

# Análisis cinemático preliminar del saque en jugadores de 10 años o menores

Maxime Fadier, Pierre Touzard y Caroline Martin

M2S Laboratory, University of Rennes 2, Bruz, Francia.

## RESUMEN

El saque es un golpe fundamental para ganar un partido a alto nivel. Desde una perspectiva de desarrollo del jugador a largo plazo, es necesario conocer las etapas de aprendizaje biomecánico de este golpe. Sin embargo, los datos científicos relativos a la biomecánica del saque se han centrado en las categorías U12, U14, U16, U18 y +18. El objetivo de este artículo es proponer un análisis cinemático preliminar del saque en niños de 10 años o menores (10&U) para proporcionar puntos de referencia a los entrenadores en cuanto a la enseñanza del saque a jugadores más jóvenes.

**Palabras clave:** servicio, rendimiento, biomecánica.

**Recibido:** 27 Septiembre 2021

**Aceptado:** 15 Noviembre 2021

**Correspondencia:** Caroline Martin. Email: [caroline.martin@univ-rennes2.fr](mailto:caroline.martin@univ-rennes2.fr)

## INTRODUCCIÓN

En el alto nivel, el saque es el golpe más importante del tenis, ya que permite al jugador dominar al oponente y ganar el peloteo rápidamente (Whiteside et al., 2013). Su eficacia puede influir en el rendimiento del jugador, en el resultado del punto y en el resultado del partido. Los jugadores que ganan el partido cometen menos dobles faltas y tienen mejores porcentajes de 1er saque que sus oponentes (Hizan et al., 2011). El porcentaje de puntos totales ganados y los puntos ganados después del primer saque son factores determinantes en el juego de los jóvenes (Kovalchik y Reid, 2017). Si un jugador espera tener éxito en el alto nivel en el circuito junior y luego en el profesional, aprender a sacar desde los primeros años (U7, U9, U10) es muy importante. Sin embargo, el saque es un golpe complejo cuya ejecución puede plantear verdaderos problemas a los jugadores jóvenes. Por ejemplo, las investigaciones han demostrado que en la categoría U10 en pista verde la tasa de éxito del servicio es la más baja (Fitzpatrick et al., 2018). Por lo tanto, a la hora de entrenar a estos jóvenes jugadores, el conocimiento de la ejecución técnica de este golpe es primordial para orientar a los entrenadores. Sin embargo, los datos de las investigaciones científicas relativos a la biomecánica del saque se han centrado en las categorías U12, U14, U16, U18 y +18 (Fett et al., 2021; Fleisig et al., 2003; Hernández-Davó et al., 2019; Touzard et al., 2019; Whiteside et al., 2013). Los datos para la categoría U10 son muy limitados (Durovic et al., 2008). Por lo tanto, el objetivo de este estudio es describir diferentes parámetros cinemáticos del servicio de jugadores U10.

## MÉTODO

En este estudio participaron seis jugadores de nivel departamental, dos niñas y cuatro niños (edad:  $9,3 \pm 0,8$  años; altura:  $136,0 \pm 5,8$  cm; masa:  $27,8 \pm 3,8$  kg). El estudio se llevó a cabo en una pista "verde" (24 m x 8,23 m) equipada con un sistema de captura de movimiento compuesto por 23 cámaras optoelectrónicas (Oqus 7+, Qualisys System, Gotemburgo, Suecia). Se pidió a los jugadores que realizaran 3 primeros

servicios planos hacia el cuadro de servicio. Los jugadores y sus raquetas estaban equipados con marcadores corporales reflectantes (Figura 1). La velocidad de la pelota se midió con un radar (Stalker Pro II+, USA). Se calcularon 16 parámetros cinemáticos para describir la biomecánica del servicio (Tabla 1)



Figura 1. Posición de los marcadores delanteros y traseros.

## RESULTADOS:

Los jugadores golpearon los saques con una velocidad de la pelota de  $94 \pm 10$  km/h y una velocidad máxima de la cabeza de la raqueta de  $93 \pm 9$  km/h. Los jugadores sacaron con un ángulo de flexión máxima de la rodilla trasera de  $134 \pm 10^\circ$  y un ángulo de flexión de la rodilla delantera de  $121 \pm 12^\circ$ . Los ángulos internos de flexión máxima fueron de  $83 \pm 5^\circ$  en el tobillo trasero y de  $82 \pm 9^\circ$  en el tobillo delantero. La velocidad de extensión máxima fue de  $508 \pm 108$  %/s en el

tobillo trasero y  $478 \pm 100$  %s en el tobillo delantero. La velocidad de extensión máxima de la rodilla trasera fue de  $366 \pm 153$  %s y de  $489 \pm 160$  %s en la rodilla delantera. La velocidad máxima de la cadera trasera fue de  $1,3 \pm 0,2$  m/s, y de  $0,9 \pm 0,3$  m/s de la cadera delantera. La velocidad máxima de rotación longitudinal de la cadera fue de  $493 \pm 154$  %s. Los niños flexionaron el tronco a una velocidad máxima de  $286 \pm 45$  %s. En cuanto al miembro superior dominante, los niños sacaron con velocidades máximas de extensión del codo de  $1003 \pm 403$  %s, de flexión de la muñeca de  $1472 \pm 155$  %s y de rotación interna del hombro de  $1668 \pm 668$  %s.

**DISCUSIÓN**

La velocidad de la pelota es un indicador utilizado en los entrenamientos para caracterizar el nivel de experiencia de los jugadores y para evaluar la eficacia de sus saques (Fleisig et al., 2003). Nuestros resultados mostraron que el saque de los jugadores de 10 años y menores es unos 60 km/h más lento que el de los jugadores U16 (Fett et al., 2021) y unos 90 km/h más lento que el de los jugadores profesionales +18 (Fleisig et al., 2003). Aunque estas diferencias están relacionadas en gran medida con la maduración de las capacidades físicas desde la infancia hasta la edad adulta (Kovalchik y Reid, 2017), existen parámetros cinemáticos que pueden explicar la menor velocidad de la pelota observada en los U10.

El servicio sigue una secuencia proximo-distal durante la cual el movimiento comienza con los segmentos proximales. Al inicio de la cadena cinemática, nuestros resultados mostraron que los U10 flexionaban más la rodilla delantera que la trasera ( $121 \pm 12^\circ$  vs.  $134 \pm 10^\circ$ ). La velocidad máxima de extensión de la rodilla delantera fue mayor que la de la rodilla trasera ( $489 \pm 160$  %s frente a  $366 \pm 153$  %s). En las categorías de mayor edad (de U12 a adulto), los jugadores hacen lo contrario pues aumentan la velocidad de flexión y luego la de extensión de la rodilla trasera (Fett et al., 2021; Whiteside et al., 2013). Por lo tanto, nuestros resultados demostraron que los jugadores U10 de nivel departamental realizan un empuje de la rodilla trasera aún inmaduro. Se puede hipotetizar que este empuje inmaduro está asociado a un ciclo de estiramiento-acortamiento demasiado largo del miembro inferior que resulta en la disipación de la energía elástica almacenada con el consiguiente efecto de limitar la velocidad de extensión producida por los miembros inferiores (Whiteside et al., 2013). Por el contrario, nuestros resultados mostraron una acción más madura en los tobillos en los U10 ya que la velocidad máxima de extensión del tobillo trasero fue aproximadamente 30 %s mayor que la del tobillo delantero.

En cuanto al tronco, la velocidad máxima de rotación longitudinal de la cadera de los tenistas U10 era similar a la de los jugadores mayores (Fett et al., 2021; Fleisig et al., 2003).

**Tabla 1**

Tabla comparativa de los diferentes parámetros medidos según las categorías de edad 10&U, U12, U16 y +18.

Parámetros	Nuestros resultados	Fett et al, (2021)	Whiteside et al, (2013)			Fleisig et al, (2003)
	10&U	16&U	12&U	16&U	+18	+18
Velocidad de la pelota (km/h)	$94 \pm 10$	$151 \pm 20$	/	/	/	Hombres: $183 \pm 14$ Mujeres: $149 \pm 14$
Velocidad máxima de la cabeza de la raqueta (km/h)	$93 \pm 9$	/	$108 \pm 11$	$148 \pm 11$	$155 \pm 11$	/
Ángulo interno de flexión máxima de la rodilla trasera (°)	$134 \pm 10$	$102 \pm 10$	$93 \pm 10$	$93 \pm 8$	$92 \pm 8$	/
Ángulo interno de flexión máxima de la rodilla delantera (°)	$121 \pm 12$	$108 \pm 16$	$105 \pm 10$	$115 \pm 7$	$111 \pm 8$	/
Velocidad máxima de extensión de la rodilla trasera (%s)	$366 \pm 153$	$518 \pm 102$	/	/	/	/
Velocidad máxima de extensión de la rodilla delantera (%s)	$489 \pm 160$	$447 \pm 99$	/	/	/	$800 \pm 400$
Ángulo interno de flexión máxima del tobillo trasero (°)	$83 \pm 5$	/	/	/	/	/
Ángulo interno de flexión máxima del tobillo (°)	$82 \pm 9$	/	/	/	/	/
Velocidad máxima de extensión del tobillo trasero (%s)	$508 \pm 108$	/	/	/	/	/
Velocidad máxima de extensión del tobillo delantero (%s)	$478 \pm 100$	/	/	/	/	/
Velocidad máxima de la cadera trasera (m/s)	$1,3 \pm 0,2$	/	$1,8 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$	/
Velocidad máxima de la cadera delantera (m/s)	$0,9 \pm 0,3$	/	$1,4 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,1$	/
Velocidad máxima de rotación longitudinal de la cadera (%s)	$493 \pm 154$	$424 \pm 96$	/	/	/	$440 \pm 90$
Velocidad máxima de flexión del tronco (%s)	$286 \pm 45$	$493 \pm 71$	/	/	/	/
Velocidad máxima de extensión del codo (%s)	$1003 \pm 403$	$1564 \pm 327$	$1147 \pm 185$	$1592 \pm 191$	$1524 \pm 144$	$1510 \pm 310$
Velocidad máxima de flexión de la muñeca (%s)	$1472 \pm 155$	$1071 \pm 299$	$1164 \pm 189$	$1581 \pm 184$	$1911 \pm 264$	$1950 \pm 510$
Velocidad máxima de rotación interna del hombro (%s)	$1668 \pm 668$	$2029 \pm 332$	$1288 \pm 365$	$2165 \pm 373$	$2000 \pm 297$	Hombres: $2420 \pm 590$ Mujeres: $1370 \pm 730$
Velocidad máxima de rotación longitudinal del hombro (%s)	$585 \pm 144$	/	/	/	/	$870 \pm 120$

En cambio, la velocidad máxima de flexión del tronco de los U10 fue menor que la de los U16s (Fett et al., 2021). Este resultado sugiere que los tenistas U10 favorecen la rotación longitudinal del tronco para crear velocidad en lugar de la rotación lateral del tronco o del hombro sobre el hombro, que todavía no es muy eficaz porque el empuje de la pierna es aún inmaduro a esa edad. Estas dos acciones del tronco (flexión e inclinación lateral) constituyen, pues, ejes de progreso a tener en cuenta durante la adolescencia.

Las articulaciones dominantes del brazo contribuyen en gran medida a la producción de velocidad (Tanabe & Ito, 2007). La velocidad máxima de extensión del codo de los U10 es comparable a la de los U12 (Whiteside et al., 2013). Por el contrario, existe un déficit significativo entre los U10 y los U16, lo que indica una implicación mínima del codo en las edades más tempranas. Por lo tanto, nuestros resultados apoyan la hipótesis de (Whiteside et al., 2013) de que los jugadores más jóvenes emplean una trayectoria de raqueta menos ascendente antes del impacto que la utilizada por los jugadores de más edad, lo que podría explicar las diferencias en la velocidad de la pelota entre estas categorías de edad.

La velocidad de rotación interna del hombro de los tenistas U10 es superior a la de los U12 obtenida por Whiteside et al., (2013) pero es significativamente inferior a las obtenidas por los U16, U18 y +18 (Tabla 1). Lo mismo ocurre con la velocidad máxima de flexión de la muñeca. Estos resultados permiten comprender mejor la reducida velocidad de la pelota en los tenistas U10 en la medida en que se ha demostrado que las velocidades de rotación interna del hombro y de flexión de la muñeca son los principales contribuyentes para la velocidad lineal de la cabeza de la raqueta (Tanabe & Ito, 2007).

## APLICACIONES PRÁCTICAS

Los resultados de este estudio proporcionan algunas recomendaciones prácticas para los entrenadores de jugadores jóvenes. A partir de los 10 años (categorías U12 y U14), el trabajo biomecánico para mejorar la técnica de saque puede orientarse a la acción de la rodilla trasera. El objetivo es ayudar progresivamente a los jóvenes jugadores a que flexionen más la rodilla trasera para almacenar una cierta cantidad de energía elástica en el cuádriceps y, a continuación, generar una extensión explosiva de la rodilla trasera que les permita utilizar eficazmente la proyección hacia arriba de la cadera trasera y las acciones de rotación del tronco (flexión del tronco y rotación del hombro sobre el hombro) y del miembro superior (proyección del codo y rotación interna del hombro). Posteriormente, el trabajo de fortalecimiento muscular dirigido y adaptado durante la adolescencia (U16, U18 y +18) permitirá optimizar las velocidades segmentarias y de rotación articular como la extensión de la rodilla posterior, la rotación interna del hombro, la extensión del codo o la flexión del tronco.

## CONCLUSIONES Y CAMINO A SEGUIR

Este estudio muestra que los U10 realizan acciones inmaduras de la rodilla trasera, el codo y el hombro durante el saque en comparación con los jugadores de mayor edad, lo que ayuda a explicar su menor rendimiento en cuanto a la velocidad de la pelota. Por el contrario, las acciones de rotación longitudinal del tobillo y de la cadera se encontraron biomecánicamente ya en su lugar. Es necesario realizar más investigaciones en el futuro para determinar si la adaptación del entorno

(tamaño de la pista, altura de la red) a la morfología de los U10 facilitaría el aprendizaje del servicio, mejoraría su rendimiento y daría lugar a la utilización de parámetros biomecánicos más cercanos a los medidos para los grupos de mayor edad.

## CONFLICTO DE INTERESES Y FINANCIACIÓN

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

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Nicolas Cantin, asesor deportivo territorial, Brittany Tennis League y a todos los jugadores que participaron en este estudio.

## REFERENCIAS:

- Durovic, N., Lozovina, V., Pavicic, L., & Mrduljas, D. (2008). KINEMATIC ANALYSIS OF THE TENNIS SERVE IN YOUNG TENNIS PLAYERS. *ACTA KINESIOLOGICA*, 2, 50-56.
- Fett, J., Oberschelp, N., Vuong, J.-L., Wiewelshove, T., & Ferrauti, A. (2021). Kinematic characteristics of the tennis serve from the ad and deuce court service positions in elite junior players. *PLoS One*, 16(7), e0252650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252650>
- Fitzpatrick, A., Davids, K., & Stone, J. (2018). Effects of scaling task constraints on emergent behaviours in children's racquet sports performance. *Human Movement Science*, 58, 80-87.
- Fleisig, G., Nicholls, R., Elliott, B., & Escamilla, R. (2003). Tennis: Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomechanics*, 2(1), 51-64. <https://doi.org/10.1080/14763140308522807>
- Hernández-Davó, J. L., Moreno, F. J., Sanz-Rivas, D., Hernández-Davó, H., Coves, Á., & Caballero, C. (2019). Variations in kinematic variables and performance in the tennis serve according to age and skill level. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 749-762. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1653036>
- Kovalchik, S. A., & Reid, M. (2017). Comparing Matchplay Characteristics and Physical Demands of Junior and Professional Tennis Athletes in the Era of Big Data. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 489-497.
- Tanabe, S., & Ito, A. (2007). A three-dimensional analysis of the contributions of upper limb joint movements to horizontal racket head velocity at ball impact during tennis serving. *Sports Biomechanics*, 6(3), 418-433. <https://doi.org/10.1080/14763140701491500>
- Touzard, P., Kulpa, R., Bideau, B., Montalvan, B., & Martin, C. (2019). Biomechanical analysis of the "waiter's serve" on upper limb loads in young elite tennis players. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 765-773. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1539527>
- Whiteside, D., Elliott, B., Lay, B., & Reid, M. (2013). The effect of age on discrete kinematics of the elite female tennis serve. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(5), 573-582. <https://doi.org/10.1123/jab.29.5.573>

Copyright © 2021 Maxime Fadier, Pierre Touzard y Caroline Martin



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 ITF ACADEMY RECOMENDADO (HAZ CLICK ABAJO)**

