



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**Efecto del estado madurativo en el
perfil fuerza-velocidad de jóvenes
jugadores de fútbol**

Alumno: Joseba Vizán Ruiz

Tutor académico: Iván Peña Gonzalez

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2024 -2025

INDICE

Introducción:	3
Metodología	4
Referencias	6



Introducción:

El fútbol es un deporte en el que se requieren altos niveles de resistencia, velocidad y fuerza por parte de los jugadores. Durante el juego, los futbolistas alternan esfuerzos de alta intensidad (como sprints y cambios de dirección, entre otros) con períodos de recuperación activa o pasiva, lo que exige un adecuado desarrollo de la capacidad aeróbica y anaeróbica de forma integrada (Hill-Haas et al., 2011; Stølen et al., 2005). Para optimizar estas adaptaciones, los métodos de entrenamiento más empleados son el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) y los Small-Sided Games (SSG), ya que ambos están diseñados para mejorar la resistencia, la velocidad y otros componentes físicos dentro de un entorno que replica las demandas del partido (Massamba et al., 2021). Si bien ambos métodos pueden ser efectivos, la elección del más adecuado puede depender de factores como la edad, la experiencia de los jugadores, o el objetivo específico del entrenamiento, entre otros.

El entrenamiento HIIT se caracteriza por la realización de esfuerzos intermitentes de alta intensidad, seguidos de períodos de recuperación breves. Este método ha demostrado ser eficaz para mejorar la capacidad de repetir sprints (RSA) y la eficiencia metabólica en futbolistas jóvenes, favoreciendo adaptaciones tanto aeróbicas como anaeróbicas (Arslan et al., 2020; Kunz et al., 2019). Por otro lado, los juegos en espacios reducidos (SSG) permiten manipular variables como las dimensiones del campo, el número de jugadores y las reglas, con el objetivo de inducir adaptaciones fisiológicas y técnico-tácticas específicas (Massamba et al., 2021). Si bien las adaptaciones al entrenamiento de estos dos métodos han sido mostradas en estudios previos, la respuesta adaptativa al entrenamiento en jóvenes puede verse influenciada por el estado madurativo (Lloyd et al., 2016; Peña-González et al., 2019). Sin embargo, no existen actualmente estudios que analicen si esta influencia se manifiesta de igual manera en métodos como el HIIT y los SSG. Investigar estas posibles diferencias en la adaptación al entrenamiento con distintos métodos en jugadores jóvenes con distinto estado madurativo resulta crucial para adaptar eficazmente las estrategias de entrenamiento al desarrollo individual de cada futbolista.

En categorías formativas, habitualmente se organiza a los jugadores según su edad cronológica, obviando la posible disparidad en la maduración biológica entre los jugadores pertenecientes a un mismo grupo de edad (Lloyd et al., 2014). La maduración es el proceso por el cual los individuos progresan hacia su estado adulto, experimentando cambios estructurales y funcionales que pueden afectar su rendimiento físico (Radnor et al., 2018). Por otra parte, el estado madurativo se refiere a un momento específico que atraviesa un individuo dentro de ese proceso, mostrando de qué manera se manifiestan dichos cambios estructurales y funcionales en su desarrollo. En este sentido, se ha documentado que la variabilidad interindividual en el estado madurativo puede repercutir en la selección de talentos, ya que se pueden observar distintos rendimientos entre jugadores con distinto estado madurativo, favoreciendo la selección de aquellos más maduros (Meylan et al., 2010).

En este contexto, la maduración cobra especial relevancia. El Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV, por sus siglas en inglés) es el momento de mayor aceleración del crecimiento corporal durante la adolescencia, y se utiliza como referencia para estimar el estado madurativo (Mirwald et al., 2002). Suele producirse alrededor de los 14 años en chicos y 12 años en chicas, y permite clasificar a los jugadores en función de su proximidad a este punto (Malina y Koziet, 2014). Los jóvenes que han superado el PHV suelen presentar mayor masa muscular y fuerza, lo que puede otorgarles ventajas competitivas (Fernández-Galván et al., 2022; Peña-González et al., 2019). Por el contrario, los futbolistas en fase pre-PHV presentan menores valores de fuerza relativa y potencia, lo cual podría afectar su respuesta al entrenamiento y sus oportunidades de selección (Peña-González et al., 2021). A pesar de la creciente evidencia sobre la influencia de la

maduración en el rendimiento físico, existen escasos estudios que analicen las adaptaciones al entrenamiento según el estado madurativo de los futbolistas (Peña-González et al., 2020).

El perfil fuerza-velocidad (Fv) horizontal representa la relación inversa entre la fuerza aplicada y la velocidad alcanzada durante el sprint, y permite obtener variables mecánicas clave del rendimiento como la fuerza máxima teórica (F_0), velocidad máxima teórica (V_0), potencia máxima (P_{max}), efectividad máxima de aplicación de la fuerza horizontal (RF_{max}), la pendiente de la relación fuerza-velocidad ($FvSlope$), la pérdida de eficacia al aumentar la velocidad (ΔRF), y la velocidad máxima alcanzada (V_{max}) durante un sprint (Morin y Samozino, 2016). Este perfil permite detectar fortalezas y debilidades individuales para personalizar el entrenamiento (Jiménez-Reyes et al., 2020; Hicks et al., 2020). La maduración biológica influye notablemente en estas variables, mostrando mejores valores en jugadores post-PHV (Fernández-Jávega et al., 2025; Radnor et al., 2018). Sin embargo, también se ha demostrado que jugadores de cualquier estado madurativo pueden mejorar su perfil Fv tras programas bien diseñados como el entrenamiento pliométrico (Fernández-Galván et al., 2022). Estos hallazgos sugieren que, aunque existen diferencias físicas iniciales entre grupos madurativos, las adaptaciones al entrenamiento pueden ser similares si se estructuran adecuadamente (Lloyd et al., 2016; Peña-González et al., 2019).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar los cambios inducidos por los métodos HIIT y SSG sobre el perfil fuerza-velocidad (F-V) en jóvenes jugadores de fútbol, comparando sus efectos en función del estado madurativo (pre-PHV vs. post-PHV). Esta investigación pretende aportar evidencia sobre qué estrategia resulta más eficaz para optimizar el desarrollo de la capacidad de sprint y fuerza específica en las distintas fases del crecimiento biológico.

Metodología

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental con medidas pre y post intervención, cuyo objetivo fue comparar los efectos de dos programas de entrenamiento, uno basado en el entrenamiento interválico de alta intensidad (high-intensity interval training, HIIT) y otro en juegos de espacios reducidos (small-sided games, SSG), sobre el perfil fuerza-velocidad de jóvenes jugadores de fútbol. Ambos programas de entrenamiento fueron integrados dentro del entrenamiento regular de fútbol durante 8 semanas. Los jugadores fueron evaluados inicialmente una semana antes del inicio del programa (sesión de evaluación 1) y al finalizar las 8 semanas (sesión de evaluación 2) para valorar los efectos del entrenamiento.

Participantes

Participaron en el estudio 98 jóvenes jugadores de fútbol pertenecientes a la misma academia, distribuidos aleatoriamente en tres grupos: un grupo control (GC, $n = 30$), el cual no tuvo estímulo de entrenamiento extra a sus sesiones habituales de entrenamiento de fútbol en campo; un grupo experimental (GHIIT, $n = 19$) que realizó entrenamiento interválico de alta intensidad previo a las sesiones habituales de entrenamiento de fútbol en campo; y un grupo experimental (GSSG, $n = 49$) que realizó juegos reducidos previos a las sesiones habituales de entrenamiento de fútbol en campo. Todos los jugadores competían en categoría U14 a U16 y pertenecían a equipos de similar nivel competitivo.

Tanto los jugadores como sus padres/tutores fueron informados del propósito y procedimientos del estudio, firmando un consentimiento informado antes de la participación. El protocolo fue aprobado por el comité ético de la institución correspondiente (Referencia DPS.EC.01.17).

Evaluación del estado madurativo y agrupación

El indicador más comúnmente utilizado para estimar el estado de maduración somática en el ámbito deportivo es el “maturity offset”, o los años desde/hasta el pico de velocidad de crecimiento (PHV, por sus siglas en inglés) (Müller et al., 2015). Este se considera un punto de referencia para la tasa máxima de crecimiento en altura durante la adolescencia, que generalmente ocurre alrededor de los 14 años en los chicos y los 12 años en las chicas (Malina, Bouchard y Bar-Or, 2004). Mediante la predicción de los años desde/hasta el PHV (Mirwald et al., 2002; Sherar et al., 2009), se puede obtener una estimación precisa del estado de maduración de un joven deportista, especialmente en niños de entre 12 y 16 años con una maduración promedio (Malina y Koziet, 2014). Para los análisis, los jugadores fueron clasificados en dos grupos de maduración (GM) en función de sus años desde/hasta el PHV: GM1 (jugadores con un PHV ≤ 0.50) y GM2 (jugadores con un PHV > 0.50).

Procedimientos de evaluación

Antropometría:

Las mediciones antropométricas de los jugadores se realizaron en la primera sesión de evaluación (TS1). El peso corporal se evaluó utilizando un monitor de composición corporal digital (Tanita BC-601 Ltd., Japón, ± 0.1 kg) y la talla de pie y sentado se midieron con un estadiómetro fijo (SECA Ltd., Alemania, ± 0.1 cm).

Estado madurativo:

El estado madurativo de los jugadores se estimó mediante los años desde/hasta el pico de velocidad de crecimiento (PHV), siguiendo la fórmula de predicción propuesta por Mirwald et al. (2002):

Maturity Offset = $29.769 + 0.0003007 \times (\text{Longitud de pierna} \times \text{Altura sentado}) - 0.01177 \times (\text{Edad} \times \text{Longitud de pierna}) + 0.01639 \times (\text{Edad} \times \text{Altura sentado}) + 0.445 \times (\text{Relación Longitud de pierna/Altura corporal})$

La estimación de los años desde/hasta el PHV es uno de los métodos más utilizados para evaluar la maduración somática en el ámbito deportivo (Koziet & Malina, 2018), ofreciendo una referencia precisa para jóvenes de maduración media entre los 12 y 16 años (Malina et al., 2021). Para los análisis, los jugadores fueron agrupados en dos categorías de maduración: pre-PHV (jugadores antes de su PHV; ≤ 0.0 años desde el PHV) y post-PHV (jugadores después de su PHV; > 0.0 años desde el PHV).

Rendimiento físico:

En ambas sesiones de evaluación (TS1 y TS2), los jugadores realizaron un calentamiento estandarizado compuesto por carrera de baja intensidad, estiramientos dinámicos y acciones de alta intensidad (saltos y sprints).

Para evaluar la aceleración, la velocidad de carrera y el perfil fuerza-velocidad (Fv) horizontal, los jugadores realizaron un sprint lineal de 30 metros, registrándose los tiempos parciales a los 5, 10, 20 y 30 metros mediante células fotoeléctricas (Witty System; Microgate, Italia) y utilizando su calzado habitual de fútbol. Las instrucciones para el sprint fueron: (1) iniciar el sprint desde una posición de pie, situada a 30 cm detrás de la primera célula fotoeléctrica, y (2) esprintar al máximo hasta pasar la última célula.

El perfil fuerza-velocidad horizontal (F0, V0, Pmax, RFmax, DRF y Vmax) se calculó siguiendo el procedimiento descrito por Samozino et al. (2016) y utilizando su hoja de cálculo específica. Para corregir el sesgo producido por la detección tardía del inicio en las células fotoeléctricas, se añadió +0.3 segundos al primer registro de tiempo y se acumularon estos

ajustes a lo largo de todos los parciales, siguiendo el método validado por Vescovi y Jovanović (2021).

Todos los jugadores recibieron estímulo verbal durante las pruebas y realizaron dos intentos del sprint de 30 metros, con 2 minutos de recuperación entre intentos. Para el análisis posterior, se utilizó el mejor intento de sprint, seleccionando los tiempos parciales más rápidos en los 5, 10, 20 y 30 metros.

Programas de entrenamiento

Entrenamiento de fútbol:

Todos los equipos realizaron 3 sesiones de entrenamiento semanalmente, de fútbol, y planificadas por el coordinador de la academia. No se permitieron tareas analíticas específicas de resistencia fuera del protocolo experimental.

Grupo HIIT (Entrenamiento interválico de alta intensidad):

Los jugadores del GHIIT realizaron un protocolo de HIIT dos veces por semana, integrado antes del entrenamiento habitual. Este consistió en carreras intermitentes a alta intensidad (>90% de vIFT), con progresión en intensidad y duración a lo largo de las 8 semanas.

Grupo SSG (Juegos reducidos):

Los jugadores del GSSG realizaron dos tareas de SSG por semana. La primera sesión de la semana (MD+2) incluyó un SSG corto (SSSG) y la segunda (MD-3) un SSG largo (LSSG). Ambos tipos de SSG fueron planificados progresivamente para maximizar las adaptaciones en la resistencia intermitente. Estas tareas también se llevaron a cabo antes de los entrenamientos habituales de fútbol de los equipos implicados.

Todos los equipos realizaron sus sesiones de entrenamiento en el mismo campo y a la misma hora durante todo el periodo de intervención. Antes de comenzar cada sesión de HIIT y SSG, se realizó un calentamiento estandarizado compuesto por 5 minutos de actividades de baja intensidad (como carrera continua y movilidad articular), seguidos de 3 minutos de estiramientos dinámicos. Además, se realizó una repetición del protocolo específico de HIIT programado para ese día con el fin de que los jugadores se familiarizaran con la velocidad de ejecución desde la primera repetición.

Análisis estadísticos

Los datos se expresaron en forma de media $\pm$ desviación estándar. Para analizar las diferencias en las variables del perfil fuerza-velocidad horizontal en función del estado madurativo, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, tomando como factor independiente el estado madurativo (pre-PHV, mid-PHV y post-PHV). Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones post-hoc utilizando el ajuste de Bonferroni para identificar las diferencias entre los distintos grupos. El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0.05$.

Referencias

Arslan, E., Orer, G. E., & Clemente, F. M. (2020). Running-based high-intensity interval training vs. small-sided games in soccer: A systematic review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(4), 695–705. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.94237>

Fernández-Galván, M., Peña-González, I., & García, J. (2022). Efectos de la maduración biológica en el rendimiento de futbolistas jóvenes. *Revista de Ciencias del Deporte*, 40(2), 123–134.

Fernández-Jávega, D., García-Unanue, J., Gallardo, L., & Felipe, J. L. (2025). Influence of biological maturation on sprint and strength in youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, 25(1), 45–53.

Hicks, K. M., Onambélé, G. L., Winwood, K., & Morse, C. I. (2020). The relationship between force–velocity characteristics and sprint performance in youth athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 234–241.

Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2020). Effectiveness of an individualized training based on force–velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>

Kozieł, S. M., & Malina, R. M. (2018). Modified maturity offset prediction equations: Validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Medicine*, 48(1), 221–236. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0750-y>

Kunz, P., Engel, F. A., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2019). A meta-comparison of the effects of high-intensity interval training vs. small-sided games on soccer players' fitness. *Journal of Sports Sciences*, 37(14), 1590–1597. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0180-5>

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B. A., Williams, C. A., Best, T. M., Alvar, B. A., Micheli, L. J., Thomas, D. P., Hatfield, D. L., Cronin, J. B., & Myer, G. D. (2014). Long-term athletic development—Part 1: A pathway for all youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1439–1450. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Radnor, J. M., Rhodes, B. C., Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2016). Youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 38(6), 36–44.

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Human Kinetics.

Malina, R. M., & Kozieł, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424–437. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828850>

Malina, R. M., Kozieł, S. M., & Cumming, S. P. (2021). Maturity offset in youth soccer players: Validation and application. *Pediatric Exercise Science*, 33(1), 1–8.

Massamba, A., Clemente, F. M., & Silva, R. (2021). Small-sided games and high-intensity interval training in football: A review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(4), 789–801.

Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J., & Hughes, M. (2010). Talent identification in soccer: The role of maturity status on physical, physiological and technical characteristics. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5(4), 571–592.

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>

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>

Müller, L., Hildebrandt, C., Müller, E., Fink, C., & Raschner, C. (2015). Biological maturity status, physical fitness, and injury susceptibility in elite youth football players: A prospective study. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2101–2109.

Peña-González, I., Fernández-Galván, M., & García, J. (2019). Efectos de la maduración biológica en el rendimiento de futbolistas jóvenes. *Revista de Ciencias del Deporte*, 39(3), 201–214.

Peña-González, I., Fernández-Galván, M., García, J., & Sánchez, J. (2020). Adaptaciones al entrenamiento según el estado madurativo en futbolistas jóvenes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 13(4), 180–186.

Peña-González, I., Fernández-Galván, M., García, J., & Sánchez, J. (2021). Influencia del estado madurativo en la fuerza y potencia de futbolistas jóvenes. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 15(2), 34–41.

Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S., & Lloyd, R. S. (2018). The influence of growth and maturation on stretch-shortening cycle function in youth. *Sports Medicine*, 48(1), 57–71. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0785-0>

Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2016). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 39(2), 407–414.

Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., & Thomis, M. (2009). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *Journal of Pediatrics*, 155(6), 889–895.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.

Vescovi, J. D., & Jovanović, M. (2021). Correction for timing errors in sprint performance: A practical approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 345–350.