



Revista Digital de Educación Física

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

EL PERFIL FUERZA-VELOCIDAD EN SALTO Y SPRINT. UNA REVISIÓN NARRATIVA

Carlos Babiloni-López

Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia. España.
Email: carbalo3@alumni.uv.es

Vicent Úbeda-Pastor

Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia. España.
Email: Vicent.Ubeda@uv.es

Salvador Llana-Belloch

Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia. España.
Email: Salvador.Llana@uv.es

RESUMEN

Se analizó la literatura científica relativa al perfil F-v (Fuerza – velocidad). La búsqueda se realizó en PubMed mediante las palabras clave “force-velocity profile”. Un total de 40 estudios de 126 artículos se seleccionaron a partir de los criterios de inclusión y exclusión. Los resultados se dividieron en dos apartados y cuatro subapartados, diferenciando dentro del salto vertical los artículos concernientes a la metodología de la medición y a la forma de optimización del entrenamiento. Por su parte, en el sprint, se agruparon los artículos que trataban la metodología y la individualización y se separaron de los que trataban sobre el perfil F-v y la lesión de isquiotibial. Como conclusión del estudio, el perfil F-v en salto y en sprint es una metodología validada de medición que facilita la individualización del entrenamiento. Sin embargo, pese a que se encuentran mejoras en el rendimiento tras entrenamientos basados en su perfil, en referencia al sprint, se necesitan más investigaciones para crear un cuerpo sólido de resultados que apoyen rotundamente su eficacia.

PALABRAS CLAVE:

F-v; salto; sprint; potencia máxima; fuerza horizontal.

THE FORCE-VELOCITY PROFILE IN JUMP AND SPRINT. A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT

The scientific literature related to the profile F-v (Force – velocity) was analysed. The search was performed in PubMed using the key words 'force-velocity profile'. A total of 40 studies out of 126 articles were chosen according to the inclusion and exclusion criteria. The results were divided into two sections and four subsections, differentiating within the vertical jump field those concerning the measurement methodology and those concerning the way of training optimisation. As regards the sprint, the articles that dealt with methodology and individualization were grouped and separated from those dealing with the F-v profile and hamstring injury. The conclusion arising from the study indicates that the F-v profile in jump and sprint is a validated measurement methodology that facilitates training individualization. However, although performance improvements are found after workouts based on your profile, as far as sprinting is concerned; more research is needed to create a solid body of results that strongly support its effectiveness.

KEYWORD

F-v profile; jumping; sprinting; maximum power output; horizontal force output.

INTRODUCCIÓN.

Los movimientos explosivos pueden llegar a ser de extrema importancia para conseguir resultados determinantes en muchos deportes. Movimientos balísticos como el salto y el sprint o la aceleración son muy comunes y decisivos en el fútbol (Bangsbo et al., 2006; Faude et al., 2012), en el baloncesto (Pehar et al., 2017), en el rugby (Roberts et al., 2008) y en distintas disciplinas atléticas (Frère et al., 2010), o incluso llegan a determinar el nivel del deportista (Gabbett et al., 2009).

Medir esta cualidad puede ser una herramienta muy útil en el entrenamiento deportivo actual. Para ello, en las últimas décadas se han propuesto la curva de fuerza-tiempo y la curva de fuerza-velocidad como método para individualizar el entrenamiento dirigido a mejorar esta cualidad (Badillo & Ayestarán, 2002).

La primera referencia que se tiene sobre la relación entre la fuerza y la velocidad se encuentra en Hill (1922) quien descubrió que la fuerza ejercida era mayor cuanto menor era la velocidad de movimiento y viceversa. Posteriormente, se demostró que la contracción de un músculo o grupos de músculos creaba una curva F-v hiperbólica (Alcázar et al., 2019; Hill, 1930; Holmes, 2006). No obstante, estudios más recientes, no tan centrados en la fisiología interna del músculo aislado, sino en la biomecánica de movimientos multiarticulares, dieron como resultado que las curvas que creaban eran lineales (Bobbert, 2012; Jaric, 2015).

A partir de este enfoque apareció la metodología del perfil F-v tanto en salto vertical como en sprint a partir de cálculos matemáticos (ver ecuaciones en Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2016). El método demostró ser válido y fiable, con un margen de error inferior al 5% en el sprint (Samozino et al., 2016) y al 3% en el salto (Samozino et al., 2008), comparado con la plataforma de fuerzas que es el considerado 'gold standard'.

El objetivo de la presente revisión bibliográfica ha sido recabar la evidencia científica sobre los beneficios de usar el perfil F-v en el sprint y en el salto en el deporte de competición, así como la validez de su metodología.

1. METODOLOGÍA.

La base de datos principal en la búsqueda bibliográfica fue PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>), estableciéndose como palabras clave: force-velocity profile, sin ser necesarios el uso de marcadores booleanos. De este modo se obtuvo un total de 126 artículos, de los cuales finalmente se seleccionaron 40 al aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

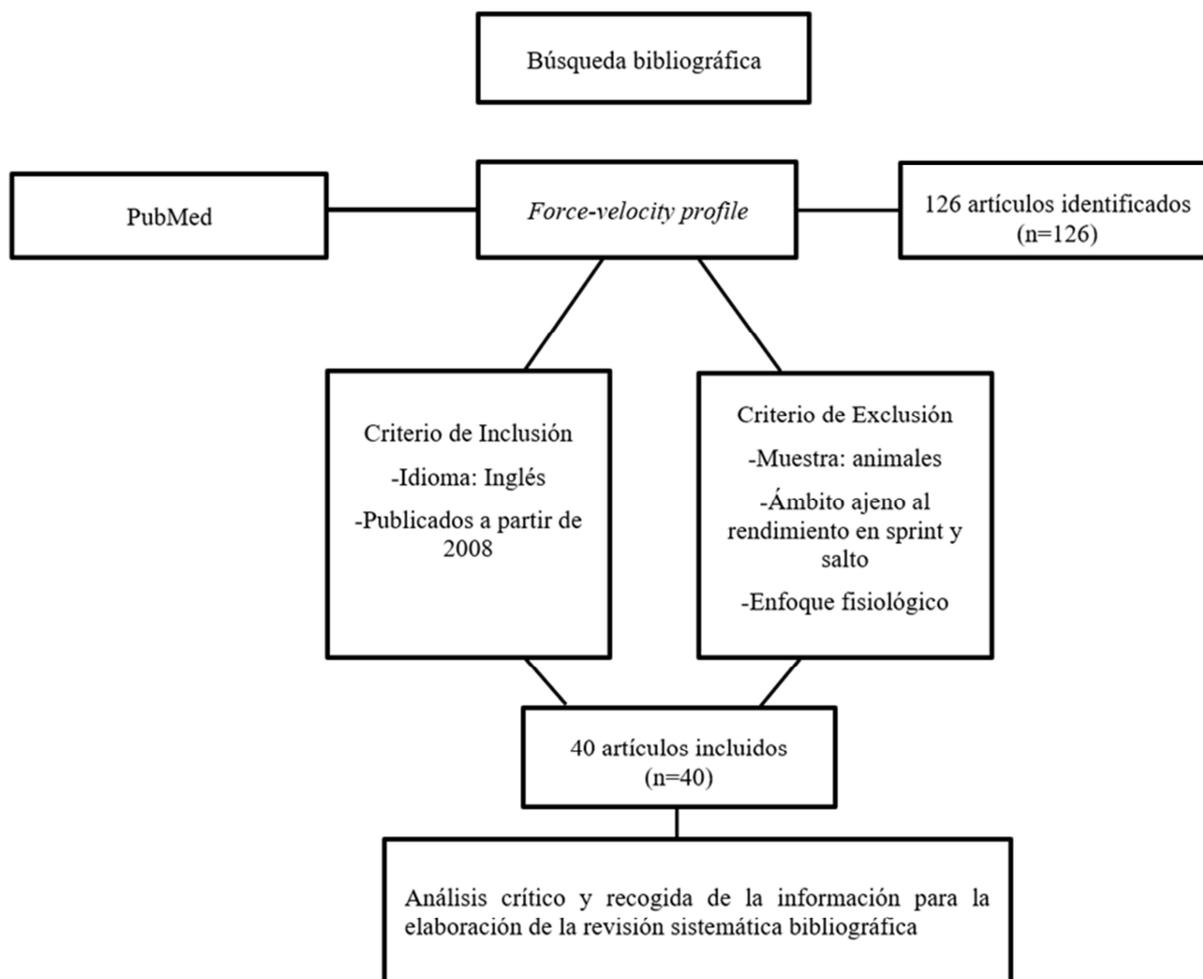


Figura 1. Metodología

2. RESULTADOS.

Para entender con mayor claridad los aspectos que pueden ser tratados mediante el perfil F-v, se realizó la siguiente subdivisión:

Aspectos metodológicos del perfil F-v en el salto

Se encontraron 10 artículos (25%) que versan sobre los métodos y cálculos llevados a cabo para entender y ejemplificar las características que pueden afectar a la curva del perfil F-v en los saltos. (Tabla 1).

Individualización y maximización del perfil F-v en el salto: 6 artículos (15%) analizan la efectividad del entrenamiento basado en el perfil F-v en el salto. (Tabla 2).

Aspectos metodológicos y formas de optimización del perfil F-v en el sprint

Se agruparon así porque la validación metodológica ha ido de la mano de su aplicación en el entrenamiento. Se encontraron 17 artículos (42.5%). (Tabla 3).

Relación del perfil F-v y la lesión isquiotibial

Por último, se seleccionaron 7 artículos (17.5%) que analizaban cómo el perfil F-v en sprint mediante su F0 (máxima fuerza aplicable con velocidad nula) puede ser un buen indicador del RTP (Return to Play) en lesiones de isquiotibial. (Tabla 5).

Tabla 15.

Resultados: Aspectos metodológicos del perfil F-v en salto.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusiones
Samozino et al. 2008	N: 12 H E. Media: 27.1 ± 3.6 Atletas recreativos	-1 sesión/ 2 saltos por pers. -Plataforma de fuerzas. -Cálculos con medición de h_s basados en 2ª ley de Newton.	-Dif. menor a 3% entre ambos métodos para F_0 , V_0 y $P_{máx}$. - Validez método de cálculo (P<0.001) -Fiabilidad mediante bajos coef. variación entre ambos métodos.	-Mediante peso, altura de salto y distancia de empuje, y usando los cálculos propuestos podemos evaluar la fuerza, velocidad y potencia igual que mediante una plataforma de fuerzas.
Samozino et al. 2011	N: 14 sujetos E. Media: 26.3 ± 4.5 Atletas recreativos y profesionales	-1 sesión/ 2 series de salto. - Salto horizontal con 7 cargas randomizadas. 2 intentos de cada con 2' descanso. -2 saltos máximos inclinados por sujeto (a 10°-20°-30°). -Ecuaciones matemáticas.	- Bias entre lo esperado y lo obtenido: 4%-7% (confirma validez método). -Rdto. salto influido por $P_{máx}$ y perfil F-v. -Un perfil F-v no óptimo crea diferencias en rdto. por encima de un 30%, respecto a una misma $P_{máx}$.	-El rdto. está influido tanto por la $P_{máx}$ como por un perfil F-v óptimo, confirmando que los cálculos expuestos por los autores son igual de efectivos que una plataforma de fuerzas.
Samozino et al. 2013	N: 48 H E. Media: 20.9 ± 4.4 Atletas alto nivel	-Máx. int. SJ con carga entre 0%-100% peso corporal. -En cada salto F_0 , V_0 y $P_{máx}$ eran extraídas mediante el método.	-Mediante una regresión múltiple se encontraron contribuciones significantes de $P_{máx}$, desequilibrio F-v y h_{po} para explicar las diferencias en salto entre sujetos.	-Rendimiento en acciones balísticas depende, además de $P_{máx}$, del perfil F-v.

Jiménez-Reyes et al., 2014	N: 54 H E. Media: 23.1 ± 4.4 Saltadores y sprinters alto nivel	-CMJ y SJ con 8 cargas adicionales -Plataforma fuerzas -Cálculos con medición de h_s y h_{po} .	-Mediante regresión múltiple se mostró que $P_{máx}$, FV_{imb} y h_{po} explicaban las diferencias entre sujetos en CMJ.	-Comparado con SJ, el método F-v fue validado para CMJ destacando una mayor $P_{máx}$, fuerza y velocidad. Se demostró que FV_{imb} tenía incluso mayor influencia que en SJ. Siendo independiente de $P_{máx}$.
Jiménez-Reyes et al., 2016	N: 16 H E. Media: 23.1 ± 4.1 Saltadores y sprinters alto nivel	-CMJ con 6 cargas adicionales (0-87 kg). -Plataforma fuerzas. -Cálculos mediante peso corporal, altura de salto y distancia de empuje.	-Bias muy pequeñas para cada variable. -Alta correlación de ambos métodos para perfil F-v ($r=0.985-0.991$). -Todas las variables del método mostraron alta fiabilidad ($ICC>0,980$; $CV<1.0\%$).	-El método es fiable y válido para la medición de fuerza, velocidad, potencia y el perfil F-v mediante el CMJ, solo aplicando el peso corporal, la altura de salto y la distancia de empuje en los cálculos mostrados en el método.
Morin & Samozino, 2016	Basado en estudios previos	-Estudios previos para realizar un <i>vade mecum</i> .	-Ejemplo práctico de cómo influyen $P_{máx}$, FV_{imb} , RF y DRF en el salto y en el sprint.	-Explicación de un perfil F-v tanto en salto como en sprint para facilitar la comprensión a entrenadores.
Balsalobre-Fernández et al. 2015	N: 20 H E. Media: 22.1 ± 3.6 Atletas recreativos	-5 CMJ por atleta. -Plataforma fuerzas. -iPhone5s.	- $ICC= 0.997$ - $P< 0.001$ -Bland-Altman bias = 1.1 ± 0.5 cm $P< 0.001$	-MyJump demuestra ser una buena herramienta, con precisión y fiabilidad, para medir CMJ con respecto a una plataforma de fuerzas.

Rivière et al. 2017	N: 10 H E. Media: 24 ± 5 Sujetos deportistas	-1ª sesión: test 1RM. -2ª sesión: perfil F-v. -Plataforma fuerzas. -Método matemático validado para perfil F-v.	-La bondad de ajuste del perfil F-v no cambió con o sin el 1RM, incluso si el punto 1RM estaba más debajo de la curva. -Punto 1RM fue un 16% más alto que salto más alto del test de F-v. -Punto 1RM 11% más bajo que F ₀ .	-RM y F ₀ miden cosas distintas, sin embargo, RM está alineado con la relación F-v. -Añadir punto 1RM al perfil F-v mejora la fiabilidad de este. -El método propuesto ayuda a estimar la fuerza y velocidad durante el 1RM.
Samozino et al. 2018	N: 13 H E. Media: 24 ± 5 Sujetos deportistas	-SJs sin cargas adicionales y con una carga del 60% BM y SJ horizontal con y sin goma.	-Fuerza fue significativamente mayor en SJ ₆₀ que durante SJ ₀ y que ambos HJ. -Velocidad mayor en HJ con goma, HJ, SJ ₀ y SJ ₆₀ , respectivamente.	-HJ permite alcanzar mayor velocidad de extensión de piernas. Basada en una forma sencilla y barata de realizarla.
García-Ramos et al. 2018	N: 18 H E. Media: 22.3 ± 2.1 1± experiencia en fuerza	-2 sesiones SJ y 2 de CMJ. -5 saltos con carga externa (17, 30, 45, 60 y 75 kg). - Método de 2 puntos y método de múltiples puntos.	- 0-75 kg fue el método de dos puntos más fiable (CV<12.1%; ICC>0.72). -Fiabilidad y validez de este método disminuye con la proximidad de las cargas aplicadas.	-Método de dos puntos igual de fiable que método de múltiples puntos y conseguimos menor fatiga por parte del sujeto y mayor rendimiento.

F₀= máxima fuerza con velocidad nula; V₀= máxima velocidad con fuerza nula; P_{máx}= potencia máxima; SJ= squat jump; CMJ= countermovement jump; FV_{imb}= diferencia entre perfil F-v real y perfil F-v óptimo para un sujeto dado; P= correlación; CV= coeficiente de variación; r= coeficiente correlación Pearson; RF = ratio de fuerza; D_{RF}= descenso del ratio de fuerza; RM= repetición máxima; BM= peso corporal; SJ₀ = squat jump con peso corporal; SJ₆₀ = squat jump añadiendo 60% del peso corporal; HJ = horizontal jump; F-v = fuerza-velocidad; Pers.= personas; h_s= altura del centro de masas en posición inicial; Dif.= diferencia; coef.= coeficiente; h_{po}=distancia vertical desde inicio de salto a posición de despegue; Máx.= máxima; Int.= intensidad; Rdto.= rendimiento.

Tabla 2.

Resultados: Individualización y maximización del perfil F-v en salto.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusiones
Jiménez-Reyes et al. 2017	N: 84 sujetos E. Media: 23.1 ± 4.4 Deportistas con experiencia en fuerza y altamente entrenados	-SJ contra 5-8 cargas para determinar FV_{imb} . -Grupo control. -Grupo experimental subdividido (no optimizado/ déficit vel./ déficit fza./ equilibrado). -2 entro. semanales durante 9 semanas.	- Los sujetos de los grupos optimizados incrementaron su salto, asociado a una reducción de FV_{imb} , y pese a un aumento muy pequeño de $P_{máx}$. -Los otros grupos tienen resultados variables e inciertos.	- FV_{imb} es una variable útil para prescribir entrenamiento de fuerza y aumentar rendimiento balístico.
Marcote-Pequeño et al. 2018	N: 19 M E. Media: 23.4 ± 3.8 Futbolistas de élite	-Perfil F-v en SJ con 3 cargas (10-50 kg) con barra libre. -Perfil F-v con sprint. 2 sprints de 30 m. -OptoJump y dispositivo radar.	-Correlaciones muy grandes para las dos tareas en $P_{máx}$ y en las variables de rendimiento. -Moderadas correlaciones para V_0 . -No hubo correlación en F_0 , en la pendiente de F-v, ni en FV_{imb} entre las dos tareas.	-La ausencia de correlación entre algunos de los parámetros que implican el perfil F-v sugiere que para basar un entrenamiento en perfil F-v se deberá medir el perfil con ambas tareas en futbolistas élite.
Jiménez-Reyes et al. 2018	N: 533 (333 H y 220 M) E. Media: H 23.5 ± 5.2/ M 23.2 ± 4.5 Disciplinas (14) y niveles deportivos variados	-Perfil F-v en SJ con 5-8 cargas externas (10-90 kg). -Perfil F-v en sprint. 2-3 sprints de 30-40 m. -OptoJump y dispositivo radar.	-Descenso en la magnitud de la correlación en atletas de alto nivel. -A medida que el nivel disminuía la correlación era más alta.	-Especialmente en atletas de alto y muy alto nivel deberemos realizar mediciones del perfil F-v mediante su componente horizontal y vertical para tener una visión más profunda de las máximas capacidades

				mecánicas de nuestro hemisferio inferior.
Escobar Álvarez et al. 2019	N: 46 M E. Media: 18.9 ± 1.1 Bailarinas de ballet profesional	-CMJ con 3 saltos entre 10-70% BM para determinar FV _{imb} . -Grupo Control. -Grupo Experimental. subdividido en 5 (balanceado/déficit fza-vel bajo/ déficit fza-vel alto). -2 sesiones/semana durante 9 semanas. -Medición con app MyJump.	-El grupo experimental presentó diferencias significativas con gran tamaño del efecto en altura de CMJ, F ₀ y V ₀ . -Hubieron diferencias significativas con un tamaño del efecto muy grande para FV _{imb} .	-Un programa de entrenamiento basado en el FV _{imb} en bailarinas de ballet es una buena forma para aumentar su salto en CMJ, y por ende, su rendimiento.
Jiménez-Reyes et al. 2019	N: 60 sujetos E. Media: 23.7±3.7 Jugadores profesionales de fútbol, fútbol sala y rugby	-Grupo déficit fuerza alta/baja. -Grupo déficit velocidad. alta/baja Perfil F-v medido cada 3 semanas. Duración individualizada.	-Grupos déficit de fuerza aumentaron F ₀ , redujeron FV _{imb} y aumentaron el salto. -Grupos déficit de velocidad aumentaron V ₀ , redujeron FV _{imb} y aumentaron el salto. -Número semanas necesarias para alcanzar perfil F-v óptimo correlacionó con la magnitud inicial del FV _{imb} .	-Los sujetos con déficit de fuerza tardaron más en llegar al perfil F-v óptimo que los sujetos con déficit de velocidad. -Tras 3 semanas sin entrenar específicamente una vez conseguido el perfil óptimo, no se observaron retrocesos en el perfil F-v. -Ajustar el entrenamiento cada 3 semanas dependiendo las necesidades del sujeto, resultó ser efectivo para el aumento del rendimiento.

Zabaloy et al. 2020	N: 34 H E. Media: no especificada Jugadores de rugby profesionales	1ª sesión: CMJ y perfil F-v. 2ª sesión: test 1RM. 3ª sesión: 30m. sprint test. -Grupo control/grupo experimental (déficit fuerza/déficit velocidad/balanceado). -Programa 7 semanas. 2 sesiones/semana.	-El grupo con déficit de fuerza incrementó su F_0 , mientras disminuyó su V_0 . -A la inversa ocurrió con el grupo de déficit de velocidad. -Pero no se vieron cambios significativos ni en el sprint, ni en el salto, ni en 1RM.	-Pese a que los FV_{imb} de todos los sujetos mejoraron, no se vio una mejoría en el rendimiento. -Las causas puede ser el breve tiempo de estudio, la fatiga, y la realización del post-test a la siguiente semana, sin tiempo de adaptación.
---------------------	--	---	---	---

F_0 = máxima fuerza con velocidad nula; V_0 = máxima velocidad con fuerza nula; $P_{máx}$ = potencia máxima; SJ= squat jump; FV_{imb} = diferencia entre perfil F-v real y perfil F-v óptimo para un sujeto dado; BM= peso corporal; F-v = fuerza-velocidad; CMJ = countermovement jump; DJ = drop jump; RM =repetición máxima.

Tabla 3.

Resultados: Aspectos metodológicos y formas de optimización y maximización del perfil F-v en sprint.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusiones
Morin et al. 2011	N: 12 H E. Media: 26.2 ± 3.6 Estudiantes CAFD y 2 sprinters	-Sprint de 8'' en cinta/ 100 m. pista. -Variables medidas mediante radar (Fv/FH/FTOT/DR F).	-Correlaciones significativas entre DRF y 100m. sprint. -FH correlacionó significativamente con 100m. sprint, no así Fv y FTOT.	-Técnica de aplicación de fuerza factor determinante en 100m. -La orientación en la aplicación de fuerza es más importante que su cantidad.
Morin et al. 2011	N: 12 H E. Media: 25.4 ± 4.1 Estudiantes de CAFD y deportistas recreacionales	-4 series de 5 sprints de 6''. -Cinta de correr equipada para medición (Fv/FH/FTOT/DR F).	-Rendimiento disminuyó significativamente. -FH mostró mayor disminución comparado con Fv y FTOT. -DRF disminuyó significativamente.	-Durante sprints repetidos, la capacidad de producción de fuerza total y la habilidad para aplicar fuerza efectivamente se alteran, la última en mayor medida.
Morin et al. 2012	N: 13 H E. Media: 26.5 ± 1.8 9 deportistas	-Sprint de 6'' en cinta/ 100m. pista. - Variables	- $P_{máx}$ correlacionó positivamente con velocidad en	-Los principales determinantes mecánicos en 100m. fue un

	recreacionales y 4 sprinters profesionales	medidas mediante radar (Fv/FH/FTOT/DR F). -Medición tiempo de contacto, tiempo de vuelo, frecuencia de zancada y longitud de paso.	100m. como con máxima producción de velocidad, mientras que la máxima producción de fuerza no. -La habilidad de aplicar fuerza en la dirección correcta correlacionó positivamente con 100m.	perfil F-v orientado a velocidad. -La capacidad de aplicar fuerza hacia delante. -Mayor frecuencia de paso resultante de menor tiempo de contacto.
Petrakos et al. 2016	Revisión bibliográfica	-Estudios que usaban trineo en sprints. -Y si el entrenamiento mediante sprints resistidos era la diferencia primaria entre los grupos en la intervención.	-11 estudios elegidos. -Cargas prescritas mediante BM o reducción de velocidad o como carga absoluta.	-Si sprint con cargas es más efectivo que sprint sin cargas permanece sin estar claramente definido. -Las diferencias entre entrenamientos, el nivel de los participantes y la prescripción de carga aplicada en el sprint hacen que los resultados discrepen entre ellos.
Samozino et al. 2016	N: 9 sujetos E. Media: 23.9 ± 3.4 Sprinters élite o sub-élite	- 7 sprints - Plataforma de fuerzas de 6.60m. - Ecuaciones matemáticas. - Fococélulas.	-Los bias fueron <5%, y límites estrechos entre los dos métodos para máxima fuerza horizontal, velocidad y potencia.	-Este método permite analizar perfil F-v sin necesidad de plataformas de fuerzas o cinta de correr.
Romero-Franco et al. 2017	N: 12 H E. Media: 21.4 ± 3.9 Sprinters muy entrenados	-6 sprints de 40m para determinar fuerza, velocidad, potencia y D _{RF} . - Fococélulas/Pistola radar. -iPhone 6	-Casi perfecta correlación entre los tiempos de la fococélula y de la app. -Casi perfecta asociación en F ₀ , V ₀ , P _{máx} y D _{RF} entre app y radar.	-La app MySprint es una herramienta sencilla y barata para medir el perfil F-v en sprint.

		(MySprint app).	-Idénticos niveles de fiabilidad.	
Morin et al. 2017	N: 16 H E. Media: 26.3 ± 4 Futbolistas amateurs	-Grupo control (sprints sin carga) -Grupo experimental (sprints con trineo pesado). -Duración 8 semanas. 2 sesiones/semana. -Variables medidas mediante método Samozino.	-Sprints con el 80% BM de carga, más de lo que marca la bibliografía, obtuvo mejoras en la F_{H0} comparado con el grupo con sprint sin carga. -Resultados en 5m y 20m mejores para G.Exp.	-El uso de sprints con carga elevada puede ser beneficioso para mejorar el déficit de F_{H0} en sprint en futbolistas y otros deportistas.
Cross et al. 2018	N: 36 H y 12 M E. Media: 27.1 ± 2.3 Jugadores/as de rugby y futbolistas de alto nivel	-Sprints resistidos para analizar perfil F-v y perfil carga-velocidad. -Grupo 10% pérdida de velocidad. -Grupo carga óptima para máxima potencia. -12 sesiones de sprints resistidos con protocolos distintos.	-Ambos protocolos mostraron cambios triviales, pequeños o inciertos en los parámetros mecánicos del sprint. - Inesperadamente, en el grupo de carga óptima los parámetros de velocidad fueron mayores que en el grupo 10%. Con la fuerza ocurrió a la inversa.	-Ambos protocolos aumentaron el rendimiento, pero las adaptaciones fueron muy variadas. -Los resultados no se ajustaron con lo hipotetizado. -Más estudios para ver cómo afecta el entrenamiento individualizado del sprint en los sujetos.
Rakovic et al. 2018	N: 17 M E. Media: 23 ± 3 Jugadoras de balonmano de élite	-Duración 8 semanas. 2 sesiones/semana. -Pre-test para determinar perfil F-v. -Grupo control. -Grupo experimental (déficit F_H / déficit V / balanceado). -Entrenamiento	-Ambos grupos mejoraron su sprint en 30m. con un pequeño efecto. -Y su velocidad máxima con un efecto moderado. -Magnitudes con efecto trivial o pequeño fueron observadas para la producción de	-Las diferencias entre todos los grupos fueron triviales por lo que no podemos decir que el entrenamiento individualizado fuera más efectivo que un entrenamiento basado en el sprint de forma generalizada. Sin

		individualizado	fuerza o potencia.	embargo, el estudio tiene limitaciones a tener en cuenta.
Jiménez-Reyes et al. 2018	N: 112 H y 67 M E. Media: no especificada Jugadores de élite y amateur de fútbol sala y fútbol	-Grupo fútbol sala/ grupo fútbol. -3 sprints de 40m. -Dispositivo radar. -Medición variables (F_0 , V_0 , $P_{m\acute{a}x}$, D_{RF} , RF_{pico}).	-Jugadores de fútbol sala más alto F_0 que futbolistas, pero menor V_0 . -No hubo diferencias significativas en la $P_{m\acute{a}x}$, ni RF_{pico} entre ambos grupos. - Los hombres de alto nivel tuvieron un perfil F-v mejor que las mujeres y los hombres de menor nivel.	-Un mayor F_0 y menor V_0 en fútbol sala puede ser causado por el mayor número de aceleraciones de más corta distancia que ocurren comparado con el fútbol. - Estas variables dependiendo el deporte pueden servir para su posterior entrenamiento individualizado.
Jiménez-Reyes et al. 2019	N: 20 H E. Media: 23.9 ± 3.9 Jugadores de élite de rugby	-Test RSA (10 sprints de 40m.). -Dispositivo radar -Método Samozino para medir F_0 , V_0 , $P_{m\acute{a}x}$, D_{RF} , RF_{pico} . -Se analizaron distintos sprints durante el test.	-RSA indujo cambios en la velocidad máxima, disminuyendo un 15% la V_0 , y en menor medida la F_0 , un 5.9%. - D_{RF} disminuyó moderadamente, mientras RF_{pico} disminuyó ampliamente en los últimos sprints.	-El RSA afectó en mayor medida a la habilidad de producir fuerza horizontal a altas velocidades. -Debido a una alteración en la capacidad de mantener la fuerza en dirección horizontal.
Morin et al. 2019	N: 16 H E. Media: 20.4 ± 1.5 Sprinters amateurs	-2 sprints de 60m. -Plataforma de fuerzas. -Uso del método de Samozino.	-Buena relación entre los dos métodos para la medición de las variables cinéticas (bias de 4.71%). -Alta fiabilidad entre ensayos.	-Este método comparado con una plataforma de fuerzas, estima correctamente la cinética de aceleración del sprint cuando es usado correctamente.
Morin et al. 2020	N: 13 H y 9 M E. Media: 22.1 ± 3.4 Sprinters entrenados	-Sprint 30m. (Pre/Post1/Post 2/Post 3/Post 4). -10 semanas.	-El análisis Pre-Pico mostró gran incremento de $P_{m\acute{a}x}$. -El Post donde se	-Tras 10 semanas de entrenamiento con sprints con cargas muy altas,

		-Entrenamiento con sprint resistidos.	capturó mayor pico no fue Post1, generalmente entre Post3 y Post 4 (3/4 semanas).	el clásico Post-test tras una semana no captó pico de adaptación. -Tener en cuenta cuándo realizar el Post-test puede llevar a un mejor entendimiento de los resultados.
Jiménez-Reyes et al. 2020	N: 21 H E. Media: 26.9 ± 3.1 Futbolistas profesionales	-2 sprints de 40m. -Análisis de F_0 , V_0 , $P_{máx}$, D_{RF} , RF_{pico} . -Medición (Pre-season 1/ In-season 1/ In-season 2/ In-season 3/ In-season 4/ Pre-season 2).	- F_0 , $P_{máx}$ y RF_{pico} fueron más altos durante la medición 2/3 de temporada, comparados con ambas pretemporadas. -No se observaron diferencias significativas para V_0 , D_{RF} y la pendiente de la curva F-v.	-Las variables del perfil F-v pueden verse comprometidas (F_0 más que V_0) hacia final de temporada cuando el estímulo específico del sprint no se aplica sistemáticamente.
Jiménez-Reyes et al. 2020	N: 10 H y 12 M E. Media: 22.4 ± 3.6 Vallistas élite	-2 sprints de 40m tanto sin vallas como con ellas. - F_0 , V_0 , $P_{máx}$, D_{RF} y RF_{pico} analizadas.	-Mayor F_0 y menor V_0 y RF_{pico} encontrados en sprint con vallas respecto al sprint sin vallas. -No hubieron diferencias significativas respecto a $P_{máx}$.	-Potencial del perfil F-v muy grande, permitiéndonos saber que hay diferencias entre ambos estilos de sprint. -Potenciar F_0 para vallistas será efectivo en su rendimiento, mediante sprints resistidos.
Hicks et al. 2020	Basado en estudios previos	-Análisis bibliografía reciente.	-Explicación aplicabilidad de perfil F-v horizontal, mediante sprint.	-Examina métodos usados para determinar perfil F-v horizontal. También incluye recomendaciones para su entrenamiento.
Lahti et al. 2020	N: 21 H E. Media: 18.9 ± 1.0	-8 semanas -Grupo sprints asistidos/	-Correlación entre perfil F-v inicial y el	-El perfil F-v influye en el grado de

	Jugadores rugby	resistidos -Perfil F-v	cambio en el perfil (resistido: $r = -0.95$, $p < 0.01$ / asistido: $r = -0.79$, $p < 0.01$)	respuesta al entrenar en una zona u otra del perfil F-v. -Importante saber cuál es el perfil antes de individualizar.
--	-----------------	---------------------------	--	--

V_0 = máxima velocidad con fuerza nula; F_0 = máxima fuerza con velocidad nula; F_H =máxima fuerza horizontal con velocidad nula; F_{H0} = máxima fuerza horizontal con velocidad nula; $P_{máx}$ = potencia máxima; F-v =fuerza-velocidad; P-v = potencia-velocidad; V= velocidad; F_{TOT} =fuerza total; D_{RF} = descenso de la ratio de fuerza; RF_{pico} =ratio de fuerza máximo BM= peso corporal.

Tabla 4.
Resultados: Relación del perfil F-v y la lesión isquiotibial.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusiones
Mendiguchia et al. 2014	N: 28 H E. Media: 21.9 ± 2.5 Futbolistas semiprofesionales	-2 series de sprint 50m. en RTP / Post-test pasados 2 meses del RTP. -Parámetros $V_0/F_{H0}/P_{máx}$.	- F_{H0} y $P_{máx}$ más bajos en los jugadores lesionados. -Tras 2 meses aumentaron F_{H0} y $P_{máx}$.	-Antes del RTP, sujetos deberían entrenar su F_{H0} después de una lesión de isquiotibiales, para obtener mismos valores que sujetos sanos.
Mendiguchia et al. 2015	N: 2 H E. Media: 23 y 25 Jugadores de rugby y fútbol profesionales	-Caso 1: 10 sprints de 40m. -Caso 2: 2 sprints de 50m. -Medición perfil F-v.	-Caso 1: cambio en perfil F-v con mayor F_{H0} y menor V_0 en 5° sprint. -Caso 2: disminuyó F_{H0} sin cambios en V_0 .	- F_{H0} alterada antes y después de una lesión de isquiotibial con cambio mínimo en V_0 . Medición de F_{H0} podría diagnosticar riesgo de lesión.
Morin et al. 2015	N: 14 H E. Media: 24.2 ± 4.6 Deportistas familiarizados con sprint	-Sprint 6'' cinta de correr. -Dinamómetro isocinético para medir MVIC. -Análisis plano sagital.	-Regresiones múltiples lineares mostraron significantes relaciones entre las fuerzas horizontales y la EMG del bíceps femoral.	-Personas con mayor cantidad de F_{H0} activan más isquiotibial justo antes de contactar el suelo y presentan mayor pico de fuerza excéntrica en el mismo.

Edouard et al. 2018	N: 14 H E. Media: 24.2 ± 4.6 Deportistas profesionales familiarizados con sprint	-12 sprints de 6'' en cinta. -Medición fuerza isocinética y EMG. -Análisis de las variables, en especial F _{HO} .	-Sprints repetidos disminuyen P _{máx} , F _{HO} , pero no F _{TOT} . -Disminución pico de torque concéntrico en flexores/ extensores de rodilla y disminución de EMG en vasto lateral y glúteo.	-La fatiga por sprints repetidos lleva a cambios en F _{HO} , cambiando el rol de músculos isquiotibiales, pasando a depender más de glúteo mayor y extensores de cadera. -Hay una compensación muscular para proteger el isquiotibial y no disminuir el rendimiento.
Edouard et al. 2019	Basado en estudios previos	-Análisis bibliografía reciente.	-Explicación de cómo la F _{HO} afecta al sprint y cómo puede afectar en prevención.	-Sprint debe ser considerado una pieza clave en el proceso de prevención para isquiotibial. -No rehusar el sprint por creer que es lesivo.
Nuell et al. 2019	N: 6 H y 6 M E. Media: 23.5 ± 4.1 Velocistas bien entrenados	-Macrociclo (5 meses) entrenamiento de sprint. -Medición de diferentes sprints, vol. muscular y parámetros mecánicos.	-Reducción de marcas de Pre a Post. -Isquiotibiales y aductores aumentaron su volumen casi el doble que cuádriceps. V ₀ mejoró 5.3% y D _{RF} 7.2%.	-Perfil F-v orientado a velocidad es crucial en sprinters. -Entrenamiento mediante sprints es fundamental para mejorar, con mayor hipertrofia de los músculos directamente implicados en sprint.
Mendiguchia et al. 2020	N: 32 sujetos E. Media: no específica Futbolistas	-Grupo control. -Grupo experimental	-Pequeñas a grandes mejoras pre-post en grupo	-Entrenamiento mediante sprint es superior a 'nordic

		(grupo sprint/ grupo nordic). -2 sesiones x 6 semanas. -Medición de tiempos/ mecánica de sprint/ arquitectura del BF.	sprint respecto a rendimiento en sprint y su mecánica. - Insignificantes y pequeños cambios negativos en grupo control y nordic. -Mayor aumento en longitud de fascículo en el grupo sprint.	hamstring' para aumentar la longitud del fascículo del BF, para dar un estímulo preventivo y a la vez mejorar el rendimiento.
--	--	--	--	---

RTP = return to play; V_0 = máxima velocidad con fuerza nula; F_{H0} = máxima fuerza horizontal con velocidad nula; $P_{máx}$ = potencia máxima; F-v = fuerza-velocidad; MVIC = máxima contracción voluntaria isométrica; EMG = electromiografía; F_{TOT} = fuerza total; BF = bíceps femoral.

3. DISCUSIÓN.

Aspectos metodológicos del perfil F-v en el salto

Samozino et al. (2008) establecieron que 5 SJ con diferentes cargas eran suficientes para establecer el perfil de F-v real del deportista y la diferencia con su óptimo (FVimb). En este método, denominado de múltiples cargas, hay que introducir el peso corporal, la altura de salto y la distancia de nuestro centro de masas desde el inicio del movimiento hasta que despegan los pies del suelo (hpo), lo que permite calcular la máxima potencia ($P_{máx}$) y los valores de fuerza (F_0) y velocidad (V_0) (Morin & Samozino, 2016). Con posterioridad este método se validó para el CMJ (Jiménez-Reyes et al., 2014; Jiménez-Reyes et al., 2016).

A partir de este método, Ramos et al. (2018) demostraron que un salto sin carga adicional y otro con una carga que permita saltar en torno a 10 cm (método de dos cargas) también es fiable ($CV < 10\%$, $ICC > 0.70$) y tiene la ventaja de ser menos fatigoso. Samozino et al. (2018) aplicó esta metodología al SJ horizontal (SJH) en posición decúbito supino, encontrando valores de velocidad de extensión de los miembros inferiores entre un 20-30% mayores que un SJ sin carga, indicando que es una forma más efectiva de trabajar el denominado "déficit de velocidad". Rivière et al. (2017) analizaron la relación de 1RM con la curva F-v, encontrando que está un $11 \pm 5\%$ por debajo de F_0 , y un $16 \pm 4\%$ por encima del SJ con la carga más elevada. Tanto el 1RM como el SJH podrían ser útiles para aumentar el rango de puntos experimentales en el perfil F-v, ya que mayor acercamiento a F_0 y V_0 resulta en mayor precisión y fiabilidad para crear un perfil F-v.

Como el uso de plataformas de fuerza está al alcance de pocos entrenadores, Balsalobre et al. (2015) crearon la app MyJump con el fin de, mediante grabaciones, evaluar el SJ, CMJ y el perfil F-v, demostrando una casi

perfecta correlación en comparación con una plataforma de fuerzas ($r = 0.995$, $p < 0.001$) y una gran fiabilidad (ICC = 0.997, 95% CI: 0.996 - 0.998, $p < 0.001$).

Individualización y optimización del perfil F-v en salto

Dentro de las variables que influyen en el salto, la $P_{\text{máx}}$ es la que determina el rendimiento en mayor medida. Sin embargo, un perfil F-v desequilibrado puede llevar a disminuciones en el rendimiento mayores del 30% en la altura de salto (Samozino et al., 2012). Así en dos sujetos con $P_{\text{máx}}$ similar, pero con perfiles F-v distintos, tendrá un menor rendimiento el sujeto con mayor FV_{imb} (Samozino et al. 2013). Por otro lado, deportistas que tienen que desplazar horizontalmente su cuerpo, como es el caso de los velocistas, suelen presentar perfiles de F-v en salto desequilibrados a favor de la velocidad, lo que indica que son más hábiles aplicando fuerza a altas velocidades. Por el contrario, deportistas que necesitan aplicar fuerza en condiciones quasi-isométricas, como los jugadores de rugby, presentan un perfil F-v desequilibrado hacia la fuerza, es decir, que son más hábiles aplicando fuerza a bajas velocidades (Samozino et al., 2012; Samozino et al., 2013). Por ello, Jiménez-Reyes et al. (2017) indica que los deportistas se pueden clasificar en sujetos con déficit de fuerza a bajas velocidades, con déficit de fuerza a altas velocidades y con un perfil balanceado.

Diversos estudios han seguido la metodología propuesta por Jiménez-Reyes et al. (2017) para conseguir deportistas equilibrados en su perfil F-v, en deportes como por ejemplo ballet (Escobar et al., 2019), fútbol (Jiménez-Reyes et al., 2017; Jiménez-Reyes et al., 2019c), fútbol sala (Jiménez-Reyes et al., 2019c) y rugby (Jiménez-Reyes et al., 2017; Jiménez-Reyes et al., 2019c; Zabalo et al., 2020). Los deportistas entrenaban la zona de la curva deficitaria y en todos ellos, se observó que el FV_{imb} se reducía tras esta individualización del entrenamiento, pero sin aumentar la $P_{\text{máx}}$. Dicha $P_{\text{máx}}$ solo fue mejorada por aquellos sujetos sin déficit en su perfil F-v, los cuales se centraron en trabajar todo el espectro de la curva F-v.

Respecto del tiempo de entrenamiento necesario para obtener un perfil F-v óptimo, Jiménez-Reyes et al. (2019c) demostraron que dependía de los valores iniciales para de la FV_{imb} . Los deportistas con un déficit de fuerza a bajas velocidades tardaban más tiempo ($12.6 \pm 4.6\%$ semanas) que los que tenían un déficit de fuerza a altas velocidades ($8.7 \pm 2.1\%$ semanas) probablemente debido a las adaptaciones neurales requeridas en ambos casos.

Deportes como el fútbol, el rugby o el baloncesto llevan a cabo acciones determinantes que incluyen o bien el salto (predominio componente vertical) o bien el sprint (predominio componente horizontal), por lo que algunos estudios analizan la necesidad de medir el perfil F-v en ambos casos. Jiménez-Reyes et al. (2018) y Marcote et al. (2018) indican que en sujetos con bajo nivel de práctica, entrenar la producción total de fuerza mediante la evaluación del perfil F-v en salto podría ser suficiente para mejorar el rendimiento en sprint. Sin embargo, en sujetos de alto nivel, las diferencias en sprint vienen explicadas por la propia efectividad mecánica, es decir, la habilidad de aplicar fuerza eficazmente en el suelo (Morin et al., 2012; Morin et al., 2011a). Por lo tanto, la correlación entre ambos métodos de medición disminuye, lo que hace aconsejable realizar ambos tests previo a la individualización del entrenamiento, y más aún si cabe en los sujetos de mayor nivel.

Aspectos metodológicos y formas de optimización del perfil F-v en el sprint

De forma similar al salto, en el caso del sprint se usan 5 tiempos de carrera corta, por ejemplo, 5m., 10m., 20m., 30m. y 40m. El método estima las fuerzas de reacción en el suelo promediadas por zancada en el plano sagital del corredor utilizando las ecuaciones de Samozino et al., (2016). En éstas, además de los tiempos de las distancias antes citadas, hay que incluir el peso y la altura del sujeto, dando resultados muy buenos comparado con utilizar plataformas de fuerza ($r^2 > 0.999$, $p < 0.001$). Para tomar tiempos parciales, se pueden utilizar fotocélulas, radar o vídeo (Morin et al., 2019; Samozino et al., 2016). También se ha desarrollado la app MySprint, que ha demostrado una muy buena correlación con las fotocélulas ($r = 0.989 - 0.999$, $p < .001$) y los dispositivos radar ($r = 0.974 - 0.999$, $p < .001$) (Romero et al., 2017).

En un sprint, la habilidad para aplicar la fuerza en el componente horizontal (FH) es más importante que la cantidad total de fuerza aplicada (Morin et al., 2011a) y se cuantifica mediante el denominado RF (ratio de fuerza) (Morin & Samozino, 2016), obtenido mediante la razón FH/FTOT. RF será máximo al inicio de un sprint, e irá disminuyendo hasta que se alcance una velocidad constante, cuando tendrá un valor próximo a 0 (Morin et al., 2011a). De aquí surge otro importante concepto, el descenso de la ratio de fuerza (DRF), calculado como la pendiente creada entre la relación fuerza-velocidad analizada por los valores promediados entre el segundo paso y el paso a máxima velocidad, que es un parámetro muy importante para cuantificar el descenso en la aplicación de FH mientras se incrementa la velocidad (Morin & Samozino, 2016).

Dependiendo de la modalidad deportiva, la duración y número de sprints a realizar será diferente, lo que condiciona el perfil F-v. Así, jugadores de primera división de fútbol sala tienen valores de F_0 mayores que jugadores de fútbol 11 de primera división (7.70 ± 0.51 N/kg vs 7.35 ± 0.69 N/kg), mientras que éstos tienen valores superiores de V_0 (9.01 ± 0.43 m/s vs 9.25 ± 0.61 m/s) y de DRF (-7.60 ± 0.62 % vs -7.08 ± 0.82 %), teniendo en ambos casos similares $P_{\text{máx}}$ (17.2 ± 1.4 W/kg vs 19.9 ± 1.9 W/kg) (Jiménez-Reyes et al., 2019b).

Por su parte, los sprinters se caracterizan por un perfil F-v más acentuado hacia la V_0 , capaces de producir mayores cantidades de FH a altas velocidades sin aumentar la FTOT producida, donde el sistema neuromuscular juega un papel fundamental, lo que significa que los mejores son capaces de tener un índice de DRF alto (Morin et al., 2012). Sin embargo, los vallistas pese a tener una misma $P_{\text{máx}}$ que los atletas de 100m lisos, tienen un perfil F-v más orientado hacia la fuerza, ya que deben estar acelerando constantemente al superar una valla (Jiménez-Reyes et al., 2020a).

La fatiga es la responsable de que disminuya FH durante la fase de aceleración, lo que significa que también disminuye RF, DRF (Morin et al., 2011b) y V_0 (Jiménez-Reyes et al., 2019a). Por ello, para limitar el descenso de rendimiento tras sprints repetidos, es preciso entrenar la velocidad en condiciones de fatiga, para que el sistema neuromuscular sea cada vez más eficiente aplicando FH. Una buena forma de conseguirlo, sería mediante sprints resistidos (Petraikos et al., 2015). De esta manera aumentarán la F_0 y la capacidad de aplicar FH (Shaun et al., 2020). Por el contrario, si se pretende mejorar la V_0 , los sprints y los saltos verticales asistidos, parecen ser buenas opciones (Shaun et al., 2020).

No obstante, hay mucha controversia respecto a qué carga es la idónea para maximizar el entrenamiento mediante sprints resistidos. Mientras que tradicionalmente se ha recomendado cargas que supongan entre un 13% y un 45% del peso corporal (Petrakos et al., 2015), Morin et al. (2017) demostraron que cargas del 80% del peso corporal, mejoran la F0 y la RFpico, por lo que mejoraba la aplicación de fuerza horizontal y, por tanto, la efectividad mecánica. Sin embargo, pese a que hay algunos estudios que no han demostrado mejoras individualizadas a partir de sprints resistidos (Cross et al., 2018; Rakovic et al., 2018), en el estudio de Lahti et al. (2020) se crearon los grupos experimentales acorde con el perfil F-v de cada sujeto, por lo tanto, al haber una individualización mayor, se consiguieron mejoras a partir de sprints resistidos y asistidos, dependiendo de las necesidades del sujeto.

Todos los parámetros citados varían a lo largo de la temporada. Así, Jiménez-Reyes et al. (2020b) observaron en futbolistas que las variables Pmáx, F0 y RFpico disminuían a medida que se aproximaba el final de la competición. Por otro lado, las adaptaciones pueden ocurrir de manera tardía. Así, Morin et al. (2020) observaron mayores aumentos de Pmáx ($9.98 \pm 5.27\%$, $p < 0.01$) 4 semanas tras la fase de entrenamiento de sprints resistidos, respecto a los valores observados tras una semana ($5.39 \pm 5.87\%$, $p < 0.01$).

Relación del perfil F-v y la lesión isquiotibial

Mendiguchia et al. (2014) y Mendiguchia et al. (2015) observaron que los deportistas que venían de una lesión de isquiotibiales tenían menores niveles de F0 que sus compañeros no lesionados, mientras que los niveles de V0 se mantenían, por lo que también tenían menor Pmáx y menor rendimiento en sprint. En la misma línea, Morin et al. (2015) reportaron que a mayor activación de la musculatura isquiotibial justo antes del contacto del pie con el suelo mayor cantidad de FH en sprint. Por lo que los sujetos que han visto afectado su isquiotibial, se ve afectada su activación y, por ende, su FH. La fatiga también disminuye esta activación de la musculatura isquiotibial (Morin et al., 2011a), e inversamente un aumento de la actividad del glúteo mayor, con el fin de proteger a los isquiotibiales de una lesión y de mantener el rendimiento, o al menos, evitar su descenso brusco (Edouard et al., 2018). Por lo que los autores indican que se debe trabajar tanto los flexores de rodilla como los extensores de cadera, incluyendo al glúteo mayor, con el fin de prevenir lesiones y aumentar el rendimiento.

En cuanto a prevención de lesiones en el isquiotibial, el estudio reciente de Mendiguchia et al. (2020) demostró que el sprint mejoraba la longitud de fascículo de la cabeza larga del bíceps femoral más del doble que el 'nordic hamstring' (16% vs 7%), además de conseguir mejoras en los tiempos de aceleración. Por lo que indica que la única acción que lleva a activar los músculos isquiotibiales de igual manera a como estos se activan durante el ejercicio físico, es el propio sprint. Se reportó que hubo el doble de aumento hipertrófico en isquiotibiales y aductores que en cuádriceps mediante un macrociclo de entrenamiento en sprint (Nuell et al., 2019). Además, es imposible de replicar mediante otros ejercicios de fortalecimiento (Edouard et al., 2019) y el mismo perfil F-v es una herramienta ideal para valorar el estado de estos sujetos.

4. CONCLUSIONES

Tras la revisión realizada, se concluye que el entrenamiento de las diferentes manifestaciones de fuerza neuromuscular basada en el perfil F-v, tanto en salto vertical como en sprint, es una buena herramienta para individualizar el entrenamiento y optimizar el rendimiento. El método es sencillo tanto para el deportista, como para el entrenador/investigador, dado que no requiere medir en laboratorio con instrumental caro y complicado de utilizar, habiéndose validado incluso apps que permiten el uso de terminales móviles lo que permite medir en el sitio habitual de entrenamiento, confiriéndole mayor validez ecológica.

Futuras líneas de investigación

Se ha encontrado la necesidad de profundizar en los sprints resistidos y asistidos, ya que la literatura es escasa en cuanto a cuál es la carga óptima para la mejora de estas dos vertientes del espectro de la curva F-v, así como posible efecto en la biomecánica al sprint sin cargas. También, cabe resaltar la escasa muestra de mujeres analizadas en los estudios, además que no se analizaba cómo puede afectar el ciclo menstrual a este perfil F-v. Por último, el perfil F-v en salto, solo ha sido estudiado de manera bipodal por lo que sería interesante medirlo unipodalmente, para saber el perfil de cada pierna.

Aplicaciones prácticas

Con la medición mediante el perfil F-v se puede dar un feedback prácticamente instantáneo al deportista. Por lo que además de permitir la individualización de su trabajo, la gráfica de la curva F-v y la reducción de tiempos o el aumento de salto pueden ser muy útiles para que el deportista vea su mejoría y generar mayor adherencia. Su uso por parte de los profesionales del deporte puede ser muy efectivo en deportes con movimientos explosivos, como las pruebas cortas de atletismo y los deportes de equipo en los que abundan el salto y el sprint. Además, la literatura muestra que puede ser una interesante herramienta para monitorizar la readaptación de lesiones de la musculatura isquiotibial, en concreto para determinar si el deportista está listo para iniciar los entrenamientos con normalidad o seguir con el proceso de readaptación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alcazar, J., Csapo, R., Ara, I., & Alegre, L. M. (2019). On the shape of the force-velocity relationship in skeletal muscles: The linear, the hyperbolic, and the double-hyperbolic. *Frontiers in Physiology*, 10, 769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00769>

Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo: texto básico del Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid*. Inde.

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>

Bobbert, M. F. (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *Journal of Applied Physiology*, 112(12), 1975-1983. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00787.2011>

Bompa, T. O. (2016). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Editorial Hispano Europea.

Cross, M. R., Lahti, J., Brown, S. R., Chedati, M., Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Eriksrud, O., & Morin, J. B. (2018). Training at maximal power in resisted sprinting: Optimal load determination methodology and pilot results in team sport athletes. *PLoS One*, 13(4), e0195477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195477>

Edouard, P., Mendiguchia, J., Guex, K., Lahti, J., Samozino, P., & Morin, J.B. (2019). Sprinting: A potential vaccine for hamstring injury? *Sport Perform Sci Reports*, 1, 1-2.

Edouard, P., Mendiguchia, J., Lahti, J., Arnal, P. J., Gimenez, P., Jiménez-Reyes, P., Brughelli, M., Samozino, P., & Morin, J. B. (2018). Sprint acceleration mechanics in fatigue conditions: Compensatory role of gluteal muscles in horizontal force production and potential protection of hamstring muscles. *Frontiers in Physiology*, 9, 1706. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01706>

Escobar Álvarez, J. A., Fuentes García, J. P., Da Conceição, F. A., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Individualized training based on force-velocity profiling during jumping in ballet dancers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–7. Advance online publication. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0492>

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>

Frère, J., L'hermette, M., Slawinski, J., & Tourny-Chollet, C. (2010). Mechanics of pole vaulting: A review. *Sports Biomechanics*, 9(2), 123–138. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.492430>

Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>

García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Jaric, S. (2018). Optimisation of applied loads when using the two-point method for assessing the force-velocity relationship during vertical jumps. *Sports Biomechanics*, 1–16. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1545044>

Hicks, D. S., Schuster, J. G., Samozino P., & Morin, J. B. (2020) Improving mechanical effectiveness during sprint acceleration. *Strength and Conditioning Journal*, 42(2), 45-62. doi: 10.1519/SSC.0000000000000519

Hill, A. V. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *The Journal of Physiology*, 56(1-2), 19-41. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1922.sp001989>

Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society 126B*, 136-195.

Holmes, J. W. (2006). Teaching from classic papers: Hill's model of muscle contraction. *Advances in Physiology Education*, 30(2), 67-72. <https://doi.org/10.1152/advan.00072.2005>

Jaric S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 699–704. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283>

Jiménez-Reyes, P., Casado, A., González, J. E., & Rodríguez-Fernández, C. (2020a). Influence of hurdling clearance on sprint mechanical properties in high-level athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10.1519/JSC.0000000000003536. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003536>

Jiménez-Reyes, P., Cross, M., Ross, A., Samozino, P., Brughelli, M., Gill, N., & Morin, J. B. (2019a). Changes in mechanical properties of sprinting during repeated sprint in elite rugby sevens athletes. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 585–594. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542032>

Jiménez-Reyes, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019b). Differences in sprint mechanical force-velocity profile between trained soccer and futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(4), 478–485. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0402>

Jiménez-Reyes, P., Garcia-Ramos, A., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Cuadrado-Peñafiel, V., Castaño-Zambudio, A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2020b). Seasonal changes in the sprint acceleration force-velocity profile of elite male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10.1519/JSC.0000000000003513. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003513>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado-Peñafiel, V., Conceição, F., González-Badillo, J. J., & Morin, J. B. (2014). Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*, 114(11), 2281–2288. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2947-1>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019c). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS One*, 14(5), e0216681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Badillo, J. J., & Morin, J. B. (2016). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36–43. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484>

Marcote-Pequeño, R., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Hernández, J. M., Gómez, M. Á., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Association between the force-velocity profile and performance variables obtained in jumping and sprinting in elite female soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 209–215. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0233>

Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., Morin, J. B., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS One*, 15(2), e0228283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283>

Mendiguchia, J., Edouard, P., Samozino, P., Brughelli, M., Cross, M., Ross, A., Gill, N., & Morin, J. B. (2015). Field monitoring of sprinting power-force-velocity profile before, during and after hamstring injury: two case reports. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 535–541. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207>

Mendiguchia, J., Samozino, P., Martínez-Ruiz, E., Brughelli, M., Schmikli, S., Morin, J. B., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Progression of mechanical properties during on-field sprint running after returning to sports from a hamstring muscle injury in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 690–695. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363192>

Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3921–3930. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8>

Morin, J. B., Capelo-Ramírez, F., Rodríguez-Pérez, M. A., Cross, M. R., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Individual adaptation kinetics following heavy resisted sprint training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10.1519/JSC.0000000000003546. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003546>

Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011a). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1680–1688. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37>

Morin, J. B., Giménez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint acceleration mechanics: The major role of hamstrings in horizontal force production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>

Morin, J. B., Petrakos, G., Jiménez-Reyes, P., Brown, S. R., Samozino, P., & Cross, M. R. (2017). Very-heavy sled training for improving horizontal-force output in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), 840–844. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0444>

Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>

Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., & Tomazin, K. (2011b). Effect of fatigue on force production and force application technique during repeated sprints. *Journal of Biomechanics*, 44(15), 2719–2723. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.020>

Morin, J. B., Samozino, P., Murata, M., Cross, M. R., & Nagahara, R. (2019). A simple method for computing sprint acceleration kinetics from running velocity data: Replication study with improved design. *Journal of Biomechanics*, 94, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.07.020>

Pehar, M., Sekulic, D., Sisic, N., Spasic, M., Uljevic, O., Krolo, A., Milanovic, Z., & Sattler, T. (2017). Evaluation of different jumping tests in defining position-specific and performance-level differences in high level basketball players. *Biology of Sport*, 34(3), 263–272. <https://doi.org/10.5114/biolport.2017.67122>

Petrakos, G., Morin, J. B., & Egan, B. (2016). Resisted sled sprint training to improve sprint performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 46(3), 381–400. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0422-8>

Rakovic, E., Paulsen, G., Helland, C., Eriksrud, O., & Haugen, T. (2018). The effect of individualised sprint training in elite female team sport athletes: A pilot study. *Journal of Sports Sciences*, 36(24), 2802–2808. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1474536>

Rivière, J. R., Rossi, J., Jimenez-Reyes, P., Morin, J. B., & Samozino, P. (2017). Where does the one-repetition maximum exist on the force-velocity relationship in squat? *International Journal of Sports Medicine*, 38(13), 1035–1043. <https://doi.org/10.1055/s-0043-116670>

Roberts, S. P., Trewartha, G., Higgitt, R. J., El-Abd, J., & Stokes, K. A. (2008). The physical demands of elite English rugby union. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 825–833. <https://doi.org/10.1080/02640410801942122>

Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Rodríguez-Juan, J. J., González-Hernández, J., Toscano-Bendala, F. J., Cuadrado-Peñafiel, V., & Balsalobre-Fernández, C. (2017). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference

methods. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 386–392. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031>

Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505–510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>

Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>

Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(6), 648–658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>

Samozino, P., Rivière, J. R., Rossi, J., Morin, J. B., & Jimenez-Reyes, P. (2018). How fast is a horizontal squat jump?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 910–916. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0499>

Zabaloy, Santiago & Blanco, Fernando & Giráldez, Julián & Rasmussen, Juan & González, Javier. (2020). Effects of individualised training programmes based on the force-velocity imbalance on physical performance in rugby players. *Isokinetics and Exercise Science*. 28. 1-10. doi:10.3233/IES-192196.

Fecha de recepción: 13/09/2021

Fecha de aceptación: 2/10/2021