

Vea discusiones, estadísticas y perfiles de autores para esta publicación en: <https://www.researchgate.net/publication/287995954>

Interpretación de perfiles potencia-fuerza-velocidad para individualización y entrenamiento específico

Artículo en International Journal of Sports Physiology and Performance · Diciembre 2015
DOI: 10.1123/ijsp.2015-0638

CITAS

174

LEE

50.810

2 autores:



Jean-Benoit Morin
Universidad Jean Monnet

274 PUBLICACIONES 6.491 CITAS

[VER PERFIL](#)



Pierre Samozino
Savoie Mont Blanc University

201 PUBLICACIONES 4.622 CITAS

[VER PERFILE](#)

Algunos de los autores de esta publicación también están trabajando en estos proyectos relacionados:



Adaptaciones de maduración y formación [Ver proyecto](#)



Mecánica muscular y coordinaciones durante el [sprint](#) motorizado resistido y asistido [Ver proyecto](#)

Interpretación de perfiles potencia-fuerza-velocidad para entrenamiento individualizado y específico

Jean-Benoît Morin y Pierre Samozino

Estudios recientes han aportado nuevos conocimientos sobre la evaluación de los perfiles de potencia-fuerza-velocidad tanto en empujes balísticos (por ejemplo, saltos) como en movimientos de sprint. Estos son los principales componentes físicos del rendimiento en muchos deportes, y los métodos que los autores desarrollaron y validaron se basan en datos que ahora son bastante simples de obtener en condiciones de campo (por ejemplo, masa corporal, altura de salto, tiempo de sprinto velocidad). El aspecto prometedor de estos enfoques es que permiten prácticas de evaluación, monitoreo y entrenamiento más individualizadas y precisas, cuyo éxito depende en gran medida de la correcta recopilación, generación e interpretación de los resultados mecánicos de los atletas. Por lo tanto, los autores querían proporcionar un vade mecum práctico a los profesionales del deporte interesados en implementar estos enfoques de perfil de potencia-fuerza-velocidad. Después de proporcionar un resumen de las definiciones teóricas y prácticas para las principales variables, los autores primero detallan cómo se puede utilizar el perfil vertical para gestionar el rendimiento de empuje balístico, con énfasis en el concepto de perfil óptimo fuerza-velocidad y el desequilibrio fuerza-velocidad asociado. Además, discuten estos mismos conceptos con respecto a la elaboración de perfiles horizontales en la gestión del rendimiento del sprint. Estas secciones se ilustran con ejemplos típicos de la práctica de los autores. Por último, proporcionan una síntesis práctica y operativa y esbozan los desafíos futuros que ayudarán a desarrollar aún más estos enfoques.

Palabras clave: rendimiento explosivo, salto, sprint, deportes de equipo, atletismo, entrenamiento de fuerza

Uno de los principales determinantes del rendimiento físico en deportes como el atletismo, el rugby, el fútbol, el fútbol, el voleibol y el baloncesto es la capacidad de producir una alta potencia mecánica durante los saltos y las aceleraciones de sprint.^{1,2} Esta potencia de salida depende de la capacidad de los sistemas neuromusculares y osteoarticulares de los atletas para generar altos niveles de fuerza, aplicarla con eficacia sobre el medio ambiente (es decir, apoyar el suelo, la pelota, el proyectil) y producir esta fuerza a alta velocidad de contracción. Por lo tanto, la fuerza y la velocidad se consideran las características subyacentes de la potencia mecánica de salida en los movimientos deportivos.^{3,4} Aunque la evaluación y el seguimiento a largo plazo de estas capacidades son primordiales tanto para el rendimiento como para los procesos de rehabilitación, esta evaluación se ha asociado durante mucho tiempo con tecnologías costosas y, a menudo, basadas en laboratorios. Recientemente, nuestro grupo de investigación ha presentado métodos de campo simples para calcular la fuerza, la velocidad y la potencia de salida en salto⁵ y sprint⁶ calculados a través de mediciones desde dispositivos ampliamente accesibles y prácticos. Gracias a estos métodos, todas las salidas mecánicas importantes del salto y el sprint se pueden derivar de medidas básicas de masa corporal, longitud de las extremidades inferiores, altura de salto y medidas de distancia-tiempo o velocidad-tiempo solamente.⁶⁻⁸

Recientemente, tuvimos la oportunidad de discutir la implementación de estos "métodos simples" con muchos practicantes del deporte, y nos dimos cuenta de que más allá de la descripción presentada en los artículos publicados, era necesario

detallar cómo interpretar las mediciones para un uso eficiente en la práctica diaria. Nuestro objetivo aquí es proporcionar un vade mecum práctico a los lectores que deseen utilizar el perfil de potencia-velocidad para un diagnóstico más individualizado y eficiente.

Morin está en el Laboratorio de Motricidad Humana, Educación, Deporte y Salud, Universidad de Niza Sophia Antipolis, Niza, Francia. Samozino es del Laboratorio Interuniversitario de Biología del Movimiento Humano, Universidad Savoie Mont Blanc, Le Bourget-du-Lac, France. Dirección correspondencia del autor a Jean-Benoît Morin en jean-benoit.morin@unice.fr.

adiestramiento. Los puntos clave de este comentario estarán respaldados por ilustraciones de datos típicos recopilados en nuestra práctica de investigación, capacitación o consultoría durante la última década.

Definiciones

El enfoque de perfil potencia-fuerza-velocidad se basa en las relaciones fuerza-velocidad (F-V) y potencia-velocidad que caracterizan las capacidades mecánicas máximas del sistema neuromuscular de las extremidades inferiores. La definición y la interpretación práctica de las principales variables mecánicas de interés se presentan en la Tabla 1.

Perfil vertical para el rendimiento de empuje balístico

Las medidas de entrada necesarias para determinar correctamente el perfil vertical^{5,9,10} son la masa corporal del atleta, la longitud de las extremidades inferiores en posición totalmente extendida, la altura de partida y la altura de salto (medida por un espectro de parámetros de carga). Este último ahora se puede medir de manera fácil y precisa utilizando dispositivos simples y accesibles^{7,8}. La altura de salto debe medirse a través de mediciones repetidas con al menos 5 cargas adicionales (que oscilan uniformemente entre 0 kg y la carga adicional con la que el atleta puede saltar unos 10 cm), después de lo cual se puede completar el perfil F-V y todos

los demás cálculos. Las conclusiones de la investigación muestran que el rendimiento de salto está determinado por la potencia mecánica máxima de salida ($VTC-P_{max}$) y la magnitud de la diferencia relativa entre la pendiente de la relación lineal F-V (S_{fv}) y $S_{fv_{opt}}$ por un individuo dado (FV_{imb})⁹. Por lo tanto, en términos prácticos, si se diseña un programa de entrenamiento para mejorar el rendimiento de empuje balístico de los atletas (por ejemplo, saltos, empujones máximos individuales, cambio de dirección), el enfoque debe centrarse en aumentar $VTC-P_{max}$ y / o disminuir FV_{imb} . Con respecto a los atletas que muestran un desequilibrio significativo en las capacidades mecánicas,

267

Tabla 1 Definición e interpretación práctica de las principales variables de interés cuando se utiliza el perfil de potencia-fuerza-velocidad en push-offs balísticos (perfil vertical) y sprint (perfil horizontal)

Variable de generación de perfiles	Definición y cálculo	Interpretación práctica
Vertical $VTC-F0$ (N/kg)	Producción teórica de fuerza máxima de las extremidades inferiores extrapolada de la relación fuerza-velocidad (F-V) de las sentadillas de salto cargadas linealmente; y -interceptación de la relación lineal F-V.	Salida máxima de fuerza concéntrica (por unidad de masa corporal) que las extremidades inferiores del atleta pueden teóricamente producir durante el empuje balístico. Determinado a partir de todo el espectro F-V, proporciona información más integradora sobre la capacidad de fuerza que, por ejemplo, la carga máxima de 1 repetición en cuclillas concéntricas.
$VTC-V0$ (m/s)	Velocidad teórica de extensión máxima de las extremidades inferiores extrapolada de la relación F-V de las sentadillas de salto cargadas lineales; x -interceptación de la relación lineal F-V.	Velocidad máxima de extensión de las extremidades inferiores del atleta durante el empuje balístico. Se extrae de todo el espectro F-V y es muy difícil, si no imposible, alcanzar y medir experimentalmente. También representa la capacidad de producir fuerza a velocidades de extensión muy altas.
$VTC-P_{max}$ (W/kg)	Potencia mecánica máxima de salida, calculada como $P_{max}=F0 \times V0/4$ o como el vértice de la relación polinómica P-V de 2º grado.	Capacidad máxima de salida de potencia del sistema neuromuscular de las extremidades inferiores del atleta (por unidad de masa corporal) en el movimiento de extensión concéntrico y balístico.
S_{fv}	Pendiente de la relación lineal F-V, calculada como $S_{fv} = -F0/V0$.	Índice del equilibrio individual del atleta entre las capacidades de fuerza y velocidad. Cuanto más pronunciada es la pendiente, más negativo es su valor, más "fuerte" es el perfil F-V, y viceversa.
$S_{fv_{opt}}$	Para una distancia de empuje dada, masa corporal y P_{max} , el valor único de S_{fv} que maximiza la altura de salto. Para un cálculo detallado, véase el Apéndice en Samozino et al. ¹⁰	El perfil óptimo de F-V que representa el equilibrio óptimo, para un individuo dado, entre las capacidades de fuerza y velocidad. Para un P_{max} de potencia máxima dado, este perfil se asociará, con el mayor rendimiento de empuje balístico posible para este individuo. Los programas de capacitación deben diseñarse tanto para aumentar <i>el</i> P_{max} como para orientar s_{fv} hacia la opción $s_{fv_{opt}}$.
FV_{imb} (%)	Magnitud de la diferencia relativa entre S_{fv} y $S_{fv_{opt}}$ por un individuo dado. Calculado como $(S_{fv}/S_{fv_{opt}}) \times 100$ y expresado en porcentaje.	Magnitud de la diferencia entre los perfiles F-V reales y óptimos. Un valor de 100% significa $S_{fv} = S_{fv_{opt}}$, es decir, perfil F-V optimizado. Valores superiores al 100% significan un desequilibrio con un déficit de velocidad, y viceversa. Cuanto mayor sea la diferencia con el valor óptimo del 100%, mayor será el desequilibrio.

Horizontal <i>HZT-F0</i> (N/kg)	Producción teórica de fuerza horizontal máxima extrapolada de la relación lineal sprint F-V; y-interceptación de la relación lineal F-V.	Salida de fuerza máxima (por unidad de masa corporal) en la dirección horizontal. Corresponde al empuje inicial del atleta al suelo durante la aceleración del sprint. Cuanto mayor sea el valor, mayor será la producción de fuerza horizontal específica del sprint.
<i>HZT-V0</i> (m/s)	Velocidad de carrera máxima teórica extrapolada de la relación lineal sprint F-V; x-interceptación de la relación lineal F-V.	Capacidad de velocidad máxima de sprint del atleta. Ligeramente superior a la velocidad máxima real. La velocidad máxima teórica de carrera que el atleta podría alcanzar si las resistencias mecánicas (es decir, internas y externas) contra el movimiento fueran nulas. También representa la capacidad de producir fuerza horizontal a velocidades de funcionamiento muy altas.
<i>HZT-Pmax</i> (P/kg)	Potencia mecánica máxima de salida en la dirección horizontal, calculada como $P_{max} = F0 \times V0/4$, o como el vértice de la relación polinómica P-V de 2º grado.	Capacidad máxima de potencia-salida del atleta en la dirección horizontal (por unidad de masa corporal) durante la aceleración del sprint.
<i>RF</i> (%)	Relación de fuerza, calculada como la relación entre la componente horizontal promediada por pasos de la fuerza de reacción al suelo y la fuerza resultante correspondiente.	Medición directa de la proporción de la producción total de fuerza que se dirige en la dirección hacia adelante del movimiento, es decir, la efectividad mecánica de la aplicación de fuerza del atleta. Cuanto mayor sea el valor, más importante será la parte de la salida de fuerza total dirigida hacia adelante.
<i>RFmax</i> (%)	Valor máximo de <i>RF</i> , calculado como valor máximo de <i>RF</i> para tiempos de sprint >0.3 s.	Teóricamente máxima efectividad de la aplicación de fuerza. Medición directa de la proporción de la producción total de fuerza que se dirige en la dirección hacia adelante del movimiento en el inicio del sprint.
<i>DRF</i>	Tasa de disminución de <i>RF</i> con aumento de la velocidad durante la aceleración del sprint, calculada como la pendiente de la relación lineal <i>RF</i> -V.	Describe la capacidad del atleta para limitar la inevitable disminución de la efectividad mecánica con el aumento de la velocidad, es decir, un índice de la capacidad de mantener una producción neta de fuerza horizontal a pesar del aumento de la velocidad de carrera. Cuanto más negativa sea la pendiente, más rápida será la pérdida de efectividad de la aplicación de fuerza durante la aceleración, y viceversa.

Los programas de capacitación deben priorizar el entrenamiento de la falta de capacidad mecánica para cambiar Sfv hacia Sfv_{opt} . El principal interés del actual estudio es que los diagnósticos, y la periodización del entrenamiento resultante, sean individualizados y fácilmente monitorizados. En consecuencia, la capacidad de monitorear con frecuencia estos resultados permite el análisis de los cambios en $VTC-Pmax$ y FV_{imb} a lo largo del tiempo (por ejemplo, una vez cada mes) y puede ayudar en la implementación y reimplementación específicas de prácticas de programación eficientes y dinámicas. El primer informe de caso (Figura 1) ilustra esto con datos de 2 atletas con una distancia de empuje similar. Aunque el atleta A tiene una mayor $VTC-Pmax$, su rendimiento en sentadillas con salto es menor porque tiene un desequilibrio F-V. El atleta B tiene un $VTC-Pmax$ más bajo, pero su perfil es casi exactamente igual a su perfil óptimo individual (solo un 1% de desequilibrio). El enfoque actual sugeriría, por lo tanto, que el entrenamiento del atleta A debería priorizar el desarrollo de capacidades de fuerza máxima para corregir su desequilibrio y aumentar el $VTC-Pmax$. Una vez que este objetivo es

logrado, puede hacer la transición a un entrenamiento similar al del atleta B, para mejorar su $VTC-Pmax$ mientras mantiene su perfil corregido (es decir, óptimo).

El segundo ejemplo muestra a 2 jugadores jóvenes del mismo equipo de fútbol (academia de clubes profesionales de la primera liga francesa U19). Como se muestra en la Figura 2, estos jugadores tienen valores $VTC-Pmax$ y Sfv bastante similares, pero muestran características FV_{imb} opuestas: el jugador A muestra un déficit de fuerza, mientras que el jugador B muestra un déficit de velocidad. Además, la diferencia absoluta con su respectiva sfv es menor en el jugador B que en el jugador A (28% vs 37%). Este FV_{imb} relativamente más pequeño y un $VTC-Pmax$ ligeramente más alto en el jugador B explican su rendimiento en sentadillas.

Con este resultado en mente, este enfoque sugiere que la forma más eficiente de entrenar y mejorar el rendimiento de empuje balístico en ambos jugadores sería un programa individualizado (indexado en el FV_{imb} de cada jugador) que apunta al desarrollo de diferentes

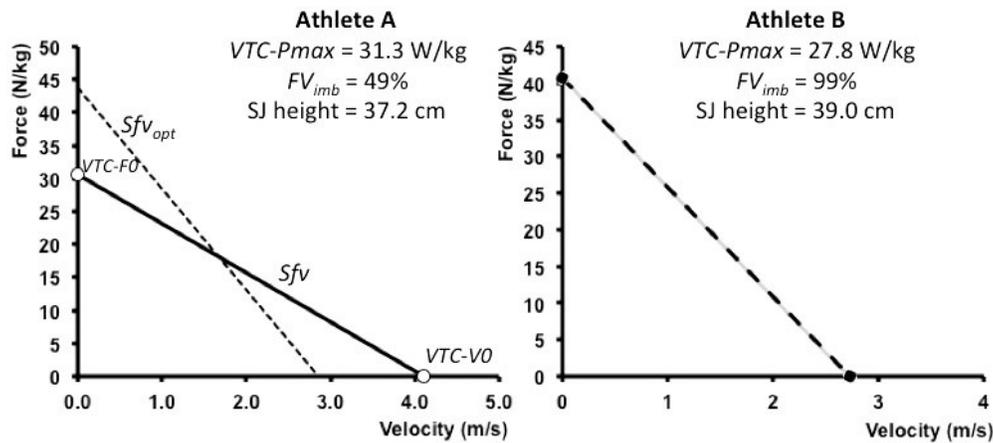


Figura 1 — Perfiles verticales de fuerza-velocidad de 2 atletas de pista y campo (masa corporal para A, 67,2 kg y B, 82,8 kg; distancia de empuje para A, 0,34 m y B, 0,35 m) obtenidos de saltos máximos en cuclillas (SJ) contra cargas adicionales de 0, 10, 20, 30 y 40 kg. A pesar de un valor más alto de $VTC-Pmax$ (potencia mecánica máxima), el rendimiento de salto en cuclillas del atleta A es menor porque su FV_{imb} (magnitud de la diferencia relativa entre la pendiente de la relación lineal fuerza-velocidad [Sfv] y Sfv_{opt}) es mayor que para el atleta B. Para el atleta A, la línea negra indica el perfil real, y la línea discontinua, el perfil óptimo. Tenga en cuenta que el perfil del atleta B es casi óptimo y, por lo tanto, las relaciones reales y óptimas se confunden en el panel derecho (línea gris y línea discontinua negra). Abreviaturas: $VTC-F0$, producción de fuerza máxima de los miembros inferiores; $VTC-V0$, velocidad máxima de extensión de los miembros inferiores.

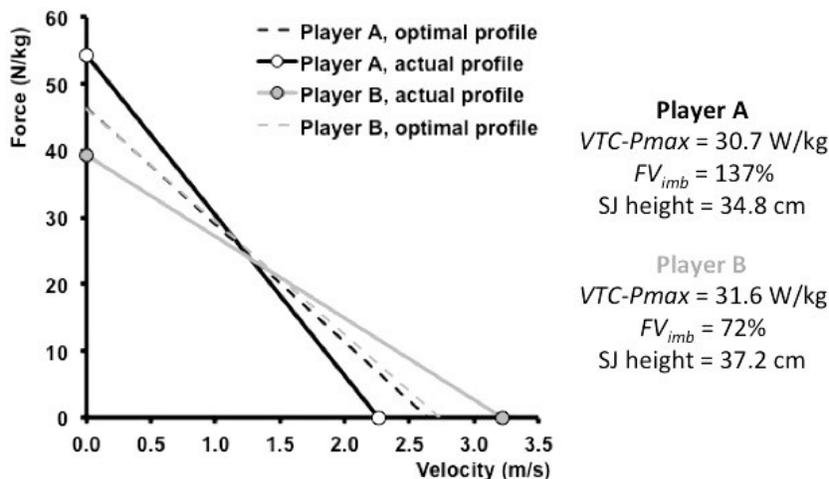


Figura 2 — Perfiles verticales de fuerza-velocidad de 2 jugadores de fútbol jóvenes de élite (menores de 19 años) (masa corporal para A, 78 kg y B, 75,5 kg; distancia de empuje para A, 0,26 m y B, 0,28 m) obtenidos de saltos máximos en cuclillas (SJ) contra cargas adicionales de 0, 10, 20, 40 y 50 kg. Un jugador tiene un déficit de fuerza (magnitud de la diferencia relativa entre la pendiente de la relación lineal fuerza-velocidad [Sfv] y Sfv_{opt} [FV_{imb}] del 72%), mientras que el otro tiene un déficit de velocidad (FV_{imb} del 137%). El jugador A es un defensor central y el jugador B es un portero. Abreviatura: $VTC-Pmax$, potencia mecánica máxima de salida.

capacidades. Nuestras observaciones aún no publicadas han demostrado que un enfoque optimizado individualmente es más eficiente que un programa de talla única, idéntico para esos 2 jugadores.

Este último ejemplo plantea una pregunta importante, sin embargo, con respecto a la aplicación de la mejora del rendimiento de empuje balístico en movimientos cíclicos como la carrera de sprint. Esta pregunta en particular es el principal interés al desarrollar la aceleración hacia adelante (sprint) y las características de rendimiento, por ejemplo, en jugadores de fútbol o rugby (a excepción de algunos jugadores como porteros o algunas acciones deportivas específicas que involucran saltos), y se discutirá en la siguiente sección que detalla el perfil horizontal para el rendimiento del sprint.

Perfiles horizontales para el rendimiento de Sprint

Las entradas que deben medirse para determinar el perfil horizontal⁶ son la masa corporal y la altura del atleta y los datos de distancia-tiempo o velocidad-tiempo de carrera. Este último se puede medir utilizando una serie de puertas de sincronización (fotocélulas) (al menos 5 tiempos divididos, por ejemplo, 5, 10, 20, 30 y 40 m) o un dispositivo láser o de radar (por ejemplo, ~ 50-Hz Stalker ATSH radar, Applied Concepts Inc, Plano, TX). La velocidad del viento, la temperatura ambiente y la presión también deben conocerse para estimar con precisión la fuerza de fricción del aire. Todo el proceso potencia-fuerza-velocidad se puede calcular a partir del modelado simple de la derivación de la curva velocidad-tiempo que conduce a los datos de aceleración horizontal. Del mismo modo, la efectividad mecánica de la aplicación de fuerza se puede determinar a través de la relación lineal entre la relación de fuerza (RF) y la velocidad de funcionamiento¹¹ (Figura 3). Nuestra investigación ha demostrado que, además de la potencia mecánica máxima de salida en la dirección horizontal ($HZT-P_{max}$), el rendimiento de 100 m se relacionó con la capacidad de aplicar altas cantidades de fuerza en la dirección horizontal (RF y tasa de disminución en los índices RF [D_{RF}]).¹¹⁻¹³ Con respecto a los sprints más cortos (es decir, fases de solo aceleración, por ejemplo, hasta 10-20 m en especialistas en rugby o fútbol), los resultados recientes han demostrado que cuanto más corta es la distancia considerada, mayor es la relación entre el rendimiento del sprint y la producción máxima de fuerza

horizontal ($HZT-F_0$) (observaciones no publicadas). Por lo tanto, en términos prácticos, si un programa de entrenamiento está diseñado para mejorar el rendimiento de aceleración de sprint, el enfoque debe centrarse en aumentar $HZT-P_{max}$ mejorando sus componentes ($HZT-F_0$ y velocidad máxima de carrera [$HZT-V_0$]). Esto podría hacerse comparando primero las fortalezas y debilidades relativas en el perfil de cada jugador con el resto del equipo, y luego programando el contenido del entrenamiento en función de la distancia sobre la cual se debe optimizar la aceleración del sprint. En cuanto a la elaboración de perfiles verticales, el principal valor de este enfoque es que las intervenciones diagnósticas y posteriores de formación dirigida son individualizadas, y el seguimiento frecuente de los cambios inducidos por el programa en $HZT-P_{max}$ y sus determinantes mecánicos puede hacer que este programa sea más eficiente y dinámico en términos de adaptación a los cambios individuales a lo largo del tiempo. En particular, dado que $HZT-F_0$ y RF son primordiales para el rendimiento en la aceleración de sprint cortos, acoplar el perfil vertical al perfil horizontal puede ayudar a identificar los determinantes de $HZT-F_0$. Usando este enfoque, consideramos que $HZT-F_0$ es el resultado de la interacción de la capacidad de fuerza general del atleta en cada extensión de la extremidad inferior (según lo evaluado por el perfil vertical) y su capacidad para transferir este nivel de fuerza general al movimiento específico de sprint hacia adelante en los primeros pasos (como lo demuestra Rf_{max}) o en pasos a altas velocidades (como lo demuestra D_{RF}) (Cuadro 1, figura 4). En resumen, un $HZT-F_0$ alto puede resultar de un alto $VTC-P_{max}$ y una alta calidad de transferencia vertical a horizontal (es decir, buenos valores de Rf_{max} y D_{RF}), mientras que un bajo $HZT-F_0$ puede resultar de un alto $VTC-P_{max}$ con una transferencia de baja calidad (malos valores de Rf_{max} y D_{RF}); viceversa, un bajo $VTC-P_{max}$ con una transferencia de alta calidad (buenos valores de Rf_{max} y D_{RF}); o cualquier posible combinación intermedia.

El informe de caso utilizado para ilustrar estos puntos muestra datos de 2 jugadores de un equipo de rugby de élite. La Figura 3 muestra que los 2 jugadores tienen valores similares en el tiempo de 20 m (aceleración máxima desde un inicio de pie) y $HZT-P_{max}$, pero con perfiles F-V opuestos y perfiles de velocidad RF . De hecho, el jugador C tiene mayores capacidades de producción de fuerza horizontal (en el contexto específico de empuje de sprint), especialmente al comienzo del sprint y, en particular, debido a una mayor efectividad de la aplicación de fuerza en tierra (indicada en un Rf_{max} más alto). Sin embargo, su D_{RF} es más negativo, lo que significa que su mayor efectividad inicial disminuye a un ritmo mayor a medida que aumenta la velocidad que para el jugador D.

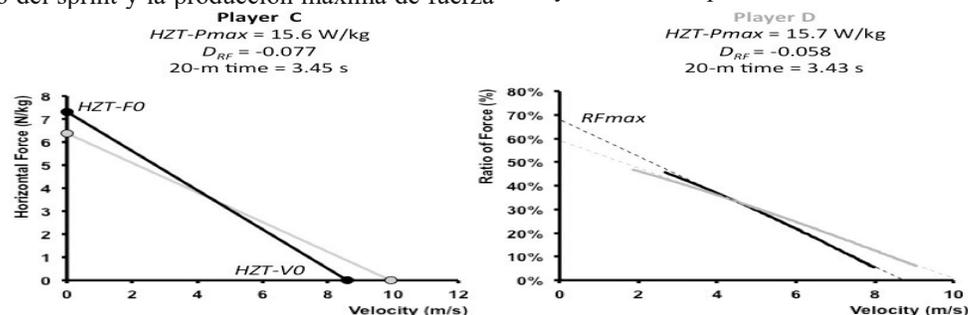


Figura 3 — Perfiles horizontales de fuerza-velocidad de 2 jugadores de rugby de élite (masa corporal para C, 108,8 kg, y D, 86,1 kg) obtenidos de sprints máximos de 30 m. Ambos jugadores alcanzaron su velocidad máxima de carrera antes de la marca de 30 m. Abreviaturas: $HZT-P_{max}$, potencia mecánica máxima de salida en la dirección horizontal; D_{RF} , tasa de disminución en la relación de fuerza con el aumento de la velocidad durante la aceleración del sprint; $HZT-F_0$, producción máxima de fuerza horizontal; $HZT-V_0$, velocidad máxima de funcionamiento.

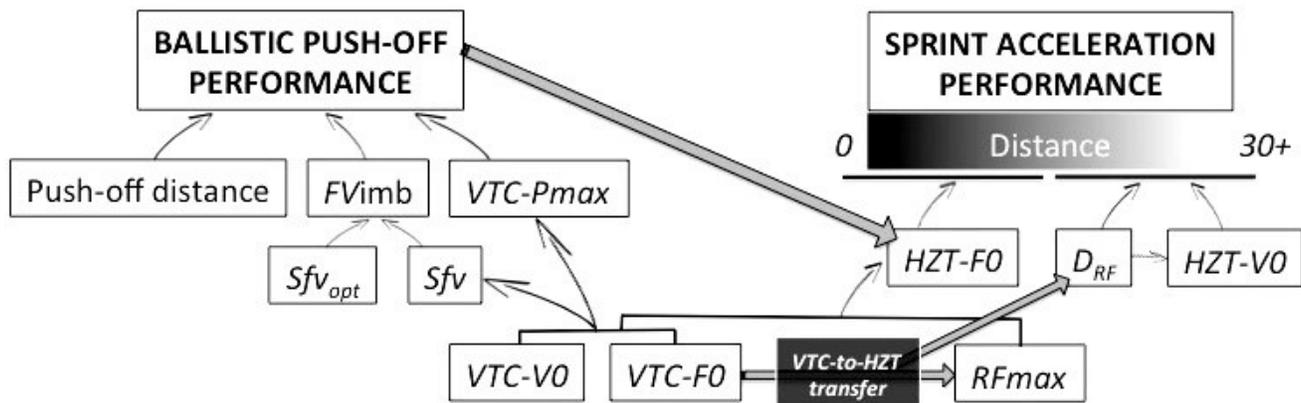


Figura 4 — Árbol de decisión para interpretar los perfiles de fuerza-velocidad-potencia en relación con el empuje balístico (por ejemplo, salto) y las actuaciones de sprint. Estas relaciones mecanicistas se basan tanto en características teóricas de nuestros modelos^{5,6,9,13,20} como en algunas evidencias experimentales^{18,19} y datos no publicados). En el sprint, cuanto más corta sea la distancia de aceleración, mayor será la importancia de las capacidades de *HVT-FO* en comparación con *HVT-VO*, y viceversa. Abreviaturas: *FV_{imb}*, magnitud de la diferencia relativa entre la pendiente de la relación lineal fuerza-velocidad (*Sfv*) y *Sfv_{opt}*; *VTC-Pmax*, potencia mecánica máxima de salida; *HVT-FO*, producción máxima de fuerza horizontal; *D_{RF}*, tasa de disminución en la relación de fuerza con el aumento de la velocidad durante la aceleración del sprint; *HVT-VO*, velocidad máxima de funcionamiento; *RFmax*, relación máxima de fuerza.

Esto probablemente ha contribuido a una mayores capacidades de velocidad, lo que explica el mayor *HVT-VO* del deportista D. En cuanto al empuje balístico, sugerimos que el programa de entrenamiento diseñado para mejorar el rendimiento del sprint (por ejemplo, aquí el tiempo de 20 m) en cada uno de estos 2 jugadores debe apuntar a diferentes capacidades. Un programa similar dado a estos jugadores (que es la práctica actual en la mayoría de los equipos, según nuestra percepción) dará como resultado adaptaciones subóptimas para ambos. En particular, el entrenamiento del jugador D debe apuntar como prioridad a sus capacidades *HVT-FO*. Aquí, en términos de prevención de lesiones, esto sugiere que a este jugador se le podría dar más fuerza y trabajo de fuerza horizontal que otros y probablemente menos trabajo de velocidad de sprint máxima. Esto podría reducir directamente el riesgo de lesiones relacionadas con el sprint para este jugador al reducir el tiempo total que estaría expuesto a correr a alta velocidad.¹⁴⁻¹⁷ Para este jugador, en comparación con el jugador C (y potencialmente comparado con el valor promedio del grupo / equipo), se debe desarrollar *HVT-FO*, especialmente a través del aumento de *RFmax*. La adición del perfil vertical descrito con anterioridad a este perfil horizontal podría ayudar a determinar mejor si un *HVT-FO* más bajo se debe a un déficit general de fuerza de las extremidades inferiores (como lo indica un *VTC-Pmax* bajo) y / o un déficit en la transferencia de esta fuerza en el movimiento de empuje horizontal específico (capacidad técnica). Se han reportado diferencias en los perfiles horizontales en jugadores de rugby de élite según las posiciones individuales de los jugadores¹⁸ y en jugadores de fútbol jóvenes.¹⁹

Síntesis práctica

La Figura 4 muestra un árbol de decisión, con un enfoque específico en el empuje balístico y el rendimiento de aceleración de sprint, que son 2 determinantes físicos principales en muchos deportes. Esta figura está diseñada para ayudar a los profesionales a utilizar el enfoque de perfiles verticales y horizontales para detectar mejor las fortalezas y debilidades en sus atletas y diseñar intervenciones de entrenamiento más efectivas. El perfil vertical proporcionará información sobre qué capacidades físicas deben desarrollarse para mejorar el rendimiento de empuje balístico y sobre los niveles máximos de fuerza y velocidad del sistema neuromuscular del atleta. El perfil horizontal proporcionará información sobre el movimiento específico de aceleración en el sprint y sobre qué características físicas o técnicas subyacentes

principalmente se encuentran en el rendimiento de sprint de cada individuo.

Conclusión y perspectivas

Estos nuevos enfoques de perfiles verticales y horizontales de fuerza-velocidad-potencia tienen el potencial de proporcionar a los practicantes del deporte métodos simples, baratos pero precisos para un monitoreo y entrenamiento más individualizado de las capacidades físicas y técnicas. Estos métodos se pueden implementar fácilmente de forma regular, ya que se basan en movimientos comunes y específicos del deporte (empujes balísticos y aceleraciones de sprint) y, por lo tanto, pueden utilizarse para procesos de monitoreo y entrenamiento a largo plazo. Además, también pueden implementarse en procesos de prevención y rehabilitación de lesiones, ya que la información diagnóstica ayudará en programas de entrenamiento relacionados con el sprint mejor diseñados, y se han observado diferencias claras entre los jugadores lesionados y no lesionados.^{20,21}

Las limitaciones de estos enfoques han sido ampliamente discutidas,^{5,6,22} y la perspectiva principal se deriva del hecho de que estos métodos de elaboración de perfiles dan información sobre *qué* resultados musculares específicos deben desarrollarse, no *cómo* se debe hacer esto. Este será el próximo reto que nos complace emprender: probar e investigar los métodos prácticos (de entrenamiento) más eficientes para mejorar cada determinante mecánico del rendimiento y ampliar aún más el conocimiento actual sobre este tema⁴ utilizando los nuevos enfoques presentados aquí.

Reconocimientos

Estamos eternamente agradecidos por la ayuda (y la confianza) de todos los practicantes del deporte (entrenadores, fisioterapeutas, gerentes, médicos, arqueros de rese, estudiantes) que nos han ayudado a desarrollar estos enfoques en los últimos 10 años. También agradecemos a todos los atletas, de todos los niveles de rendimiento, que hicieron, hacen o darán voluntaria y entusiastamente su mejor esfuerzo durante las pruebas. Un especial queks va a nuestro amigo y colega Pedro Jiménez-Reyes, por su dedicado trabajo y ayuda en el desarrollo de este enfoque. Agradecemos a Matt Cross y Matt Brughelli por su cuidadosa lectura y comentarios sobre el manuscrito revisado.

Referencias

1. Cronin J, Sleivert G. Desafíos en la comprensión de la influencia del entrenamiento de potencia máxima en la mejora del rendimiento

- deportivo. *Deportes Med.* 2005;35:213–234. [PubMed doi:10.2165/00007256-200535030-00003](#)
- 272 Morin y Samozino
2. Cronin JB, Hansen KT. Strength y predictores de potencia de la velocidad deportiva. *J Fuerza Cond Res.* 2005;19:349–357. [PubMed](#)
 3. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Desarrollo de la máximapotencia neuromuscular: parte 1: base biológica de la producción máxima de energía. *Deportes Med.* 2011;41(1):17–38. [PubMed doi:10.2165/11537690000000000-00000](#)
 4. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Desarrollo de la potencia neuromuscular máxima: parte 2: consideraciones de entrenamiento para mejorar la producción máxima de energía. *Deportes Med.* 2011;41:125–146. [PubMed doi:10.2165/11538500-000000000-00000](#)
 5. Samozino P, Morin JB, Hintzy F, Belli A. Un método simple para medir la fuerza, la velocidad y la potencia de salida durante el salto en cuclillas. *J Biomech.* 2008;41:2940–2945. [PubMed doi:10.1016/j.jbiomech.028.07.2008](#)
 6. Samozino P, Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Peyrot N, Saez de Villarreal E, Morin JB. Un método simple para medir la potencia, la fuerza, las propiedades de velocidad y la efectividad mecánica en la carrera de sprint [publicado en línea antes de la impresión]. *Scand J Med Sci Sports.* 2015; [doi:10.1111/sms.12490](#) [PubMed](#)
 7. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. La validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir el rendimiento del salto vertical. *J Ciencias deldeporte.* 2015;33(15):1574–1579. [PubMed doi:10.1080/02640414.2014.996184](#)
 8. Stanton R, Kean CO, Scanlan AT. Mi salto para la evaluación de salto vertical. *Br J Sports Med.* 2015; [doi:10.1136/bjsports-2015-094831](#). [PubMed](#)
 9. Samozino P, Edouard P, Sangnier S, Brughelli M, Gimenez P, Morin JB. Perfil fuerza-velocidad: determinación del desequilibrio y efecto sobre el rendimiento balístico de las extremidades inferiores. *Int J Sports Med.* 2014;35:505–510. [PubMed](#)
 10. Samozino P, Rejc E, Di Prampero PE, Belli A, Morin JB. Perfil óptimo fuerza-velocidad en movimientos balísticos: ¿citius o fortius? *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(2):313–322. [PubMed doi:10.1249/MSS.0b013e31822d757a](#)
 11. Morin JB, Edouard P, Samozino P. Capacidad técnica de aplicación de fuerza como factor determinante del rendimiento del sprint. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1680–1688. [PubMed doi:10.1249/MSS.0b013e318216ea37](#)
 12. Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. Determinantes mecánicos del rendimiento de carrera en sprint de 100 m. *Euro J Appl Physiol.* 2012;112:3921–3930. [PubMed doi:10.1007/s00421012-2379-8](#)
 13. Rabita G, Dorel S, Slawinski J, et al. Mecánica de sprint en atletas de clase mundial: una nueva visión de los límites de la locomoción humana. *Escaneado J Med Sci Sports.* 2015;25:583–594. [PubMed doi:10.1111/sms.12389](#)
 14. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Aptitud física, lesiones y rendimiento del equipo en el fútbol. *Con Sci Sports Exerc.* 2004;36:278–285. [PubCon doi:10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA](#)
 15. Feddermann-Demont N, Junge A, Edouard P, Branco P, Alonso JM. Lesiones en 13 campeonatos internacionales de atletismo entre 2007-2012. *Br J Sports Med.* 2014;48:513–522. [PubMed doi:10.1136/bjsports-2013-093087](#)
 16. Ueblacker P, Mueller-Wohlfahrt HW, Ekstrand J. Comparación epidemiológica y clínica de resultados indirectos ('cepa') versus directos ('contusión') lesiones musculares anteriores y posteriores del muslo en jugadores masculinos de fútbol de élite: estudio de la UEFA Elite League de 2287 lesiones en el muslo (2001-2013). *Br J Sports Med.* 2015; [doi:10.1136/bjsports-2014-094285](#). [PubMed](#)
 17. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. El Programa de Investigación Médica de la Asociación de Fútbol: una auditoría de lesiones en el fútbol profesional: análisis de lesiones en los isquiotibiales. *Br J Sports Med.* 2004;38:36–41. [PubMed doi:10.1136/bjism.2002.002352](#)
 18. Cross MR, Brughelli M, Brown SR, et al. Propiedades mecánicas del sprint en rugby de élite y rugby league. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10:695–702. [PubMed doi:10.1123/ijsp.2014-0151](#)
 19. Buchheit M, Samozino P, Glynn JA, et al. Determinantes mecánicos de la aceleración y la velocidad máxima de sprint en jugadores de fútbol jóvenes altamente entrenados. *J Ciencia Deportiva.* 2014;32:1906–1913. [PubMed doi:10.1080/02640414.2014.965191](#)
 20. Mendiguchia J, Samozino P, Martinez-Ruiz E, et al. Progresión de las propiedades mecánicas durante la carrera de sprint en el campo después de regresar a los deportes de una lesión muscular en los isquiotibiales en jugadores de fútbol. *Int J Sports Med.* 2014;35:690–695. [PubMed doi:10.1055/s-0033-1363192](#)
 21. Mendiguchia J, Edouard P, Samozino P, et al. Field monitoring of sprinting power-force-velocity profile before, during and after isquiotibial injury: 2 case reports. *J Ciencia Deportiva.* 2016;34(6):535–541. [PubMed doi:10.1080/02640414.2015.1122207](#)
 22. Samozino P, Morin JB, Hintzy F, Belli A. Capacidad de salto: un enfoque teórico integrador. *J Theor Biol.* 2010;264:11–18. [PubMed doi:10.1016/j.jtbi.2010.01.021](#)