



## DEL PAPEL AL PODIUM: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE APLICACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES EN NUTRICIÓN RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO

**Graeme L. Close, Andreas M. Kasper and James P. Morton** | Instituto de Investigaciones del Deporte y Ciencias del Ejercicio | Liverpool John Moores University | Liverpool | UK

### PUNTOS CLAVE

- La nutrición deportiva es una de las disciplinas de más rápido crecimiento y evolución dentro las ciencias del deporte y el ejercicio, con investigaciones que van desde el descubrimiento de nuevas vías de señalización celular sensibles a los nutrientes, hasta los efectos de las bebidas deportivas sobre las escalas de percepción del esfuerzo.
- Los nutricionistas deportivos con frecuencia utilizan tanto referencias científicas clásicas como contemporáneas para orientar su práctica, con la esperanza de que la investigación pueda ayudarles a impulsar ejecuciones ganadoras.
- El primer paso en la traducción de la investigación a la práctica siempre debe ser una crítica bien estructurada del potencial de aplicación de la evidencia científica existente.
- Presentamos un marco operativo (la matriz del papel al podio) que proporciona una lista de verificación de criterios para impulsar la evaluación crítica de los trabajos de investigación en nutrición relacionados con el rendimiento.
- Es la combinación de las innovaciones en la investigación y la calidad de la ejecución (es decir, la facilidad de administración de soluciones prácticas) lo que más probablemente produzca la transición del papel al podio.

### INTRODUCCIÓN

La idea de probar intervenciones nutricionales se remonta a siglos atrás. Sin embargo, la nutrición deportiva como disciplina académica y práctica, se debe principalmente a la investigación realizada a fines de la década de 1960, luego de una serie de estudios seminales que examinaron los efectos del glucógeno muscular sobre la capacidad y el rendimiento durante el ejercicio (Bergstrom y Hultman, 1966 a, b; Bergstrom et al., 1967; Hermansen et al., 1967). A partir de estos artículos emblemáticos, el campo de la nutrición deportiva se ha desarrollado significativamente con estudios que examinan los efectos de la disponibilidad de nutrientes y las ayudas ergogénicas sobre la modulación del rendimiento, la recuperación, la adaptación al entrenamiento y la composición corporal (Thomas et al., 2016).

Aunque los objetivos del profesional siempre deben ser la entrega de un servicio respaldado por la investigación, a menudo se requiere de un equilibrio entre esperar los estudios controlados aleatorizados (ECA) revisados por pares y su meta-análisis posterior, y la adopción temprana de nuevos métodos en un intento de obtener una ventaja competitiva (Coutts, 2016). La disciplina de la nutrición deportiva puede verse como altamente confusa y contradictoria, con numerosos ejemplos del mundo real donde los resultados de la investigación se han interpretado y aplicado erróneamente. Es imprescindible para el crecimiento y el desarrollo del área de nutrición deportiva que se realice una crítica bien estructurada de la evidencia científica revisada por pares antes de su uso en la práctica. El objetivo de este artículo de Sports Science Exchange es proporcionar al nutricionista deportivo un marco operativo eficiente para evaluar críticamente el potencial de aplicar la investigación a la práctica (Close, 2019). El objetivo de este sistema no es criticar a la metodología general de la investigación, sino evaluar la aplicabilidad directa de la investigación mediante el uso de nuestra *matriz del Papel al Podium (P2P)* (Figura 1).

### CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN

A medida que el área de las ciencias del deporte continúa creciendo, la investigación se ha dirigido hacia la investigación de los mecanismos subyacentes detrás de la adaptación al ejercicio y las intervenciones nutricionales utilizando técnicas de biología molecular (Close et al., 2016). El cultivo celular y los modelos de roedores a menudo se utilizan para investigar respuestas fisiológicas (Gomez-Cabrera et al., 2008; Holland et al., 2016; Owens et al., 2015); sin embargo, los hallazgos pueden tener o no aplicación para un humano que se ejercita con todo su cuerpo. Si bien la identificación de la supresión o activación de una ruta de señalización específica es probable que produzca nuevos conocimientos y preguntas de investigación, esto no significa que el entrenamiento o el programa nutricional de un atleta deba cambiar inmediatamente en consecuencia. Es importante no sólo considerar el modelo o la técnica in vitro, sino también si el estudio se realizó utilizando tipos de células humanas en lugar de roedores, ya que estas investigaciones celulares no humanas a menudo están diseñadas para examinar los posibles mecanismos de acciones de adaptación y nunca fueron destinados a su aplicación directa a la práctica. Al considerar la capacidad de aplicación del estudio, es crucial evaluar si el ensayo tiene validez ecológica (es decir, los métodos replican de alguna manera las condiciones esperadas en el entorno del mundo real). Por lo tanto, la consideración inicial y cuidadosa del contexto de investigación, proporciona la plataforma para evaluar en detalle el potencial de aplicación a una situación deportiva específica.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS PARTICIPANTES

Actualmente, existe una gran ambigüedad al describir las características fisiológicas y el estado general de entrenamiento de los participantes. Con frecuencia descripciones como "bien entrenado", "élite" y "clase mundial" se usan indistintamente, se citan incorrectamente y a veces se proporcionan sin ningún detalle sobre el entrenamiento habitual o las medidas fisiológicas de salud y estado físico. Jeukendrup y colaboradores (2000) inicialmente ofrecieron un marco de estándares objetivos para la categorización de ciclistas dependiendo de criterios cualitativos (por ejemplo, ranking, días

de competencias por año, frecuencia de entrenamiento) y cuantitativos ( $Watt_{max}$ , consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y economía). La idea de definir estándares habituales y fisiológicos como estos pueden ser pertinentes en todos los deportes de resistencia; sin embargo, dentro de los escenarios de deportes de equipo, puede ser práctico simplemente clasificar a los sujetos como aficionados, semi profesionales o profesionales según el nivel de la competencia en la que participan. Los autores deben describir a los participantes utilizando la mayor cantidad de datos cuantificables posible y donde estos datos no estén disponibles, los resultados deben tratarse con cierto grado de precaución debido a las grandes diferencias en la respuesta al ejercicio entre participantes no entrenados y entrenados (Bergman y Brooks, 1999). Por lo tanto, es posible que en el contexto del rendimiento los efectos de mejoría de una intervención específica (por ejemplo, jugo de remolacha (betabel)) no se presenten en los participantes entrenados frente a los menos entrenados (Wilkerson et al., 2012). De esta manera, la eficacia de cualquier intervención nutricional debe investigarse en la población específica en la cual será utilizada. En este sentido, el estudio de la eficacia de las dietas cetogénicas en marchistas de nivel olímpico (Burke et al., 2017) o el trabajo de nuestro grupo que examinó la utilización de glucógeno en el juego de rugby tomado de jugadores profesionales durante un partido competitivo (Bradley et al., 2017) constituyen buenos ejemplos.

## DISEÑO DE INVESTIGACIONES

El diseño cruzado, aleatorio, contrabalanceado, de medidas repetidas, que incorpora una intervención doble ciego y controlada por placebo, generalmente se considera el "estándar de oro" para las investigaciones. Por lo general, también incluiría ensayos de familiarización adecuados junto con el control de todas las amenazas a la validez interna, como los efectos de diferentes calentamientos, ejercicio previo, nutrición previa, condiciones de laboratorio consistentes, estímulo verbal, etc. Por ejemplo, al evaluar los efectos de una nueva bebida deportiva sobre el rendimiento, los mismos participantes son evaluados dos veces y la bebidas de prueba y de control deben ser similares en sabor y color. Suponiendo controles de alimentación y ejercicio adecuados previos a los estudios, una prueba de rendimiento válida y confiable, así como la adopción de procedimientos estadísticos apropiados, este diseño debería permitir a los investigadores determinar los verdaderos efectos de la nueva bebida sobre el rendimiento en ausencia de sesgo del investigador, los participantes y el efecto placebo (Clark et al., 2000; Jones et al., 2016). Sin embargo, muchos estudios pueden carecer de este "estándar de oro" del diseño de investigación. En el caso de probar los efectos de alimentos "reales" en el rendimiento (por ejemplo, ingestas altas en grasas vs. altas en carbohidratos (CHO)), el diseño de la investigación puede carecer del enfoque doble ciego controlado con placebo dado que tanto investigadores como participantes son conscientes de la comida que consumen los sujetos (Burke et al., 2017). De manera similar, al examinar los efectos de la restricción de CHO en las adaptaciones al entrenamiento y el rendimiento, faltaría un diseño doble ciego controlado con placebo (Marquet et al., 2016) a menos que la disponibilidad de CHO haya sido manipulada a través de la provisión de tratamientos con sabor y color similares (Morton et al., 2009). Aunque se debe considerar si la intervención dietética realmente causó el efecto de rendimiento, o si esto fue originado por un sesgo cognitivo hacia cualquier enfoque dietético específico, reconocemos el poder del "placebo" en el ámbito de la práctica aplicada. Dentro de la investigación sobre nutrición deportiva, a menudo es difícil evitar completamente el sesgo cognitivo (es decir, un efecto de creencia) dado que algunas intervenciones pueden ser obvias (por ejemplo, los efectos de la cafeína son difíciles de enmascarar y la mayoría de los atletas son conscientes del efecto de la cafeína sobre el rendimiento). En algunos escenarios de investigación, un diseño neutral,

cruzado, de mediciones repetidas simplemente no es posible debido a problemas que pueden surgir con los tiempos de "lavado" requeridos o los efectos de episodios repetidos, como ocurre en la evaluación de la suplementación y ayudas ergogénicas comunes (por ejemplo, carnitina, creatina, beta-alanina, vitamina D) sobre el rendimiento muscular y corporal (Owens et al., 2014; Sale et al., 2011; Tomcik et al., 2018; Wall et al., 2011). En estos casos, los investigadores pueden haber elegido usar un diseño de grupos similares y, en estas situaciones, es esencial que los grupos se asignen aleatoriamente a grupos de tratamiento que coincidan con las características fisiológicas basales (por ejemplo, edad, estatura, composición corporal, perfil fisiológico, etc.). Como muchas cosas en la ciencia, el diseño de investigación perfecto nunca existe. No obstante, los profesionales deben considerar los matices discutidos anteriormente antes de hacer conclusiones sobre el potencial de aplicación del estudio en cuestión.

## CONTROL DE ALIMENTACIÓN Y EJERCICIO

A pesar de las pautas publicadas para la estandarización dentro de las investigaciones (Jeacocke y Burke, 2010), las publicaciones científicas a menudo no controlan objetivamente la dieta habitual ni informan los controles dietéticos empleados. De hecho, también existen discrepancias en relación a la entrega real de los controles dietéticos, que van desde el auto reporte del sujeto, la preparación de alimentos frescos por parte de los investigadores y/o la preparación y entrega por parte de compañías que preparan comidas. Además, también puede ser útil informar y estandarizar el ejercicio durante los días previos a la prueba experimental, especialmente en situaciones que pueden conducir a diferencias en la disponibilidad de glucógeno muscular antes del ejercicio y, por lo tanto, alterar el rendimiento. Por supuesto, existen ventajas y desventajas para muchos de los métodos comunes de estandarización dietética descritos anteriormente, incluyendo el costo y la facilidad de intervención, pero también la validez ecológica para los participantes de la investigación. El ayuno a menudo se utiliza como control para los estudios de intervención dietética dado que la alimentación alrededor del ejercicio puede alterar significativamente las respuestas metabólicas antes, durante y después del ejercicio (Bartlett et al., 2013; Horowitz et al., 1997; Lane et al., 2013; Widrick et al., 1993). Sin embargo, es poco probable que los atletas de élite compitan o, de hecho, realicen sesiones consecutivas de entrenamiento aeróbico y de resistencia en ayunas o sin ingesta de energía entre sesiones. Una vez más, se debe tener precaución al aplicar la investigación de estudios realizados con participantes en ayunas a atletas que pretenden competir alimentados. Finalmente, los profesionales deben ser conscientes de que algunos estudios restringen deliberadamente el nutriente de interés antes de la prueba, por ejemplo, nitrato (Lane et al., 2014) o los polifenoles (Bell et al., 2014) en un intento de asegurar una concentración consistente de la sustancia a evaluar. Si bien este enfoque es científicamente sólido, se debe tener precaución al aplicar los resultados dado que el atleta en el mundo real puede consumir una dieta naturalmente rica en el compuesto de interés. En conjunto, recomendamos que los profesionales evalúen cuidadosamente los diseños de investigación y los protocolos dietéticos en relación con las prácticas nutricionales, las cargas de entrenamiento y las prácticas organizacionales de entrenamiento que son inherentes a su deporte específico. Y, potencialmente, los diseños de estudios futuros deberían considerar la utilización de condiciones consideradas como la "mejor práctica nutricional" dentro de su contexto del mundo real para evaluar la magnitud "verdadera" de la intervención.

## VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS PROTOCOLOS DE EJERCICIO Y PRUEBAS DE RENDIMIENTO

La validez ecológica, la confiabilidad y el contexto del mundo real de los modelos de ejercicio a menudo se pasan por alto en la investigación, lo que altera la capacidad de interpretar y traducir los datos directamente a la práctica. Un ejemplo de esto es el modelo de extensión de la rodilla con una sola pierna (Andersen et al., 1985), que se ha utilizado ampliamente en la investigación del metabolismo del ejercicio para evaluar el control local del metabolismo muscular y la adaptación al entrenamiento físico. Desde una perspectiva mecanicista, este modelo es ventajoso, ya que la evaluación de las respuestas se pueden realizar en el mismo individuo con la pierna en reposo como control. Sin embargo, la modalidad de pierna única no puede replicar con precisión el ejercicio in vivo, dado que estos modelos tienen una masa muscular limitada, una función cardíaca baja y una respuesta hormonal reducida (Helge et al., 2007). Vale la pena destacar que los estudios de dosis-respuesta que evalúan la cantidad óptima de proteína para estimular la síntesis de proteína muscular sugieren que la dosis absoluta de proteína se duplica efectivamente (es decir, alimentación de 20 a 40 g de proteína después del ejercicio) cuando se utilizan protocolos de entrenamiento de fuerza de todo el cuerpo (Macnaughton et al., 2016) vs. protocolos de ejercicio unilaterales (Moore et al., 2009; Witard et al., 2014).

Además de la validez ecológica, también existe el requisito de considerar cuidadosamente la confiabilidad de cualquier prueba de rendimiento de ejercicio, así como la inclusión de cualquier prueba de familiarización. Dentro del contexto de las pruebas de rendimiento de resistencia, también se puede debatir si el participante debe tener acceso a cualquier señal interna (por ej., frecuencia cardíaca) o externa (por ej., potencia, velocidad de carrera) durante la prueba (Edwards y McCormick, 2017), así como la validez de las pruebas contrarreloj versus capacidad de ejercicio (Currell y Jeukendrup, 2008; Karsten et al., 2018). Por ejemplo, en el caso del ciclismo de ruta profesional, se podría argumentar que los efectos "verdaderos" de cualquier intervención nutricional o ayuda ergogénica siempre deben evaluarse con acceso a señales externas, dado que los ciclistas tienen acceso continuo a medidores de potencia, frecuencia cardíaca, datos y comentarios verbales del personal de apoyo acompañante. Adicionalmente, el uso de pruebas contrarreloj y de capacidad de ejercicio podrían considerarse como medidas de rendimiento válidas, dado que ambas situaciones ocurren en la forma de etapas diseñadas contrarreloj y la habilidad de responder a los "ataques" en escaladas de montaña, respectivamente. Debemos recordar que el entorno de laboratorio controlado, tranquilo y con temperatura estandarizada generalmente nunca es representativo del campo deportivo de élite. ¿Los efectos de la cafeína en la motivación serían los mismos en un ambiente de laboratorio tranquilo en comparación con salir a Twickenham para una final de la Copa Mundial de Rugby frente a 80,000 espectadores?

## ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS

Con frecuencia, uno de los componentes más contradictorios de la investigación relacionada con la nutrición y el rendimiento es la forma en que se han analizado y presentado los datos. En el ámbito de la investigación aplicada al rendimiento, ha habido una tendencia reciente a adoptar el enfoque de las inferencias basadas en la magnitud (Batterham & Hopkins, 2006) en lugar de las pruebas basadas en la probabilidad más tradicionales y, como tal, es importante que los profesionales que aplican esta información estén familiarizados con las ventajas y desventajas de ambos métodos. Es importante destacar que los investigadores deben proporcionar un razonamiento claro, una justificación del tamaño de muestra elegido (a menudo acompañado de cálculos de potencia) y las razones para su elección del análisis estadístico. Finalmente, el enfoque de

la presentación de los datos también puede influir en gran medida en como los resultados son evaluados e interpretados por los lectores. Por ejemplo, la presentación de las medias grupales y el error estándar (en oposición a la desviación estándar) no proporciona una representación real de la variabilidad entre las respuestas de los sujetos, pero los investigadores a menudo eligen representar la variabilidad usando el error estándar (especialmente en formato gráfico) por razones estéticas (Morton, 2009). Dado que los profesionales generalmente procuran la aplicación de intervenciones con atletas individuales, se deben hacer evaluaciones más exhaustivas de los datos y siempre que sea posible trazar y visualizar las diferencias individuales, especialmente cuando la investigación se realizó en una muestra pequeña. Por ejemplo, en un estudio reciente de nuestro laboratorio que examina el efecto de la disponibilidad de glucógeno muscular en la capacidad de resistencia, observamos que la capacidad media de ejercicio aumentó en 60 minutos con una concentración de glucógeno pre-ejercicio alta versus moderada (es decir, 600 vs. 300 mmol. kg<sup>-1</sup> peso seco) (Impey et al., 2016). No obstante, la magnitud individual del aumento en el tiempo hasta el agotamiento varió de 4 min a 113 min. Claramente, la evaluación de las respuestas individuales puede perderse en una presentación donde solo se presenten las medias grupales.

## APLICACIONES PRÁCTICAS

- Considere el potencial de aplicación y el contexto en el que se recopilan los datos.
- Investigue las características de los participantes de los estudios para decidir si la investigación tiene una aplicación directa a su propio contexto.
- Estudie completamente el diseño de la investigación y considere si realmente fue la intervención nutricional la que causó el efecto.
- Decida si la investigación usó controles dietéticos y/o de ejercicio adecuados para atribuir con confianza las diferencias a su intervención de elección.
- Busque cualquier problema de validez y confiabilidad dentro de los protocolos de ejercicio elegidos y las pruebas de rendimiento, prestando especial atención al entorno en el que se realizó el estudio.
- Reflexione sobre cómo se realizaron los análisis de datos, cómo se presentaron los datos, busque diferencias individuales y valores de desviación estándar.

	<b>PUNTAJE NEGATIVO:</b> Sea precavido cuando aplique estos datos a la práctica		<b>PUNTAJE 0:</b> Puede ser un estudio apropiado para guiar la implementación, aunque se necesita cierto grado de precaución	<b>PUNTAJE POSITIVO:</b> Un estudio apropiado para llevar a la práctica	
	-2	-1	0	+2	+2
<b>Contexto</b>	No incluye células humanas ni condición de ejercicio.	No incluye células humanas en condición de ejercicio.	Células humanas en condición de ejercicio.	Participantes humanos con mediciones de rendimiento en ejercicio.	Participantes humanos con mediciones de rendimiento en ejercicio y evaluación de mecanismos
<b>Participantes</b>	No se reporta el nivel de los participantes.	Edad o nivel de entrenamiento inapropiado para el contexto requerido.	Inapropiado nivel de entrenamiento (con criterios definidos) a pesar de tener grupo de edad requerido.	Cerca de una edad o nivel de entrenamiento relevantes (con criterios definidos).	Edad o nivel de entrenamiento relevantes (con criterios definidos).
<b>Diseño de investigación</b>	Sin grupo control, sin intervención a ciegas. Sin consideración del tamaño de la muestra.	Grupo control, sin intervención a ciegas. Sin consideración del tamaño de la muestra.	Estudio controlado aleatorizado (ECA) con mediciones repetidas o diseño de grupos similares. Grupo control, sin intervención a ciegas. Sin cálculos del tamaño de la muestra, pero similares a investigaciones previas.	ECA con mediciones repetidas o diseño de grupos similares. A simple ciego controlado con placebo. Tamaño de la muestra calculado.	ECA con mediciones repetidas o diseño de grupos similares. A doble ciego controlado con placebo. Tamaño de la muestra calculado.
<b>Control</b>	Sin referencia a controles de dieta o ejercicio.	Métodos de control de dieta y ejercicio citados (pero auto reportados) sin datos de respaldo.	Métodos de control de dieta y ejercicio citados (pero auto reportados) con datos de respaldo.	Proporciona el suministro de la alimentación sin datos de respaldo. Controles de ejercicio citados. Sin reproducción en contexto del mundo real.	Proporciona el suministro de la alimentación con datos de respaldo. Controles de ejercicio citados. Representa un contexto del mundo real.
<b>Validez y Confiabilidad</b>	Sin prueba de familiarización, datos de confiabilidad ni herramienta de medición de error. Protocolo de ejercicio no representativo al contexto del mundo real.	Prueba de familiarización. Sin datos de confiabilidad ni herramienta de medición de error. Protocolo de ejercicio no representativo al contexto del mundo real.	Prueba de familiarización, datos de confiabilidad y herramienta de medición de error. Protocolo de ejercicio no representativo al contexto del mundo real.	Prueba de familiarización, datos de confiabilidad y herramienta de medición de error. Protocolo de ejercicio representativo pero realizado en el laboratorio	Prueba de familiarización, datos de confiabilidad y herramienta de medición de error. Protocolo de ejercicio representativo del mundo real.
<b>Análisis de datos</b>	Análisis no reportado o realizado.	Análisis reportado pero limitado a estadística descriptiva.	Análisis reportado. Pruebas apropiadas de significancia o inferencia basada en la magnitud (IBM).	Análisis reportado. Pruebas apropiadas de significancia o IBM. Tamaño del efecto incluido.	Análisis reportado. Pruebas apropiadas de significancia o IBM. Tamaño del efecto incluido. Presentación de respuestas individuales al tratamiento realizado.
<b>Aplicación</b>	Fuera del presupuesto. Complejo de implementar. Pocas oportunidades de cumplirlo.	Podría estar dentro del presupuesto. Complejo de implementar. Pocas oportunidades de cumplirlo.	Dentro del presupuesto. Razonable de implementar. Alguna oportunidad de cumplirlo.	Barato de implementar. Simple de implementar. Buenas oportunidades de cumplirlo.	Barato de implementar. Extremadamente simple de implementar. Sin riesgo de no de cumplirlo.
<b>Riesgo/Recompensa</b>	Alto riesgo de dopaje o inseguro. No dispone de datos de seguridad. Potencial para afectar el rendimiento través de un riesgo elevado o efectos secundarios adversos.	Riesgo mínimo de dopaje pero sin datos de seguridad disponibles. Potencial para afectar el rendimiento través de efectos secundarios adversos. Dosis óptima desconocida	Riesgo mínimo de dopaje. Datos de seguridad disponibles. Algunos efectos secundarios potenciales. Dosis óptima sugerida pero poco clara.	Riesgo mínimo de dopaje. Datos de seguridad disponibles. Bajo riesgo de efectos secundarios Dosis óptima sugerida pero poco clara.	Riesgo mínimo de dopaje. Datos de seguridad disponibles. Evidencia sólida de que no produce efectos secundarios y dosis óptima clara.
<b>Momento</b>	No apropiado para la edad. Tiempo de dosificación inadecuado. Tiempo insuficiente para la competencia principal	Apropiado para la edad. Tiempo de dosificación inadecuado. Tiempo insuficiente para la competencia principal.	Apropiado para la edad. Tiempo de dosificación inadecuado. pero puede ser efectivo. Tiempo insuficiente para la competencia principal.	Apropiado para la edad. Tiempo de dosificación inadecuado pero puede ser efectivo. Tiempo suficiente para la competencia principal.	Apropiado para la edad. Tiempo de dosificación óptimo. Tiempo suficiente para la competencia principal. secundarios y dosis óptima clara.

**Figura 1.** Matriz del papel al podium (P2P). Un marco operativo para evaluar el potencial de aplicar las investigaciones de nutrición sobre el rendimiento. Para cada categoría, evalúe el manuscrito en la escala de -2 a +2 y luego sume la puntuación total. Un puntaje positivo sugiere que el documento tiene un potencial de aplicación significativo, mientras que un puntaje negativo sugiere que se debe tener cierto grado de precaución al intentar aplicar directamente los hallazgos al mundo real. Debe destacarse que esta matriz no es en modo alguno una evaluación de la calidad de la investigación per se, es puramente una evaluación de la capacidad de aplicación del manuscrito.

## RESUMEN

Aunque es relativamente simple en concepto, la traducción de la investigación a la práctica no siempre es un proceso sencillo. De hecho, el deporte de élite es dinámico, impredecible y a menudo caótico, nada de esto puede ser interpretado por un ANOVA de dos vías o predicho desde el entorno de laboratorio controlado. A pesar de la búsqueda continua y las demandas a menudo impacientes por la última ventaja ganadora, consideramos que el punto de partida para el profesional que se basa en las investigaciones debe ser siempre la evaluación crítica del potencial de aplicación de la evidencia científica disponible. En pocas palabras, debemos mirar más allá del resumen, el tweet de 140 caracteres y la última infografía para evaluar realmente el rigor científico y el potencial de aplicación de los estudios de investigación relacionados con la nutrición y el rendimiento. La utilización de la matriz P2P (Figura 1) puede ayudar a los profesionales a evaluar personalmente un trabajo de investigación, aumentando su confianza en la intervención que están a punto de implementar, lo que en última instancia puede resultar en una consulta más entusiasta con el atleta incrementando las posibilidades de una intervención efectiva. Se puede reconocer fácilmente que el contenido y los índices de dicha matriz no son exhaustivos. Por el contrario, el objetivo deliberado es proporcionar una herramienta de evaluación rápida y eficiente que pueda ser aplicada fácilmente por profesionales que con demasiada frecuencia operan bajo las intensas limitaciones de tiempo inherentes al deporte de élite. Después de la evaluación de la investigación existente, también alentamos a los profesionales a realizar investigaciones de campo (por ejemplo, informes de casos o estudios de tamaño de muestra pequeño) con el mismo grado de rigor científico y precisión de medición que es necesario para los ECA. En última instancia, es la combinación de las innovaciones en la investigación y la calidad de la ejecución (es decir, la facilidad de administración de soluciones prácticas) lo que más probablemente produzca la transición del papel al podio.

## REFERENCIAS

- Andersen, P., R.P. Adams, G. Sjogaard, A. Thorboe, and B. Saltin (1985). Dynamic knee extension as model for study of isolated exercising muscle in humans. *J. Appl. Physiol.* 59:1647-1653.
- Bartlett, J.D., J. Louhelainen, Z. Iqbal, A.J. Cochran, M.J. Gibala, W. Gregson, G.L. Close, B. Drust, and J.P. Morton (2013). Reduced carbohydrate availability enhances exercise-induced p53 signaling in human skeletal muscle: implications for mitochondrial biogenesis. *Am. J. Physiol.* 304:R450-458.
- Batterham, A.M., and W.G. Hopkins (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 1:50-57.
- Bell, P.G., I.H. Walshe, G.W. Davison, E. Stevenson, and G. Howatson (2014). Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients.* 6:829-843.
- Bergman, B.C., and G.A. Brooks (1999). Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. *J. Appl. Physiol.* 86:479-487.
- Bergstrom, J., L. Hermansen, E. Hultman, and B. Saltin (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71:140-150.
- Bergstrom, J., and E. Hultman (1966a). The effect of exercise on muscle glycogen and electrolytes in normals. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 18:16-20.
- Bergstrom, J., and E. Hultman (1966b). Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. *Nature.* 210: 309-310.
- Bradley, W.J., J.C. Morehen, J.D. Haigh, J. Clarke, T.F. Donovan, C. Twist, C. Cotton, S. Shepherd, M. Cocks, A. Sharma, S.G. Impey, J.P. Morton, and G.L. Close (2017). Muscle glycogen utilisation during Rugby League match play: effects of pre-game carbohydrate intake. *J. Sci. Med. Sport.* 20:878-883.
- Burke, L.M., M.L. Ross, L.A. Garvican-Lewis, M. Welvaert, I.A. Heikura, S.G. Forbes, J.G. Mirtschin, L.E. Cato, N. Strobel, A.P. Sharma, and J.A. Hawley (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *J. Physiol.* 595:2785-2807.
- Clark, V.R., W.G. Hopkins, J.A. Hawley, and L.M. Burke (2000). Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1642-1647.
- Close, G.L., D.L. Hamilton, A. Philp, L.M. Burke, and J.P. Morton (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic. Biol. Med.* 98:144-158.
- Close, G.L., A.M. Kasper, and J.P. Morton (2019). From paper to podium: quantifying the translational potential of performance nutrition research. *Sports Med.* 49 (Suppl 1):S25-S37.
- Coutts, A.J. (2016). Working Fast and working slow: the benefits of embedding research in high performance sport. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11:1-2.
- Currell, K., and A.E. Jeukendrup (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med.* 38:297-316.
- Edwards, A.M., and A. McCormick (2017). Time perception, pacing and exercise intensity: maximal exercise distorts the perception of time. *Physiol. Behav.* 180:98-102.
- Gomez-Cabrera, M.C., E. Domenech, M. Romagnoli, A. Arduini, C. Borrás, F.V. Pallardo, J. Sastre, and J. Vina (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am. J. Clin. Nutr.* 87:142-149.
- Helge, J.W., B. Stallknecht, E.A. Richter, H. Galbo, and B. Kiens (2007). Muscle metabolism during graded quadriceps exercise in man. *J. Physiol.* 581:1247-1258.
- Hermansen, L., E. Hultman, and B. Saltin (1967). Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol. Scand.* 71:129-139.
- Holland, A.M., W.C. Kephart, P.W. Mumford, C.B. Mobley, R.P. Lowery, J.J. Shake, R.K. Patel, J.C. Healy, D.J. McCullough, H.A. Kluess, K.W. Huggins, A.N. Kavazis, J.M. Wilson, and M.D. Roberts (2016). Effects of a ketogenic diet on adipose tissue, liver, and serum biomarkers in sedentary rats and rats that exercised via resisted voluntary wheel running. *Am. J. Physiol.* 311: R337-R351.
- Horowitz, J.F., R. Mora-Rodriguez, L.O. Byerley, and E.F. Coyle (1997). Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am. J. Physiol.* 273:E768-E775.
- Impey, S.G., K.M. Hammond, S.O. Shepherd, A.P. Sharpley, C. Stewart, M. Limb, K. Smith, A. Philp, S. Jeromson, D.L. Hamilton, G.L. Close, and J.P. Morton (2016). Fuel for the work required: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athletes. *Physiol. Rep.* 4:e12803.
- Jeacocke, N.A., and L.M. Burke (2010). Methods to standardize dietary intake before performance testing. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 20:87-103.
- Jeukendrup, A.E., N.P. Craig, and J.A. Hawley (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *J. Sci. Med. Sport.* 3:414-433.
- Jones, H.S., E.L. Williams, D.C. Marchant, S.A. Sparks, C.A. Bridge, A.W. Midgley, and L.R. Mc Naughton (2016). Deception has no acute or residual effect on cycling time trial performance but negatively effects perceptual responses. *J. Sci. Med. Sport.* 19:771-776.
- Karsten, B., J. Baker, F. Naclerio, A. Klose, A. Bianco, and A. Nimmerichter (2018). Time trials versus time to exhaustion tests: effects on critical power, w' and oxygen uptake kinetics. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13:183-188.
- Lane, S.C., S.R. Bird, L.M. Burke, and J.A. Hawley (2013). Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 38:134-139.
- Lane, S.C., J.A. Hawley, B. Desbrow, A.M. Jones, J.R. Blackwell, M.L. Ross, A.J. Zemski, and L.M. Burke (2014). Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39:1050-1057.
- Macnaughton, L.S., S.L. Wardle, O.C. Witard, C. McGlory, D.L. Hamilton, S. Jeromson, C.E. Lawrence, G.A. Wallis, and K.D. Tipton (2016). The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiol Rep.* 4:e12893.
- Marquet, L.A., J. Brisswalter, J. Louis, E. Tiollier, L.M. Burke, J.A. Hawley, and C. Hausswirth (2016). Enhanced endurance performance by periodization of carbohydrate intake: "sleep low" strategy. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48:663-672.
- Moore, D.R., M.J. Robinson, J.L. Fry, J.E. Tang, E.I. Glover, S.B. Wilkinson, T. Prior, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:161-168.

- Morton, J.P. (2009). Reviewing scientific manuscripts: how much statistical knowledge should a reviewer really know? *Adv. Physiol. Educ.* 33:7-9.
- Morton, J.P., L. Croft, J.D. Bartlett, D.P. Maclaren, T. Reilly, L. Evans, A. McArdle, and B. Drust (2009). Reduced carbohydrate availability does not modulate training-induced heat shock protein adaptations but does upregulate oxidative enzyme activity in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 106:1513-1521.
- Owens, D.J., A.P. Sharples, I. Polydorou, N. Alwan, T.F. Donovan, J. Tang, R.G. Cooper, W.D. Fraser, J.P. Morton, C. Stewart, and G.L. Close (2015). A systems based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration and hypertrophy. *Am. J. Physiol.* 309:E1019-E1031.
- Owens, D.J., D. Webber, S.G. Impey, J. Tang, T.F. Donovan, W.D. Fraser, J.P. Morton, and G.L. Close (2014). Vitamin D supplementation does not improve human skeletal muscle contractile properties in insufficient young males. *Eur. J. Appl. Physiol.* 114:1309-1320.
- Sale, C., B. Saunders, S. Hudson, J.A. Wise, R.C. Harris, and C.D. Sunderland (2011). Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43:1972-1978.
- Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48:543-568.
- Tomcik, K.A., D.M. Camera, J.L. Bone, M.L. Ross, N.A. Jeacocke, B. Tachtsis, J. Senden, L.J.C. Van Loon, J.A. Hawley, and L.M. Burke (2018). Effects of creatine and carbohydrate loading on cycling time trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 50:141-150.
- Wall, B.T., F.B. Stephens, D. Constantin-Teodosiu, K. Marimuthu, I.A. Macdonald, and P.L. Greenhaff (2011). Chronic oral ingestion of L-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans. *J. Physiol.* 589:963- 973.
- Widrick, J.J., D.L. Costill, W.J. Fink, M.S. Hickey, G.K. McConell, and H. Tanaka (1993). Carbohydrate feedings and exercise performance: effect of initial muscle glycogen concentration. *J. Appl. Physiol.* 74:2998-3005.
- Wilkerson, D.P., G.M. Hayward, S.J. Bailey, A. Vanhatalo, J.R. Blackwell, and A.M. Jones (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112:4127-4134.
- Witard, O.C., S.R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby, and K.D. Tipton (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:86-95.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Graeme L. Close, Andreas M. Kasper and James P. Morton (2019). Paper to podium: evaluation of the translational potential of performance nutrition related research. *Sports science exchange* 197, vol. 29, No. 197, 1-6, por M.Sc. Pedro Reinaldo García.