

Trabajo Fin de Máster



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Máster Universitario en Rendimiento Deportivo y Salud

2022-2023

Modificación del perfil de fuerza velocidad vertical en tenistas en una pretemporada.

Autor: Martínez Moreno, Miguel

Tutor: Moya Ramón, Manuel

Resumen:

Objetivo: Describir el comportamiento de los valores de perfil fuerza velocidad (Sfv) verticales en tenistas profesionales antes y después de un periodo de pretemporada, analizando su impacto en el rendimiento medido sobre la capacidad de salto, velocidad y agilidad. **Método:** 11 tenistas profesionales senior de nivel ATP, hombres, con una media de 22.46 (\pm 1.70) años de edad; talla de 180.33 (\pm 7.95) cm; peso 75.34 (\pm 5.53) kg, con puntuación en ranking ATP/WTA de 1210.66 (\pm 670.41) entre las posiciones 298 y 1930, participaron en una intervención de entrenamiento, en un entorno ecológico, en un periodo de pretemporada con una duración de 6 semanas, realizando un total de 98 sesiones de entrenamiento que se dividieron en 50 sesiones de tenis y 48 sesiones de preparación física (trabajo preventivo, entrenamiento fuerza, entrenamiento neuromuscular y entrenamiento de resistencia mediante HIT y RST); las sesiones fueron intercaladas con las sesiones de tenis y repartidas en sesiones de mañana y tarde. Las variables de rendimiento que se analizaron son el salto con contra movimiento (CMJ), el perfil de fuerza velocidad (Sfv, V0, F0, Pmax), la velocidad (sprint 20m) y la agilidad (Spider test). **Resultados:** Los resultados mostraron cambios significativos en el sprint de 20m ($p= 0.010$), pero no en el resto de variables, aunque si que se observaron pequeñas mejoras y un efecto relevante en los datos de Pmax ($d= -0.244$), Sfv ($d= -0.331$), Spider test ($d = 1.573$). No existen asociaciones entre los datos de Sfv y las variables de rendimiento. **Conclusiones:** El entrenamiento específico de tenis aplicado, en pretemporada, con una combinación de distintos métodos de entrenamiento decanta la pendiente de F-V aún más a hacia la velocidad, mejorando así significativamente la capacidad de Sprint, y mostrando pequeñas mejoras en la capacidad de salto y agilidad.

Palabras clave: Tenistas profesionales, Pretemporada, perfil fuerza-velocidad, rendimiento.

Introducción

El tenis es un deporte caracterizado por la repetición de acciones cortas (4 a 10 segundos) de alta intensidad seguidas de series cortas de recuperación (10 a 20 segundos), que son interrumpidos, según normativa de la Federación Internacional de Tenis (ITF) por descansos más extensos de 60 a 90 segundos. Los partidos de tenis se pueden extender hasta 5 horas, aunque suelen durar una hora, donde el porcentaje de juego efectivo suele ser de 20-30% en pista batida y del 10 al 15% en pista rápida (Fernandez et al., 2006; Kovacs, 2007)

Los tenistas promedian 4 cambios de dirección (COD) por cada punto y recorren 3m por cada golpe (Fernandez-Fernandez et al., 2014), la velocidad de desplazamiento y agilidad son esenciales para la buena ejecución técnica y obtener ventajas tácticas en el partido de tenis. El tenista debe tener altas prestaciones en aceleraciones, desaceleraciones laterales y multidireccionalmente, ya que debido a los constantes COD no puede alcanzar su velocidad máxima, por lo que la aceleración y desaceleración toman mayor importancia, así como, disponer de una gran agilidad, definida como la capacidad de realizar un movimiento rápido de todo el cuerpo, con cambio de velocidad o dirección en respuesta a un estímulo (Di Giacomo et al., 2018)

En una temporada los tenistas profesionales pueden jugar de media 58 partidos ($\pm 9,4$), en función del nivel del jugador y de su posición en el ranking de la “Association of Tennis Players” (ATP). En los torneos existe una gran dispersión entre partidos jugados, estableciéndose un rango comprendido entre los 44 y los 83 partidos, según el registro del ranking ATP para los 40 mejores tenistas en la temporada 2022 (recuperado de estadísticas oficiales de ATP).

Un modelo mixto de periodización fue utilizado en la pretemporada, ya que parece ser el que más se adapta a las exigencias del tenis (Poignard et al., 2020). La pretemporada tuvo una duración de 6 semanas, tiempo mínimo necesario para asentar las bases de una buena condición física y fuerza. (M. Kovacs, 2018) donde se realizaron los trabajos adjuntos en el **anexo 1**.

En la actualidad, gracias a la mejora tecnológica en el aparataje para la toma de datos, se ha ido incorporando paulatinamente el control de la Potencia Máxima (P_{max}) de los miembros inferiores (*Distancia x Masa / Tiempo*), medida a nivel absoluto en Watios (W) o a nivel relativo en W/Kg, como uno de los indicadores de rendimiento en tenistas. Este hecho deriva de la relación de la mejora de esta variable con la mejora de la capacidad de salto, sprint y COD (Jiménez-Reyes et al., 2019; Samozino et al., 2014).

Las nuevas corrientes científicas (Samozino et al., 2014) profundizan más en estos datos, dejando la P_{max} como un dato cuantitativo y abriendo un nuevo aspecto cualitativo que cuestiona como el deportista produce esa P_{max} . Para ello se analiza el perfil de F-V o la pendiente de F-V (S_{fv}) proporcionándonos el índice de equilibrio del deportista entre las capacidades de Fuerza y Velocidad representado en %, siendo más orientado a la Fuerza cuando la pendiente es negativa o inferior a la pendiente óptima y más orientado a la velocidad cuando la pendiente es positiva o superior a la pendiente óptima (Samozino et al., 2016). Existe un equilibrio, o una pendiente óptima, entre la F-V ($S_{fv\ opt}$) que, calculada mediante ecuaciones basadas en estudios biomecánicos (Samozino et al., 2014), está relacionada con una mejora en el rendimiento de empuje de los miembros inferiores y, por ende, de la capacidad de salto (Samozino et al., 2022).

Es conocido también que los tenistas, por las características del deporte, orientan su S_{fv} más a las capacidades de velocidad, por lo que presentan un déficit en las capacidades de fuerza, ya que las distancias de sprint son cortas y abundan los cambios de dirección, y es sabido que a menor distancia de sprint la orientación del S_{fv} se decanta más hacia las capacidades de velocidad (Samozino et al., 2022).

Podemos sintetizar que los perfiles verticales de fuerza y velocidad nos proporcionan información sobre qué capacidades físicas debemos desarrollar para mejorar el rendimiento balístico de despegue y sobre los niveles máximos de fuerza y velocidad del sistema neuromuscular (Samozino et al., 2016).

Conociendo que existen mejoras en el rendimiento balístico al aproximar los valores de Sfv a su Sfv_{opt} , se hace necesario para el entrenador o preparador físico conocer cómo oscilan las variables de Sfv durante el entrenamiento, y como afectan las distintas cargas de entrenamiento a estas, para así poder predecir el pico de forma o evitar reducciones del rendimiento en etapas clave de la temporada, mejorando así la periodización del entrenamiento de tenistas profesionales.

A tenor de lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio es describir el comportamiento de los valores Sfv verticales en tenistas profesionales antes y después de un periodo de pretemporada, analizando su impacto en el rendimiento medido sobre la capacidad de salto, velocidad y agilidad.

Método

Participantes

11 tenistas profesionales senior de nivel ATP, hombres, con una media de 22.46 (\pm 1.70) años de edad; talla de 180.33 (\pm 7.95) cm; peso 75.34 (\pm 5.53) kg, con puntuación en ranking ATP/WTA de 1210.66 (\pm 670.41) entre las posiciones 298 y 1930, aceptaron participar en el estudio estando todos libres de enfermedades cardiovasculares y pulmonares, sin informar de la ingesta de medicamentos. Todos ellos fueron informados de la participación en el estudio y cumplieron la inscripción al mismo. El estudio tuvo el visto bueno de la COIR con número de referencia DPS.MMR.01.18.

| PARTICIPANTES | |
|---------------|------------------|
| Variable | Media \pm SD |
| n | 11 |
| Edad (años) | 22,46 \pm 1,70 |

| | |
|--------------------|-----------------|
| Altura (cm) | 180,33 ±7,95 |
| Masa corporal (kg) | 75,34 ±5,53 |
| Ranking (ATP) | 1210,66 ±670,41 |

Tabla 1. Características de los participantes

Diseño

El estudio descriptivo-correlacional se desarrolló a lo largo de un periodo de pretemporada, en un entorno ecológico, tratando de adaptarse a horarios y desplazamientos de los tenistas, así como a competiciones no previstas; se realizó una valoración inicial que posteriormente sería repetida en el cambio de ciclo de pretemporada, estas valoraciones fueron temporalizadas según se muestra en la **figura 1**. Las pruebas se realizaron en la misma sesión, en horario de mañana, con descansos completos de 5 a 10 minutos entre pruebas. En la figura 1 presentamos un esquema-cronograma de las valoraciones. La sesión comenzaba con un calentamiento previo que constaba de 10 min de movilidad articular y 15 min de acciones específicas de tenis a baja intensidad. El orden de citación de las pruebas es el mismo que el de realización, considerando así el orden lógico de realización de estas, desde lo más neural hasta lo más metabólico (Bompa & Buzzichelli, 2018).

El entrenamiento realizado en el periodo de pretemporada está detallado en anexo 1, y tuvo una duración de 6 semanas. La carga de entrenamiento fue medida durante toda la intervención, registrando los datos de volumen e intensidad del entrenamiento, El proceso se completó con la cumplimentación de la escala de percepción del esfuerzo de Borg en su versión CR-10 (Borg, 1998) validada en tenistas (Gomes et al., 2015).



Figura 1. Temporalización de la exploración

Materiales y métodos. Protocolos de evaluación

Counter Movement Jump (CMJ)

Para la medición del salto y perfil de Fuerza velocidad se utilizó la aplicación validada para dispositivos móviles My Jump2 (Balsalobre-Fernández et al., 2015a), instalada en un dispositivo móvil (iPad 9ª Gen; Apple Inc, CA, USA), que tomaba capturas con su cámara de video configurada en modo “slow-motion” (frecuencia de muestreo 120fps). Posteriormente, los datos fueron procesados con la aplicación My Jump2. Para el registro y procesado de los datos de CMJ se obtuvieron los siguientes datos de cada tenista: talla, masa corporal, longitud desde trocánter mayor de fémur hasta el suelo estando la rodilla a 90° mientras el participante realiza una sentadilla y, distancia desde el trocánter mayor del fémur hasta la punta del pie estando el tobillo en máxima flexión plantar, mientras el participante se encuentra en posición decúbito supino. Las medidas se tomaron con zapatillas deportivas que fueron las mismas en cada medición.

Se realizaron 4 intentos de CMJ por cada tenista, utilizando el protocolo propuesto por (Balsalobre-Fernández et al., 2015) de perfil F-V en el cual el primer salto se realiza sin carga externa, el segundo salto se añadió una carga externa de 20kg, tercer salto de 30kg y 4 salto

de 40kg. La carga externa se añadió en barra olímpica de 20 kg posicionada tras nuca. Se motivó a los deportistas a saltar lo más alto posible. Para registrar cada intento se grabó a los tenistas con la cámara del iPad, el cual estaba sujeto a un trípode situado en el suelo a una altura de 25cm, perpendicular al plano frontal del participante y a una distancia que permitiera capturar el movimiento completo de los pies de cada participante (~1m). Posteriormente se analizaron los datos de los videos introduciéndolos en la aplicación My Jump2, escogiéndose el mejor salto de cada tenista para su posterior análisis estadístico. El ICC, cuando se compara la aplicación con la plataforma de fuerza usando el tiempo en el aire es perfecta (ICC = 1), y si se usa la velocidad vertical en el despegue también es muy alta (ICC = 0.99) (Carlos-Vivas et al., 2016). Se obtuvieron datos sobre el desequilibrio (%) del Sfv, así como la dirección de este (déficit fuerza o de velocidad), la Pmax relativa (W/Kg), La velocidad inicial (m/s) y la fuerza inicial (N/Kg).

Sprint 20m

La velocidad fue medida mediante una prueba de sprint de 20m, que se realizaron en una recta de 20m en un campo de fútbol de césped artificial. La distancia de la recta fue dividida en tramos de 10m que fueron marcadas con picas. Se realizaron 2 intentos para sprint de 20m, espaciados con descansos entre cada intento de 3 minutos para cada tenista. El intento se iniciaba cuando el investigador encargado de tomar el tiempo dada la orden de salida. Los tenistas, situados detrás de la marca inicial, iniciaban la carrera a la máxima velocidad hasta recorrer los metros solicitados en el menor tiempo posible, cuando el deportista traspasaba la línea de 20m, marcada con picas, el investigador detenía el cronometro. Para la medición del tiempo se utilizó el cronómetro manual profesional de 30 memorias (Tremblay®, modelo CHRO38, sensibilidad 0.001 s). El cronómetro fue accionado siempre por el mismo investigador para evitar la variabilidad interobservadores, asegurando así la consistencia de

los registros. Se escogió el mejor tiempo registrado de cada participante, para su posterior análisis estadístico.

Spider Test

La capacidad para realizar cambios de dirección (COD) y su velocidad fue valorada con el spider test, que consiste en realizar 10 CODs en el menor tiempo posible. La prueba se realizó en una pista reglamentaria de tenis de tierra batida. Los CODs fueron marcados por cinco conos (Figura 2), siguiendo el protocolo propuesto en estudios previos (Huggins et al., 2017). La prueba se iniciaba en la marca central, cuando el investigador daba la señal de salida el deportista debía desplazarse desde el punto central hacia los diferentes conos siguiendo el siguiente orden: desde la marca central debía correr hasta el primer cono, volver de nuevo a la marca central y desplazarse hasta el segundo cono, desde el segundo cono volver a la marca central e ir hasta el tercer cono, volver nuevamente a la marca central y dirigirse hasta el cuarto cono, regresar a la marca central y correr hacia el quinto cono y retornar, por última vez, a la marca central. El tiempo fue medido por un cronómetro manual profesional de 30 memorias (Tremblay®, modelo CHRO38, sensibilidad 0.001 s)), que se iniciaba cuando se daba la señal de salida y se detenía cuando el jugador llegaba a la marca central después de haberse dirigido al quinto cono previamente. El cronómetro fue accionado siempre por el mismo investigador para evitar la variabilidad interobservadores, asegurando así la consistencia de los registros. Mientras tanto, un segundo investigador, se encargaba de registrar los tiempos alcanzados por cada participante; realizándose un único ensayo por participante.

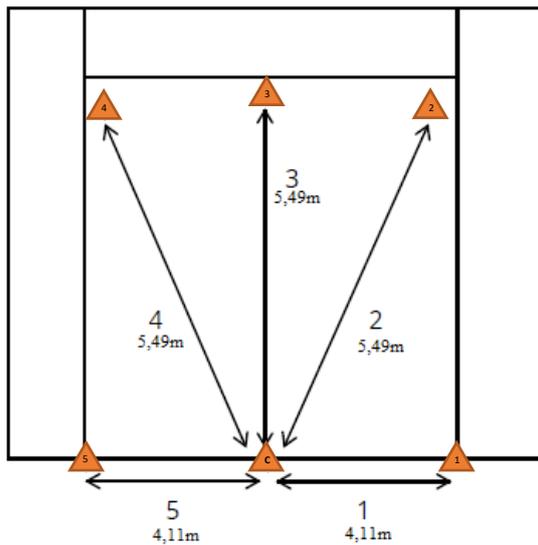


Figura 2. Esquema Spider Test

Entrenamiento pretemporada

En el entrenamiento de pretemporada, que tuvo una duración de 6 semanas, se realizaron dos tipos de sesión. Las sesiones de tenis en pista, donde realizaban entrenamientos técnico-tácticos y la carga era controlada mediante el tiempo activo en pista, así como con el cuestionario RPE individual.

En las sesiones de preparación física, se trabajaron aspectos de resistencia, mediante el HIT (High Interval training) y RST (Repeat sprint training) buscando mejoras metabólicas, sesiones de entrenamiento Preventivos donde se buscaba trabajar las diferentes estructuras con mayor prevalencia lesional (movilidad, propiocepción, estabilidad, fortalecimiento de core, así como disminución de descompensaciones), trabajos de Fuerza inicialmente en rangos de hipertrofia (8-10 ejercicios, 3series de 10-12 repeticiones (75%1RM), velocidad 3:1:3) y finalmente en rangos de potencia (4 bloques de super sets, 3 series de 6/8 repeticiones (80%) por bloque, a velocidad máxima), y una sesión semanal de entrenamiento neuromuscular (pliometría, velocidad,

agilidad y tiempo de reacción). Se puede ver su organización, así como las sesiones dedicadas a cada tipo en el **Anexo 1**.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa JASP 0.16.4 para Windows. Los datos se presentan como medias \pm la desviación estándar. La distribución de cada variable se examinó con la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, y se obtuvo que todas las variables seguían una distribución normal ($p > 0.05$). Se realizó una prueba T de Muestras Relacionadas para comparar los valores pre y post test de cada una de las variables, velocidad en 20 metros(s), Altura CMJ (cm), sfv (%), F0(N/Kg), V0(m/s), Pmax (W/Kg) y Spider Test (s). Los niveles de significación se alcanzaron cuando $p \leq 0.05$. El tamaño del efecto de los cambios en el rendimiento fue calculado mediante la d de Cohen, siendo el tamaño del efecto d catalogado como bajos (< 0.2), moderados (0.2-0.6), grandes (0.6-1.2), muy grandes (1.2-2.0) y extremadamente grandes (2.0-4.0) (Hopkins et al., 2009).

Los datos de Sfv, fueron relacionados con los datos de salto (CMJ, V0, F0, Pmax), sprint y spider test con una correlación simple, haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson donde fueron significativos los valores de $p < 0.05$.

Referencias bibliográficas:

- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015a). 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>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015b). 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>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2018). *Periodization Training for Sports (3rd ed.)*. Human Kinetics.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. (Human kinetics, Ed.).
- Carlos-Vivas, J., Martin-Martinez, J., Hernandez-Mocholi, M., & Perez-Gomez, J. (2016). Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06664-0>
- Di Giacomo, G., Ellenbecker, T. S., Ellenbecker, S., & Kibler, W. Ben. (2018). *Tennis Medicine: A Complete Guide to Evaluation, Treatment, and Rehabilitation* (Springer).
- Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 387. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023168>
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: how valuable is it? *British journal of sports medicine*, 48 Suppl 1(Suppl 1). <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2013-093152>
- Gomes, R. V, Moreira, A., Lodo, L., Capitani, C. D., & Aoki, M. S. (2015). *Ecological Validity of Session RPE Method for Quantifying Internal Training Load in Tennis*.
- Huggins, J., Jarvis, P., Brazier, J., Kyriacou, Y., & Bishop, C. (2017). Within - and between - Session Reliability of the Spider Drill Test to Assess Change of Direction Speed in Youth Tennis Athletes. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, 3(5). <https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510074>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS ONE*, 14(5), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>
- Kovacs, M. (2018). The Role of Scheduling and Periodization in Competitive Tennis Players. En T. S. and K. W. Ben Di Giacomo Giovanni and Ellenbecker (Ed.), *Tennis Medicine: A Complete Guide to Evaluation, Treatment, and Rehabilitation* (pp. 679-686). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71498-1_40
- Kovacs, M. S. (2007). Tennis Physiology. *Sports Medicine*, 37(3), 189-198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001>
- Poignard, M., Guilhem, G., de Laroche Lambert, Q., Montalvan, B., & Bieuzen, F. (2020). The Impact of Recovery Practices Adopted by Professional Tennis Players on Fatigue Markers According to Training Type Clusters. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00109>
- 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., Peyrot, N., Edouard, P., Nagahara, R., Jimenez-Reyes, P., Vanwanseele, B., & Morin, J. B. (2022). Optimal mechanical force-velocity profile for sprint acceleration performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(3), 559-575. <https://doi.org/10.1111/SMS.14097>

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 and Science in Sports*, 26(6), 648-658. <https://doi.org/10.1111/SMS.12490>

