Carrying too much weight places undue strain on our joints, heart and vital organs. Ideally, the Skeletal Muscle Mass graph to the left should reach or surpass the normal range and the Body Fat Mass graph should be falling within the Normal Range.

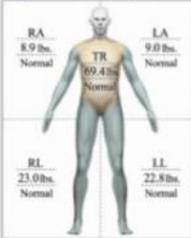
Obesity Analysis



BMI = $\frac{\text{Weight, kg}}{\text{Height, m}^2}$ PBF = $\frac{\text{Fat Weight}}{\text{Weight}} \times 100$
 BMI Body Mass Index: Under Normal Over
 PBF Percentage of Body Fat: Under Normal Over

Obesity Analysis
BMI isn't a measurement but a calculation based on your height and weight. A BMI over the normal range can indicate a weight problem, or a degree of obesity. Individuals with large amounts of muscle mass for their height may also have a BMI over the normal range, this is not indicative of obesity or a health risk. Percentage of Body Fat is a measured component of your actual body composition, PBF is the percentage of your total weight that isn't muscle, bone or excess fluid. PBF is a more accurate means of assessing degrees of obesity or degrees of fitness.

Segmental Lean Analysis



Segmental Lean Analysis
Use this section to understand how your muscle mass is distributed throughout your body. Your segmental distribution chart indicate that you have maintained or developed muscle mass proportionately. You may discover that you have a tendency toward a disproportionate amount of muscle in your legs or your trunk and arms. Genetically there are inherent tendencies toward more or less musculature in any of these areas. It's true that you can't "spot lose" fat but you can develop or maintain certain muscles by using them more.

Impedance	RA	LA	TR	RL	LL(G)
Z					
20 kHz	291	289	26.7	237	239
100 kHz	254	254	22.0	206	209

Body Fat & LBM

Body Fat	- 81.8 lbs.
LBM	0.0 lbs.

Fat: + (need more body fat mass)
 - (lose body fat mass)
 LBM: + (need more lean body mass)
 0.0 lbs (maintain current LBM)

Basal Metabolic Rate

BMR	1793 kcal
-----	-----------

The BMR is the minimal number of calories needed to sustain life at a resting state. BMR is directly correlated with Lean Body Mass. With age muscle depletes and BMR steadily decrease.

Copyright © 2008 - by Biospace Co., Ltd. All rights reserved. BIP-USA-01-000017



MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFECTO DE UNA BEBIDA ENERGETICA ENRIQUECIDA CON SUERO DE LECHE EN LA RECUPERACIÓN POS-ENTRENAMIENTO EN DEPORTISTAS CICLISTAS DE LIMA 2015

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál el efecto de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C comparada con una bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>a. ¿Cuáles son las características de la composición corporal de los deportistas ciclistas a quienes se les administró de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C, en Lima en el 2015?</p> <p>b. ¿Cuáles son los niveles de ácido láctico en plasma al final del entrenamiento en las dos fases del estudio en el grupo a los que se le administra una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y en el grupo al cual se le administra una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de la intensidad del ejercicio en Lima 2015?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el efecto de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C comparada con una bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportista ciclistas en Lima 2015.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a. Determinar las características de la composición corporal de los deportistas ciclistas a quienes se les administró de una bebida enriquecida con carbohidratos, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C, en Lima en el 2015.</p> <p>b. Comparar los niveles de ácido láctico en plasma al final del entrenamiento en las dos fases del estudio en el grupo a los que se le administra una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y en el grupo al cual se le administra una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de la intensidad del ejercicio en Lima en el 2015.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Existen diferencias significativas en los niveles de creatinfosfoquinasa antes y después de la administración de bebida enriquecida con carbohidrato, proteína, glutamina, arginina, vitamina C y electrolitos, comparada con bebida con carbohidratos y electrolitos en la recuperación pos-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>No existen diferencias significativas en los niveles de creatinfosfoquinasa antes y después de la administración de bebida enriquecida con carbohidrato, proteína, glutamina, arginina, vitamina C y electrolitos, comparada con bebida con carbohidratos y electrolitos en la</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Bebida enriquecida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Creatinfosfoquinasa</p> <p>Variable Interviniente:</p> <p>Edad</p> <p>Género</p>

C. ¿Cuáles son los niveles de creatinfosfoquinasa en plasma antes y después de la administración de una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y de una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de inflamación muscular en Lima 2015?	C. Comparar los niveles de creatinfosfoquinasa en plasma antes y después de la administración de una bebida enriquecida con carbohidrato, proteína de suero de leche, glutamina, arginina, electrolitos y vitamina C y de una bebida con carbohidratos y electrolitos como medida de inflamación muscular en Lima en el 2015.	recuperación pos-entrenamiento de deportistas ciclistas en Lima 2015.	
--	---	---	--

DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	TECNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADISTICA
<p>Diseño experimental, con medición antes y después, analítico, longitudinal y prospectivo.</p> <p>Diagrama del diseño de investigación</p> <p>Diseño de un grupo con medición antes y después:</p> <p>GE: Grupo experimental</p> <p>X1: intervención (bebida con carbohidratos y electrolitos)</p> <p>X2: intervención (bebida con suero de leche, carbohidratos, electrolitos, glutamina, arginina y vitamina C)</p> <p>01 y 03: Medición de creatinfosfoquinasa antes de la intervención</p> <p>02 y 04: Medición de creatinfosfoquinasa posterior a la intervención</p> <p>GE: 01 -----X 1 ----- 02 ____ 03 -----</p> <p>---- X2 ----- 04</p>	<p>Población Objetivo Deportistas de alta competencia en ciclismo.</p> <p>Población de estudio Deportistas de alta competencia en ciclismo del distrito de la Molina de la ciudad de Lima</p> <p>Muestra Siete deportistas de alta competencia en ciclismo del Distrito de la Molina que cumplieron con los criterios de selección</p>	<p>El instrumento es un analizador de composición corporal tetrapolar, multifrecuencial, profesional Inbody 230.</p> <p>Para la medición de creatinfosfoquinasa (CPK) se utilizó el método enzimático cinético – UV(IFCC).</p> <p>Para la medición de ácido láctico se utilizó el método enzimático colorímetro (lactato oxidasa, LO).</p>	<p>A partir de los resultados observados, se aplicó la prueba de significancia estadística de T de Student, para variables cuantitativas y se determinó que existía suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, $p < 0.01$ y un intervalo de confianza de (18.8, 84.6) y consecuentemente se aceptó la hipótesis alternativa de que existen diferencias significativas entre las medias de la primera fase cuando se administró bebida isotónica y la segunda fase cuando se administró bebida energética enriquecida con suero de leche.</p>

