

**Influencia del estado madurativo en las adaptaciones del perfil fuerza-
velocidad horizontal al entrenamiento de fuerza en jóvenes futbolistas**

Departamento de Ciencias del Deporte



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Alberto José Fuentes Mesa

Tutor: Iván Peña González

INTRODUCCIÓN

En el fútbol, se alternan períodos de actividad de baja a moderada intensidad con ráfagas repetidas de acciones explosivas o de alta/máxima intensidad. Es un deporte dinámico y cambiante, donde los jugadores experimentan una amplia variedad de demandas físicas a lo largo del juego. Dado que las jugadas más importantes en el fútbol suelen desarrollarse en áreas reducidas, la habilidad del sprint puede jugar un papel fundamental en el éxito del rendimiento (Fernández-Galván et al., 2022). En consecuencia, resulta habitual tanto en el ámbito profesional como en el de la investigación que este tipo de acciones sean las más recurrentemente examinadas para comprender en profundidad el rendimiento físico de los futbolistas.

Tradicionalmente, la evaluación del rendimiento en sprint se ha basado en medir el tiempo empleado para recorrer una distancia específica (Fernández-Galván et al., 2022). No obstante, estudios recientes han desarrollado el concepto de Perfil Fuerza-Velocidad (FV) Horizontal para valorar los componentes específicos relacionados con la aceleración y la velocidad lineal de los deportistas en el sprint. El método de perfilado de potencia-fuerza-velocidad está basado en la relación inversa entre fuerza y velocidad ($F - V$), las cuales describen las capacidades mecánicas máximas del sistema neuromuscular de las extremidades inferiores (Morin & Samozino, 2016). La evaluación del perfil FV horizontal brinda detalles acerca de variables específicas relacionadas con el sprint de los deportistas, las cuales son determinantes para su desempeño en esta disciplina como son: máxima producción de fuerza horizontal teórica (F_0), velocidad máxima teórica de carrera (V_0), capacidad máxima de producción de potencia (P_{max}), efectividad mecánica máxima de la aplicación de fuerza del atleta (RF_{max}), capacidad del deportista para mantener la eficiencia mecánica a velocidades más altas (D_{rf}), velocidad óptima de sprint (V_{opt}) y velocidad máxima alcanzada (V_{max}). Estos nuevos enfoques para medir fuerza, velocidad y potencia, en este caso de manera horizontal en el sprint, tienen el potencial para proporcionar a los deportistas formas sencillas y asequibles de monitorear y mejorar sus habilidades físicas y técnicas de manera más personalizada (Morin & Samozino, 2016).

Respecto a la organización en el fútbol a edades tempranas, ésta basa su estructura en edades cronológicas, creando categorías de jugadores que tienen la misma edad con la

intención de mantener un nivel de competición equilibrado. Si bien, los deportistas que nacen en los primeros meses de su grupo de edad suelen ser mayoría en los clubes respecto a los que nacen en los últimos meses del año. Esto es conocido como efecto de la edad relativa (RAE), teniendo estos jugadores nacidos en los primeros meses del año, mayor probabilidad de ser seleccionados para programas de desarrollo de talentos y equipos de élite que los nacidos más tarde (Bliss & Brickley, 2011). En los últimos años, ha crecido el interés en comprender cómo la maduración biológica de los jugadores jóvenes puede implicar variaciones individuales en las medidas antropométricas y el rendimiento físico en jugadores de una misma franja de edad, y cómo estas diferencias pueden influir en las respuestas al entrenamiento (Meylan et al., 2014; Peña-González et al., 2019). La maduración biológica se conoce como el proceso a través del cual se dan los cambios que llevan a alcanzar el estado adulto, englobando así cambios en las características sexuales, cambios somáticos y cambios estructurales (Fernández-Galván et al., 2022). Estos cambios físicos y fisiológicos evolucionan de manera variable dependiendo del individuo (Fernández-Galván et al., 2021)

Una de las formas más comunes de estimar el estado madurativo en el ámbito deportivo es el cálculo de los años desde que el deportista pasó o los años que le quedan para llegar a lo que se conoce como el pico de velocidad de crecimiento (PVC), entendido este como el momento en que se produce la tasa máxima de crecimiento (Lloyd & Oliver, 2013). Este PVC suele ocurrir a los 12 años en las chicas y a los 14 años en los chicos de media, aunque tiene una alta variabilidad entre sujetos.

Estudios recientes indican que jugadores con distinto estado madurativo (pre-PVC, mid-PVC y post-PVC) tienen rendimientos físicos distintos (Peña-González et al., 2019; Radnor et al., 2017). Por este motivo es importante para los clubes y academias de fútbol base conocer la edad biológica de los futbolistas jóvenes, ya que se ha demostrado la influencia de la maduración en el rendimiento deportivo y se ha sugerido que esto tiene influencia en el tipo de estímulo que debe proporcionarse al deportista durante el entrenamiento (Fernández-Galván et al., 2022). Sin embargo, todavía no existe evidencia científica acerca de si los jugadores jóvenes, según su nivel de madurez, tienen capacidades diferentes para adaptarse al entrenamiento y qué estímulos de entrenamiento son más apropiados para cada grupo madurativo.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue comprobar el posible efecto del estado madurativo sobre las variables específicas del Perfil FV Horizontal y las posibles diferencias en las adaptaciones de estas variables ante un programa de entrenamiento, en función del estado madurativo.

MÉTODO

Participantes

39 jóvenes futbolistas (edad: 13-14 años; altura: 165.24 ± 7.95 cm; altura sentado: 84.4 ± 4.3 cm; masa corporal: 57.92 ± 12.37 kg) fueron reclutados de una academia de fútbol formativo que participó en el segundo nivel competitivo en España. Todos los futbolistas estaban federados y permanecieron sin lesiones durante toda la duración del programa de intervención. Además, para ser incluidos en el estudio, los jugadores debían haber estado libres de lesiones durante los 6 meses anteriores al inicio del estudio y debían contar con al menos 5 años de entrenamiento sistemático específico en fútbol. Tanto los participantes como sus padres o tutores fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio, y otorgaron su consentimiento antes de participar en el mismo. El protocolo de investigación fue aprobado por los comités éticos de la institución responsable del estudio.

Procedimiento

La velocidad de carrera de los jugadores (sprint de 30 m), se evaluó en dos sesiones de prueba (SP) separadas por 8 semanas de entrenamiento. El perfil F-V horizontal de los jugadores (F_0 , V_0 , P_{max} , RF_{max} , D_{rf} , V_{opt} y Max Speed) se obtuvo a partir del sprint de 30 m registrando el tiempo cada 5 m según Samozino et al. (2015) y utilizando su hoja de cálculo mediante parámetros específicos. Los participantes ya estaban familiarizados con las pruebas de rendimiento físico y los dos SP estaban separados de la primera y última sesión de entrenamiento respectivamente por 48 horas. El período de entrenamiento de 8 semanas consistió en 3 sesiones de entrenamiento habituales (específicas de fútbol) por semana, que consistieron en ejercicios técnicos y tácticos en el campo (diseñados por el entrenador) y en las que no se permitieron tareas relacionadas con la fuerza. Se realizaron dos sesiones de fuerza basadas en ejercicios

pliométricos justo antes de la primera y segunda sesión de entrenamiento específico de fútbol de cada semana.

Antropometría

Las medidas antropométricas de los jugadores se evaluaron en SP1. La masa corporal de los jugadores se evaluó con un monitor de composición corporal digital (Tanita Bc 601 Ltd., Japón \pm 0.1 kg) y la altura corporal de los jugadores y la altura sentada se evaluaron con un estadiómetro fijo (SECA Ltd., Alemania \pm 0.1 cm).

Estado madurativo

El estado de madurez de los jugadores se estimó por los años desde/hasta el PVC. La ecuación predictiva fue la siguiente:

Años desde/hasta el PVC = $29.769 + 0.0003007 \cdot \text{Interacción longitud de pierna y altura sentado} - 0.01177 \cdot \text{Interacción edad y longitud de pierna} + 0.01639 \cdot \text{Interacción edad y altura sentado} + 0.445 \cdot \text{Relación pierna por altura}$

Los jugadores fueron clasificados en dos grupos según los años desde/hasta el PHV: PrePHV (jugadores antes de su PHV; <0.0 años al PHV; $n = 17$) y PostPHV (jugadores después de su PHV ; ≥ 0.0 años desde el PHV; $n = 22$).

Rendimiento físico

Tanto para SP1 como para SP2, los jugadores llevaron a cabo un calentamiento estandarizado que consistió en carrera de baja intensidad, estiramientos dinámicos y acciones de alta intensidad (es decir, saltos y carreras de velocidad) antes de la evaluación del rendimiento físico. Para evaluar el perfil F-V de sprint de los jugadores, los participantes realizaron un sprint de 30 m. Las instrucciones para el sprint de 30 m fueron: (1) comenzar el sprint desde una posición de pie a 30 cm detrás de la primera puerta y (2) correr al máximo hasta la última puerta. Todos los sujetos recibieron estímulo verbal durante todo el sprint. Los jugadores calzaron sus habituales botas de fútbol. Los jugadores realizaron dos intentos con 2 minutos de descanso entre ellos y se registró el mejor para su posterior análisis.

Periodo de entrenamiento

Durante el período entre SP1 y SP2, los jugadores participaron en un programa de entrenamiento combinado de fuerza y específico para el fútbol que duró 8 semanas. Las sesiones específicas de fútbol se llevaron a cabo tres veces por semana, con una duración de 90 minutos cada una. Estas sesiones consistieron en ejercicios técnicos y tácticos habituales diseñados por el entrenador, sin incluir ejercicios específicos de fuerza. Además de estas tres sesiones específicas de fútbol, los jugadores realizaron dos sesiones extra consistentes en ejercicios pliométricos (2 x 30":30" [trabajo:descanso] de saltos verticales, saltos laterales con una sola pierna, saltos horizontales, estocadas, empuje de cadera con una sola pierna y triple salto). Todos los ejercicios se realizaron sin carga adicional, y se alentó a los jugadores a ejecutarlos a máxima velocidad y a repetirlos tantas veces como fuera posible. Estas sesiones de entrenamiento de fuerza se llevaron a cabo antes de las sesiones específicas de fútbol de cada semana, y todo el programa de intervención se implementó durante la temporada competitiva. Las sesiones de entrenamiento de fuerza se realizaron en el campo de fútbol donde se llevarían a cabo las sesiones de fútbol específicas.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa JASP ®. Además, la significación de las pruebas estadísticas se puso en un nivel de $p < 0.05$.

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a nuestras variables de interés para determinar si seguían una distribución normal. Los resultados obtenidos indican que ninguna de las variables analizadas muestra desviaciones significativas respecto a una distribución normal, lo que sugiere que podemos asumir la normalidad en nuestros datos para posteriores análisis estadísticos.

Prueba t (efecto del entrenamiento; análisis pre-post)

Se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas. Esta prueba se utilizó para comparar las variables del perfil fuerza-velocidad antes y después de las 8 semanas de intervención. La prueba t de Student es adecuada para detectar diferencias significativas en las medias de dos muestras relacionadas, permitiéndonos determinar si

el entrenamiento aplicado produjo cambios significativos en las variables F0, V0, Pmax y Time 30-m.

Prueba Anova de Medidas Repetidas

Se realizó la prueba ANOVA de medidas repetidas para comprobar el efecto de interacción entre el factor tiempo (pre-post) y el factor maduración (GM1 vs GM2). Habiendo observado que hay diferencias entre grupos madurativos al inicio, y también en pre-post para todo el grupo, el objetivo era constatar si había efecto de interacción entre esos factores.

REFERENCIAS

- Bliss, A., & Brickley, G. (2011). Effects of relative age on physical and physiological performance characteristics in youth soccer. *PubMed*, 51(4), 571-575. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22212258>
- Fernández-Galván, L. M., Boullosa, D., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Casado, A. (2021). Examination of the Sprinting and Jumping Force-Velocity Profiles in Young Soccer Players at Different Maturational Stages. *International Journal Of Environmental Research And Public Health/International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(9), 4646. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094646>
- Fernández-Galván, L. M., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Casado, A. (2022). Sprint performance and mechanical force-velocity profile among different maturational stages in young soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1412. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031412>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2013). Strength and conditioning for young athletes: Science and application. Routledge.

- Meylan, C. M., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Manson, S. (2014). An Evidence-Based Model of power development in Youth Soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(5), 1241–1264.
<https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1241>
- Morin, J., & 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>
- Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Cervelló, E., & Moya-Ramón, M. (2019). Effect of biological maturation on strength-related adaptations in young soccer players. *PloS One*, 14(7), e0219355.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219355>
- Radnor, J. M., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2017). Individual response to different forms of resistance training in school-aged boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 787–797.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001527>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., De Villarreal, E. S., & Morin, J. (2015). 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>