

Comparación de la evolución del rendimiento del saque de un tenista japonés de alto nivel entre dos temporadas

Bumpei Sato¹, Hiroki Yamaguchi², Shuhei Sato³ y Jin Eshita⁴

¹Meiji University, Japón. ²Doshisha University, Japón. ³Sendai University, Japón. ⁴Aoyamagakuin High School, Japón.

RESUMEN

Este estudio pretendía determinar el impacto de los cambios en el rendimiento del saque (relación entre velocidad, velocidad de giro, reproducibilidad y altura de impacto) en la clasificación mundial de un tenista japonés de alto nivel en 2017, cuando se convirtió en el campeón estudiantil del All Japan, y en 2022, cuando representó a Japón en la Copa Davis y ganó el torneo ITF (M25 Monastir 10 ene - 16 ene 2022). Este estudio analiza el impacto de los cambios en el rendimiento del saque en la clasificación mundial en 2022. Los resultados mostraron que, entre los tres tipos de saque (plano, cortado y liftado), hubo valores más altos para el cortado y el liftado en 2022 en comparación con 2017. Se encontraron valores más altos de velocidad de la pelota para el saque plano en 2022 y valores más bajos para el saque cortado y el saque liftado en 2017. En 2022, todas las alturas de los saques fueron más altas, lo que dio lugar a un aumento de la tasa de éxito en el saque plano, que tuvo la menor reproducibilidad. Estos resultados sugieren que la medición longitudinal y la evaluación de la relación entre la velocidad, la tasa de giro, la reproducibilidad y la altura de impacto al servir son importantes para mejorar el rendimiento competitivo.

Palabras clave: rendimiento del saque, altura de impacto, velocidad de la pelota y número de revoluciones, reproducibilidad.

Recibido: 25 junio 2022

Aceptado: 29 julio 2022

Autor de correspondencia:

Bumpei Sato. Email: bsato@meiji.ac.jp

INTRODUCCIÓN

En el tenis, el saque es la única habilidad que permite a un jugador iniciar el juego a su discreción (Chow et al., 2003; Fitzpatrick et al., 2019; Gillet et al., 2009; Kovacs & Ellenbecker, 2011; Roetert et al., 2009). Es una habilidad importante que puede determinar el resultado del partido. Se ha comprobado que el rendimiento del saque de tenis está muy influenciado por la raqueta (material del marco y tensión del cordaje), el nivel competitivo del jugador (Sato & Funato, 2020) y la composición corporal (Brody, 1987; Colomar et al., 2022; Trabert & Hook, 1984). Es habitual que en los estudios sobre los servidores se tenga en cuenta el tipo de saque (es decir, plano, cortado y liftado) que el jugador intenta realizar. Según Sato (2021b), el saque plano es un golpe ofensivo con alta velocidad y baja velocidad de rotación. El cortado gira en la dirección lateral induciendo al receptor a ser empujado fuera de la cancha después de botar. El liftado tiene la característica de botar alto porque es un saque con efecto superior. La rotación de la pelota provoca un gran cambio después de botar, lo que puede provocar un error en la técnica de recepción del oponente, por lo que el efecto es un factor importante para evaluar el rendimiento del saque. Los estudios sobre los saques de tenis también suelen utilizar radares de velocidad y cámaras de alta velocidad para analizar la velocidad de la pelota (Chow et al., 2003; Elliott et al., 2003). Sin embargo, se sabe que el comportamiento producido por cada uno de los tres tipos de saque es diferente (Sakurai et al. 2013), y

dado que el cambio en la dirección del bote que se produce tras el bote podría estar influenciado por los diferentes comportamientos entre los tipos de saque, deberíamos tener en cuenta los tipos de saque que el jugador está intentando realizar. En la evaluación del rendimiento del saque, además de la velocidad de la pelota, se cree que la velocidad de giro de la pelota es un indicador importante, porque la velocidad de giro, que hace que la trayectoria de la pelota cambie, es el factor que induce a errores en la predicción del oponente sobre cómo botará la pelota y, por tanto, en sus habilidades de recepción.

En los últimos años, con el desarrollo del dispositivo TRACKMAN para medir el comportamiento de la pelota, el rendimiento del saque se evalúa y analiza de forma exhaustiva en función de factores como el comportamiento de la pelota (velocidad y velocidad de giro), el recorrido y la reproducibilidad, y estos datos pueden ser utilizados por los entrenadores para obtener información (Murata y Takahashi, 2020; Sato et al., 2017; Murakami et al., 2016). Aplicando estos instrumentos experimentales, se observó que el servicio de alta calidad puede evaluarse y determinarse analizando la relación entre la velocidad de la pelota y la tasa de giro (Sato, 2021b; Sato y Funato, 2020; Muramatsu et al., 2010; Muramatsu et al., 2015; Murakami et al., 2016). Sato y Funato (2020) intentaron cuantificar la relación entre el nivel de competición de los jugadores y el rendimiento del saque en términos de velocidad de saque y velocidad de

giro. Analizaron los datos de forma transversal comparando el rendimiento del saque entre tenistas masculinos de tres niveles (es decir, profesional, tenistas universitarios y tenistas junior). Encontraron diferencias en el rendimiento del saque en el nivel superior de cada categoría, y el rendimiento podía evaluarse cuantificando la velocidad, la tasa de giro y el número de intentos necesarios para realizar un saque con éxito. Ampliando esta investigación y recopilando datos de niveles más amplios, Sato (2021b), reunió datos de rendimiento de saque de los mejores tenistas japoneses de varios niveles (incluyendo jugadores profesionales masculinos y femeninos, estudiantes tenistas, tenistas junior y tenistas en silla de ruedas) y midió las diferencias en el rendimiento de saque (velocidad de saque, tasa de giro y reproducibilidad). El análisis estadístico mostró que los jugadores de niveles de competición más altos tendían a tener una puntuación más alta para la velocidad y la tasa de giro en cada tipo de saque (es decir, el índice de rendimiento de los jugadores profesionales masculinos se situaba en la parte superior derecha de la curva aproximada obtenida del análisis). También descubrieron que, para la mayoría de los jugadores, la velocidad de saque difería según el tipo de saque, ordenado de más rápido a más lento: plano, cortado y liftado. Una tendencia bastante diferente se observó en el caso de la velocidad de giro, que fue la más alta para el liftado, seguido por el cortado y la más baja para el plano. También encontraron una correlación negativa entre la velocidad de saque y la tasa de efecto para los tres tipos de saque. Los resultados de su estudio fueron congruentes con estudios anteriores, como el de Muramatsu et al. (2015). Sin embargo, la importancia del estudio de Sato (2021b) fue que implementaron un método experimental de recogida de datos. Los datos analizados por Muramatsu et al. (2015) eran un extracto parcial del partido real y no tenían en cuenta la situación estratégica en el partido. En un partido real, el 1er saque no siempre se golpea con una bola rápida porque los jugadores dependen del oponente. En algunos casos, el 2º saque, que requiere una alta tasa de éxito, no se golpea con una rotación. Con respecto a estas cuestiones, sus estudios no estaban estrictamente controlados. A juzgar por estos estudios anteriores, Sato (2021b) fue un estudio significativo que aportó nuevas pruebas sobre la relación del nivel competitivo de los jugadores, la velocidad de saque y la tasa de rotación. A partir de la serie de estudios, Sato (2021b) creó la "Tabla de Evaluación del Rendimiento del Saque", que mide cuantitativamente la velocidad del saque, la tasa de efecto y la tasa de probabilidad de éxito basándose en estos hallazgos.

Aparte de la velocidad de la pelota y la velocidad de giro, la altura de impacto del saque también es un factor importante para mejorar el rendimiento del saque, y existe una correlación entre la altura de impacto y el rendimiento del saque (Vaverka y Cernosek, 2013). Vaverka y Cernosek (2007) descubrieron que cuando la altura de impacto aumentaba 10 cm desde los 2,7 m, que es el mínimo para golpear la línea de servicio con una pelota recta, el punto de aterrizaje se desplazaba 25-30 cm desde la línea de servicio hacia la red por cada 10 cm. Los tenistas japoneses (en el ATP Tour Inc. 2021) tienden, por término medio, a ser más bajos que los mejores tenistas del mundo. Según el sitio web del ATP Tour, en lo que respecta a la altura de los 10 mejores jugadores del mundo y de los 10 mejores jugadores de Japón en 2021, la altura media de los mejores jugadores japoneses tiende a ser unos 11 cm más baja que la de los mejores jugadores del mundo. En este sentido, un enfoque consciente para elevar el punto de impacto más alto que ahora parece ser una tarea esencial, ya que esta mejora conduciría a una mayor tasa de éxito y a una mejor calidad del servicio, lo que a su vez ayudaría a los jugadores japoneses a sacar provecho del juego.

Lo interesante de los estudios anteriores era que el rendimiento del saque se comparaba de forma multidimensional (velocidad, velocidad de giro y reproducibilidad) entre diferentes niveles de competición para obtener información rica sobre el rendimiento estimado del saque para los investigadores, los entrenadores y los propios jugadores. Disponer de un índice de este tipo será beneficioso porque se pueden hacer inferencias sobre el rendimiento del saque y aprender de una fuente de datos objetiva. Aunque estos estudios transversales son beneficiosos porque proporcionan una mejor comprensión del nivel de rendimiento de los jugadores y del rendimiento del saque, no miden el rendimiento del saque en diferentes etapas de la carrera de los jugadores. Los limitados estudios sobre la relación entre el rendimiento del saque y el rendimiento competitivo de los jugadores, han medido, analizado y evaluado longitudinalmente a los tenistas en dos etapas diferentes de su carrera.

En este estudio, se evaluó el rendimiento del saque (relación entre velocidad, velocidad de giro, reproducibilidad y altura de impacto) de un tenista japonés de alto nivel A (en adelante, sujeto A) en dos momentos: (a) en 2017, cuando se convirtió en el campeón estudiantil de Japón, y (b) en 2022, cuando se convirtió en tenista profesional, representó a Japón en la Copa Davis y ganó el Torneo ITF. Este estudio pretendía aclarar el impacto de los cambios en el rendimiento del saque en el nivel de rendimiento. Estos datos, junto con los de Sato y Funato (2020) y Sato (2021b), proporcionan conocimientos adicionales, con datos transversales y longitudinales, sobre el nivel competitivo de los jugadores y el rendimiento del saque.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Muestra

El sujeto era un jugador actual de la Copa Davis que representaba a Japón, el sujeto A. Las características físicas del sujeto A y los cambios en la clasificación se muestran en la Tabla 1. El sujeto A adoptó la técnica de servicio tipo pies juntos (FU) para los miembros inferiores.

Tabla 1

El cambio en las características físicas del sujeto y su clasificación.

Año	2017	2022
Edad (años)	20	25
Altura del cuerpo (cm)	182.2	182.4
Masa corporal (kg)	76.7	79.5
Clasificación JTA*	34	12
Ránking ATP**	893	397

*Clasificación JTA: clasificación nacional de la Asociación de Tenis de Japón (en el momento de la medición). **Ranking ATP: Ranking internacional de la Asociación de Profesionales del Tenis (en el momento de la medición).

Procedimiento

Antes del experimento, el sujeto dispuso de tiempo suficiente para golpear tres tipos de saques (plano, cortado y liftado) a modo de calentamiento. Pedimos al sujeto que utilizara la raqueta a la que estaba acostumbrado para las pruebas experimentales. La pelota utilizada para el experimento fue una Dunlop Fort (International Tennis Federation ITF Certified Ball/ Japan Tennis Association JTF Certified Ball,

Pressure Rise Tennis Ball, fabricada por Dunlop). El sujeto debía realizar saques planos y hacia el centro (zona T), y el saque cortado hacia la dirección abierta con el máximo esfuerzo. Se analizaron los diez saques más rápidos de cada tipo. Cada saque se consideró exitoso si caía en la zona objetivo (2 m de largo × 1 m de ancho). La reproducibilidad (probabilidad de saque) se midió desde el inicio de la prueba hasta que cada uno de los saques cayó con éxito en el área objetivo cinco veces.

Material de medición

Utilizamos un TRACKMAN Tennis Rader (TRACKMAN Inc), un dispositivo de medición que puede rastrear y medir el radar Doppler desde el lanzamiento hasta el aterrizaje de la pelota, para medir la velocidad y la tasa de giro de la pelota. La precisión del TRACKMAN fue examinada por Sato et al. (2017), que compararon la velocidad de la pelota y la tasa de giro calculadas a partir del TRACKMAN y el Vicon, y los resultados mostraron una alta correlación tanto para la velocidad como para la tasa de giro (velocidad, $r = 0,9969$; tasa de giro, $r = 0,9788$). Durante la medición, el centro del TRACKMAN se colocó en la prolongación de la marca central, a 5,26 m por detrás de la línea de fondo y a 2,65 m de altura, de modo que el alcance del radar doppler emitido pudiera cubrir suficientemente la línea lateral de la cancha.

Métodos utilizados para el análisis

La velocidad de la pelota y la tasa de giro calculadas a partir de TRACKMAN se analizaron estadísticamente mediante el coeficiente de correlación de rango de Spearman. Se midió cómo cambiaron los valores de la velocidad, la tasa de giro y la altura de impacto del rendimiento del saque del sujeto desde 2017 hasta 2022, calculando la tasa de cambio de dichos valores.

Consideraciones éticas

Este estudio fue aprobado por el Comité de Revisión Ética de la Universidad Meiji (Aprobación n° 557). Se proporcionó al sujeto información escrita y verbal sobre el propósito y el contenido del estudio. Se le explicó que los resultados no se utilizarían para nada más que el propósito de este estudio y que la participación en el experimento era voluntaria. Además, se incluía una explicación de que no habría ninguna desventaja por no participar en este estudio. Por último, el sujeto podía cancelar su participación incluso durante la medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de la bola y velocidad de giro

Investigaciones anteriores han demostrado que existe una relación de compensación entre la velocidad de la pelota y la tasa de efecto, ya que las velocidades más altas dan lugar a tasas de efecto más bajas (Sakurai et al., 2013). Muramatsu et al. (2015) también descubrieron que cuanto mayor era el nivel de competición, mayor era la velocidad de saque (eje x) y la tasa de efecto (eje y), que se situaban en la parte superior derecha de la curva de la línea de regresión. Algunos estudios han afirmado que la misma velocidad de la pelota muestra una tendencia a una mayor tasa de efecto y la misma tasa de efecto muestra una tendencia a una mayor velocidad (Murakami et al., 2016; Muramatsu et al., 2015; Sato & Funato, 2020). Sin embargo, centrándonos en los valores del saque plano

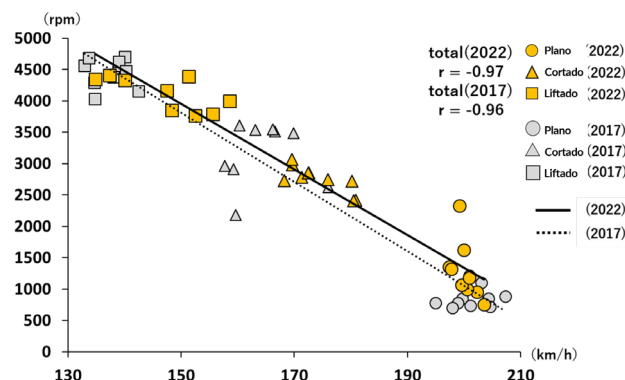


Figura 1. La relación entre la velocidad de la bola y la tasa de giro (2017 vs 2022)

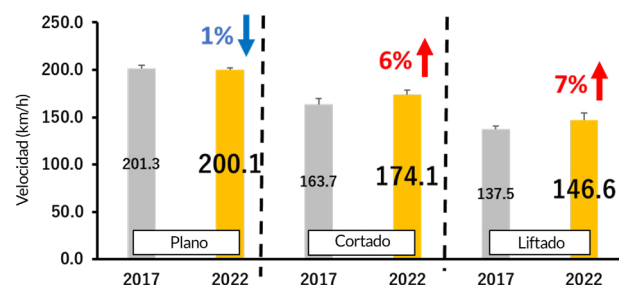


Figura 2. La velocidad (km/h) de los servicios (2017 vs 2022)

del Sujeto A en 2017 y 2022, encontramos un aumento significativo de la tasa de liftado (47%), mientras que sólo una ligera disminución de la velocidad (1%), lo que indica que la velocidad y la tasa de spin no siguen necesariamente una relación de compensación, lo que ocurre comúnmente cuando se evalúan los saques (fig. 2, 3). Esta evolución positiva puede ser un indicador que muestra un mayor rendimiento de los saques del Sujeto A (y del saque plano en particular) en 2022 en comparación con 2017. El aumento de la velocidad de giro de los saques planos, el llamado tipo de bola rápida, afecta al comportamiento de la pelota tanto en el aire como después de aterrizar en la zona de servicio, dificultando la devolución de la pelota por parte del adversario y contribuyendo a que el sacador proceda en el juego favorablemente. Dado que la línea aproximada en 2022 subió a la ubicación superior derecha en comparación con la de 2017, se puede presumir que esto indica una mejora en la calidad de los saques del Sujeto A, en línea con Muramatsu et al. (2015) (fig. 1). Además, al evaluar

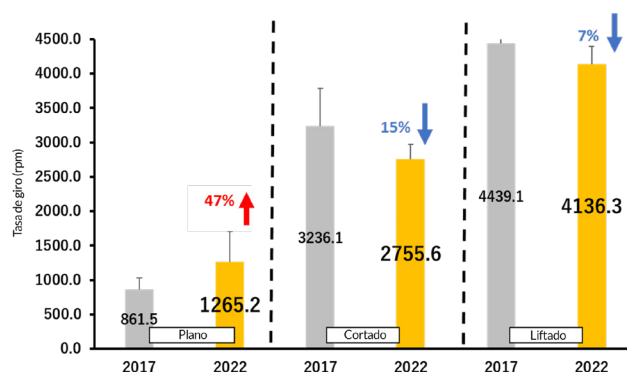


Figura 3. La tasa de giro (rpm) de los saques (2017 vs 2022)

este valor con la rúbrica de saque (escala de 3 puntos) creada por Sato (2021a, b), podemos suponer que la mejora de una puntuación de 2 a una de 3 ha hecho posible que el sujeto de este estudio aproveche el juego teniendo una mayor calidad de saque.

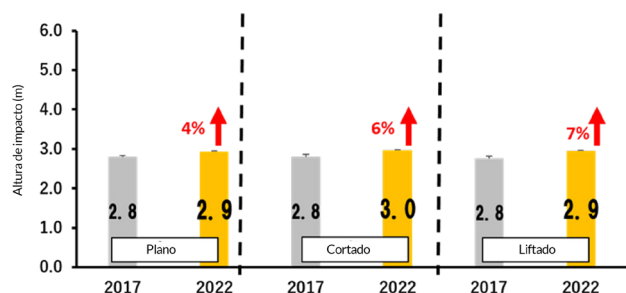


Figura 4. La altura de impacto de los servicios (m) (2017 vs 2022).

Reproducibilidad y altura de impacto

La relación entre la velocidad de la pelota, la velocidad de giro y la reproducibilidad es un indicador importante para evaluar el nivel de competición (Sato y Funato, 2020; Sato, 2021b). Al observar la altura de impacto del Sujeto A en 2022, comprobamos que era mayor que en 2017 (un aumento medio del 5,6%) (fig. 4). Además, en el saque plano, en el que el compromiso entre velocidad y reproducibilidad (Chow et al., 2003) indica generalmente una tendencia hacia una menor reproducibilidad, la reproducibilidad mejoró de 10 saques requeridos para un intento exitoso de la tarea de saque en 2017 a 6 saques en 2022. Vaverka y Cernosek (2013) encontraron una correlación entre la altura de impacto y el rendimiento del saque, y Brody et al. (1987) afirmaron que una mayor altura de impacto aumenta el margen de error del oponente. De hecho, la probabilidad de éxito del primer saque (que se dice que a menudo se golpea en un tipo de bola rápida) de los dos jugadores clasificados en primer lugar (J.I.: altura del cuerpo; 2,08 m) y en segundo lugar (R.O.: altura del cuerpo; 2,11 m) en la clasificación de saque calculada por el ATP Tour en 2022 fue del 68,8% para J.I. y del 65,9% para R.O. (ATP Tour, 2022), con una media de 2,3 a 2,4 dobles faltas por partido (es decir, una tasa de probabilidad extremadamente baja). Se dice que la altura de impacto estimada es de aproximadamente el 150% de la altura del jugador (Whiteside et al., 2013), y como la altura de impacto de J.I., el servidor número 1 del mundo, se estima en 3,16 m, el margen de error es extremadamente alto.

Se puede deducir que un aumento del peso corporal (+2,8 kg) supuso una mejora del rendimiento físico general, aunque no hubo un aumento de la altura entre los dos puntos de medición. El impulso de la pierna durante la fase de carga (en adelante, impulso de la pierna) dio lugar a una gran fuerza de reacción del suelo (GRF; Elliott y Wood, 1983). Esta gran GRF puede haber potenciado el movimiento que une la flexión de la rodilla con el salto, dando como resultado una mayor altura de impacto en comparación con 2017. El uso de FU por parte del sujeto A en la técnica de apoyo de las extremidades inferiores es otra técnica importante para mejorar el rendimiento del saque entre los jugadores japoneses (Konishi et al., 1997), que generalmente son de estatura relativamente baja. Se ha sugerido que el FU tiende a aumentar el GRF vertical durante la fase de carga y puede aumentar la altura de impacto (Elliott & Wood, 1983). Este sería un proceso esencial a incluir cuando el cambio en la altura de impacto se utiliza como indicador de evaluación siguiendo a Sato (2021b) y Sato y Funato (2020), y podría ser una razón para la mejora del nivel de competición

del Sujeto A (es decir, la clasificación mundial). El aumento de la altura de impacto es un factor importante (Bartlett et al., 1995) para producir una mayor velocidad de la pelota y un mayor rendimiento del saque. La forma en que el jugador utiliza la cadena de energía mecánica para golpear la pelota con la raqueta es un factor importante para la velocidad y la tasa de efecto del saque. Como se ha mencionado, la altura mínima de impacto para que una pelota recta caiga en la línea de servicio es de 2,7 m (Brody, 1987; Chow et al., 2003; Trabert & Hook, 1984), y si se aumenta la altura de impacto en 10 cm se acerca el punto de impacto 25-30 cm a la red desde la línea de servicio (Vaverka & Cernosek, 2007). Para los tenistas japoneses, la aproximación a la altura de impacto es una cuestión crítica para la mejora del rendimiento. La altura media de los tenistas de alto nivel del mundo (Ranking ATP 1-10) es significativamente mayor que la de los tenistas japoneses de alto nivel (Ranking JTA 1-10) (ATP Tour, 2021). Según Whiteside et al. (2013), la altura de impacto estimada en 2017 y 2022 para el Sujeto A puede estimarse en 2,73 m. Si se añade el aumento de la altura de impacto (5,6%) obtenido en este estudio, la altura de impacto se habría elevado a aproximadamente 2,87 m. Estos resultados sugieren que el Sujeto A se centró conscientemente en la relación entre la red y la altura de impacto, lo que puede ser un factor para la mayor probabilidad de éxito de los intentos (Bartlett et al., 1995), principalmente mediante el fortalecimiento de los grupos musculares de las extremidades inferiores y la mejora de la técnica de carga, lo que llevó a un GRF vertical más alto que en 2017. El aumento de la altura de impacto puede haber aumentado el margen de error y haber contribuido a la mejora de la reproducibilidad de los valores del saque plano (2017: 10 bolas frente a 2022: 6 bolas).

CONCLUSIÓN

La medición y cuantificación longitudinal del rendimiento del saque en los tenistas revelará cómo las mejoras en el rendimiento del saque afectan al rendimiento competitivo (es decir, a la clasificación). Este estudio trató de aclarar el impacto de los cambios en el rendimiento del saque en la clasificación mundial comparando y examinando la velocidad, la tasa de giro, la reproducibilidad y la altura de impacto de un tenista japonés de alto nivel en 2017 y 2022. Hay cuatro hallazgos clave. En primer lugar, se encontraron valores más altos para el cortado y el liftado en 2022 en comparación con 2017. En segundo lugar, se observaron valores más altos para la velocidad en 2022 para el plano y valores más bajos para el cortado y el liftado en comparación con 2017. En tercer lugar, se observaron valores más altos para la altura de impacto en los tres tipos de saque en 2022 en comparación con 2017. En cuarto lugar, en 2022 se observó una alta reproducibilidad (basada en el número de intentos necesarios para el éxito) en el saque plano, junto con un aumento de la velocidad y la tasa de giro, aunque este tipo de saque está muy influenciado por la relación de compensación entre la velocidad y la tasa de giro. Estos resultados sugieren que la medición y evaluación longitudinal del rendimiento del saque (velocidad, velocidad de giro, repetibilidad y altura de impacto) es importante para mejorar el rendimiento competitivo.

LIMITACIONES Y PROBLEMAS FUTUROS

Este estudio examinó la relación entre el rendimiento del saque y la clasificación mundial centrándose en el rendimiento del saque de un tenista japonés de alto nivel (Sujeto A) en 2017 y 2022 en términos de cuatro variables: velocidad, velocidad de giro, reproducibilidad y altura de impacto. Además de las

mediciones utilizadas en este estudio, los estudios futuros también podrían analizar el movimiento, la composición corporal (longitud de los músculos, grosor, porcentaje de grasa corporal, etc.) y el flujo de energía generado por las extremidades superiores e inferiores para contribuir a una mayor mejora del rendimiento deportivo.

CONFLICTO DE INTERESES Y FINANCIACIÓN

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses y que no recibieron ninguna financiación para realizar la investigación.

REFERENCIAS

- ATP Tour, I. (2021) ATP RANKINGS. <https://www.atptour.com/en/rankings/singles> (Accessed 10, January, 2021)
- ATP Tour, I. (2022) ATP Stats Leaderboards
- Bartlett, R.M., Filler, J., & Miller, S. (1995) A three-dimensional analysis of the tennis serves of national (British) and county standard male players. *Science and racket sports*, 98-102
- Brody, H. (1987) *Tennis science for tennis players*; University of Pennsylvania Press. <https://doi.org/10.9783/9780812201468>
- Chow, J., Carlton, L., Lim, Y.T., Chae, W.S., Shim, J.H., KUENSTER, A., & Kokubun, K. (2003) Comparing the pre-and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. *Journal of sports sciences*, 21(7), 529-537. <https://doi.org/10.1080/0264041031000101908>
- Colomar, J., Corbi, F., Brich, Q., & Baiget, E. (2022) Determinant Physical Factors of Tennis Serve Velocity: A Brief Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 1159-1169. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2022-0091>
- Elliott, B.C. & Wood, G.A. (1983) The biomechanics of the foot-up and foot-back tennis service techniques. *Aust J Sports Sci*, 3(2), 3-6
- Fitzpatrick, A., Stone, J.A., Choppin, S., & Kelley, J. (2019) Important performance characteristics in elite clay and grass court tennis match-play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(6), 942-952. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1685804>
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvenecq, R., & Stein, J.-F. (2009) A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 532-539. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318181efe29>
- Konishi, H., Oki, F. & Matsumoto, K. (1997) A Study of Growth in the Height of Children by the International Comparative Method - In the cases of Japan and Switzerland -. *Japan Society of Human Growth and Development Research* (25), 29-33. <https://doi.org/10.5332/hatsuhatsu.1997.29>
- Kovacs, M.S. & Ellenbecker, T.S. (2011) A performance evaluation of the tennis serve: implications for strength, speed, power, and flexibility training. *Strength & Conditioning Journal*, 33(4), 22-30. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318225d59a>
- Murakami, S., Takahashi, H., Muramatsu, T., Sato, B., Sato, M., Koya, N., Kitamura, T., & Maeda, A. (2016) Analyzing the speed and spinning frequency of tennis serves: measurements with an instrument that uses radar technology. *Japan Society of Sports Performance Research*, 8, 361-374
- Muramatsu, T., Ikeda, R., Takahashi, H., Michikami, S., Iwashima, T., & Umabayashi, K. (2010) Ball spin in the serve of the world's top 50 tennis players at an international tournament. *Japan Society of Sports Performance Research*, 2, 220-232
- Muramatsu, T., Takahashi, H., & Umabayashi, K. (2015) Relationship between speed and spin of tennis serve in world-class tennis players. *Japanese journal of tennis sciences*, 23, 1-7
- Murata, M. & Takahashi, H. (2020) Verification of the accuracy and reliability of the TrackMan tennis radar. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 1754337120953005. <https://doi.org/10.1177/1754337120953005>
- Roetert, E.P., Ellenbecker, T.S., & Reid, M. (2009) Biomechanics of the tennis serve: implications for strength training. *Strength & Conditioning Journal*, 31(4), 35-40. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181af65e1>
- Sakurai, S., Reid, M., & Elliott, B.C. (2013) Ball spin in the tennis serve: spin rate and axis of rotation. *Sports Biomech*, 12(1), 23-29. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.671355>
- Sato, B. (2021a) Evaluating the quality of the tennis serve -The relationship between the velocity of the ball and the number of revolutions-. *Strength & conditioning journal*, 28 (8), 4-13
- Sato, B. (2021b) Relationship between ball velocity and spin rate in tennis service for Japanese top athletes by means of doppler radar tracking system.; Nippon Sport Science University
- Sato, B. & Funato, K. (2020) A Study on Quantification and Application of Serve Ball Speed and Spin Rate of Each Competition Level in Japanese Male Top Tier Tennis Player : Special Emphasis on Level of Competition and Service Success Rate. *Journal of physical exercise and sports science*, 25(2), 85-92
- Sato, B., Sato, S., Eshita, J., & Funato, K. (2021) Attempt to evaluate serve performance of Japanese top level tennis players using a doppler radar device-Focusing on the ball speed, the spin rate, and the number of trials required to achieve the task. *Human Performance Measurement*, 18, 1-11
- Sato, B., Wakatsuki, R., Kashiwagi, Y., & Funato, K. (2017) Ball velocity and spin at the impact of tennis serves: Reliability of a ball motion measurement instrument (TRACKMAN). *ITF Coaching and Sport Science Review*, 73(25), 24-26. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v25i73.305>
- Trabert, T. & Hook, J. (1984) The serve: Key to winning tennis; Dobb, Mead
- Vaverka, F. & Cernosek, M. (2007) *Za'kladni' te'lesne' rozme'ry a tenis* [Basic body dimensions and tennis]. Olomouc: Palacky University
- Vaverka, F. & Cernosek, M. (2013) Association between body height and serve speed in elite tennis players. *Sports Biomechanics*, 12(1), 30-37. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.670664>
- Whiteside, D., Elliott, B.C., Lay, B., & Reid, M. (2013) A kinematic comparison of successful and unsuccessful tennis serves across the elite development pathway. *Human Movement Science*, 32(4), 822-835. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.06.003>

Copyright © 2022 Bumpei Sato, Hiroki Yamaguchi, Shuhei Sato y Jin Eshita



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[CC BY 4.0 Resumen de licencia](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). [CC BY 4.0 Texto completo de la licencia](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[CONTENIDO RECOMENDADO DE LA ITF ACADEMY \(CLICK AQUÍ\)](#)

