

Aspectos biomecánicos del tenis de mesa: revisión sistemática sobre parámetros cinemáticos y dinámicos en jugadores elites

Autores: L. D. Martínez-Cano, F. O. Rúa-Arias, J. Jiménez-Pérez, A. Monterrosa-Quintero*.

Entidad: *Facultad de Ciencias de la Educación, programa de Educación Física Recreación y Deportes, Grupo de investigación SER-SICIDE, Universidad Católica de Oriente, Colombia.*

Autor Correspondencia: Armando Monterrosa-Quintero (amonterrosa@uco.edu.co).

Financiación: Los autores manifiestan que no hubo financiación para la realización de este documento.

Aspectos biomecánicos del tenis de mesa: revisión sistemática sobre parámetros cinemáticos y dinámicos en jugadores elites

RESUMEN

La biomecánica estudia el movimiento analizando parámetros cinemáticos y dinámicos de un objeto o cuerpo vivo. Se realizó una revisión sistemática con el propósito de recopilar informaciones sobre variables relacionadas con la biomecánica en los jugadores de tenis de mesa, midiendo los factores que intervienen en los golpes con la raqueta, ángulos y la posición de los miembros superiores. Para el filtrado de la literatura nos basamos en la declaración PRISMA utilizando Google académico y Pubmed por medio del operador Booleano AND y NOT. El análisis y la recopilación de los datos se llevó a cabo luego de la evaluación de 17 artículos de investigación en los cuales se encontraron diferentes valores de las magnitudes sobre el manejo y mejora de la técnica deportiva. En conclusión, se determinó la importancia de los análisis cinemáticos del tronco y miembros superiores, basados en la descripción del movimiento en el gesto técnico del tenis de mesa.

Palabras claves: Tenis de mesa; cinemática; dinámica; técnica; Biomecánica.

Biomechanical aspects of table tennis: systematic review on parameters kinematic and dynamic in elite players

ABSTRACT

Biomechanics studies movement by analysing kinematic and dynamic parameters of an object or living body. A systematic review was conducted with the purpose of gathering information on variables related to biomechanics in table tennis players, measuring the factors involved in strokes with the racket, angles and the position of the upper limbs. For the filtering of the literature we rely on the PRISMA statement using academic Google and PubMed through the operator Boolean AND; NOT. The analysis and data collection were carried out after the evaluation of 17 research articles in which different values of the magnitudes on the handling and improvement of the sport technique were found. In conclusion, the importance of kinematic analysis of the trunk and upper limbs, based on the description of movement in table tennis, was determined.

Keywords: Table tennis; kinematics; dynamics; technique; Biomechanics

Aspectos biomecânicos do tênis de mesa: revisão sistemática dos parâmetros cinemáticos e dinâmicos em jogadores de elite

RESUMO

A biomecânica estuda o movimento analisando os parâmetros cinemáticos e dinâmicos de um objeto ou corpo vivo. Foi realizada uma revisão sistemática a fim de coletar informações sobre variáveis relacionadas à biomecânica dos jogadores de tênis de mesa, medindo a estrutura dos golpes, os ângulos e a posição dos membros superiores. Para a filtragem da literatura, nos baseamos na declaração PRISMA utilizando o Google acadêmico e Pubmed através do operador Boolean AND AND NOT. A análise e coleta de dados foi realizada após a avaliação de 17 artigos de pesquisa nos quais foram encontrados diferentes valores de magnitudes sobre o aperfeiçoamento da técnica esportiva. Em conclusão, foi determinada a importância da análise cinemática do tronco e dos membros superiores, com base na descrição do movimento no gesto técnico do tênis de mesa.

Palavras-chave: Tênis de mesa; cinemática; dinâmica; técnica; biomecânica

*** Autor para correspondencia.**

Correo electrónico: amonterrosa@uco.edu.co (A. Monterrosa-Quintero)

Introducción

El tenis de mesa es un deporte técnico táctico que utiliza cambios de velocidad, dirección y ritmos de juegos donde la agilidad es de vital importancia debido a que el jugador debe responder a las acciones de su contrario de forma ágil y segura y de esta forma garantizar la máxima potencia y eficacia con el objetivo de lograr la victoria (1). La práctica de esta disciplina deportiva logra mejorar las capacidades físicas y coordinativas, dadas a las exigencias motrices que se ven involucradas en el desarrollo neuromotor y locomotor en las personas que lo practican (2,3), por lo tanto, teniendo como base lo anterior, el análisis de la técnica en el tenis de mesa y los patrones de movimiento debe ser realizado durante las diferentes fases del entrenamiento, lo cual resulta de suma importancia para que los nuevos jugadores desarrollen de manera más acelerada el gesto técnico (4). El entrenamiento de forma continua produce un desgaste físico considerable en los deportistas, y esto se convierte en un gran problema para el alcance de metas en su rendimiento, sumado a otros problemas a partir de la ejecución repetitiva de la técnica en el tenis de mesa, como es la aparición de lesiones debido a la realización gestos motrices no óptimos (5–7). La preparación técnica es primordial para mejorar el rendimiento en el tenis de mesa, se considera una herramienta que permite demostrar las habilidades perceptivo motoras del deportista, las cuales redundan en un mayor control de su movimiento, velocidad y efecto de la pelota, tan necesarios en este deporte (8). Los investigadores utilizan los estudios cinemáticos para realizar una adecuada valoración del gesto técnico, en donde identifican parámetros del movimiento destacando el control postural, la velocidad y las aceleraciones de los segmentos corporales en los deportistas. La evaluación de los parámetros antes mencionados, resulta de suma importancia debido a que brinda las bases necesarias para desarrollar el gesto técnico de forma idónea, controlando la precisión de la raqueta, analizando la extensión de la mano con una serie de movimientos sincrónicos y articulados (9). Teniendo en cuenta la importancia de las bases biomecánicas en los gestos técnicos, el objetivo de esta revisión sistemática es identificar y analizar la literatura concerniente a los gestos técnicos del tenis de mesa, basándonos en la cinemática y dinámica del movimiento.

Materiales y métodos

El procedimiento para la captación de los artículos que cumplieran los requerimientos fue realizado por medio de buscadores web tales como: Google académico y Pubmed entre los meses de mayo a junio del 2020, utilizando las palabras claves: “tenis de mesa, cinemática y forehand drive”, junto con el operador Booleano AND. No se tuvo en cuenta documentos que realizaran estudios sobre extremidades inferiores y solo se escogió literatura del género masculino. Para el proceso de filtrado se utilizó el operador Booleano NOT, introduciéndose las palabras claves en el buscador: (table tennis) AND (kinematic) AND (forehand) NOT (lower limbs) NOT (female). Los criterios de inclusión tenidos en cuenta para esta revisión fueron los siguientes: literatura en idioma inglés y publicaciones sobre análisis cinemático del miembro superior; bajo estos criterios de búsqueda fueron encontrados 437 artículos que fueron revisados y escogidos teniendo en cuenta que debían expresar una relación directa

enfocándose en el análisis de los miembros superiores en la ejecución del gesto técnico, los artículos que no cumplían las condiciones necesarias o que estuvieran duplicados fueron excluidos (figura 1). Los autores decidieron incluir artículos que relacionaban los seleccionados del género femenino en vista de que las referencias eran escasas, finalmente se hizo una inclusión de 17 artículos como base para la recolección de información y datos concernientes a las temáticas principales.

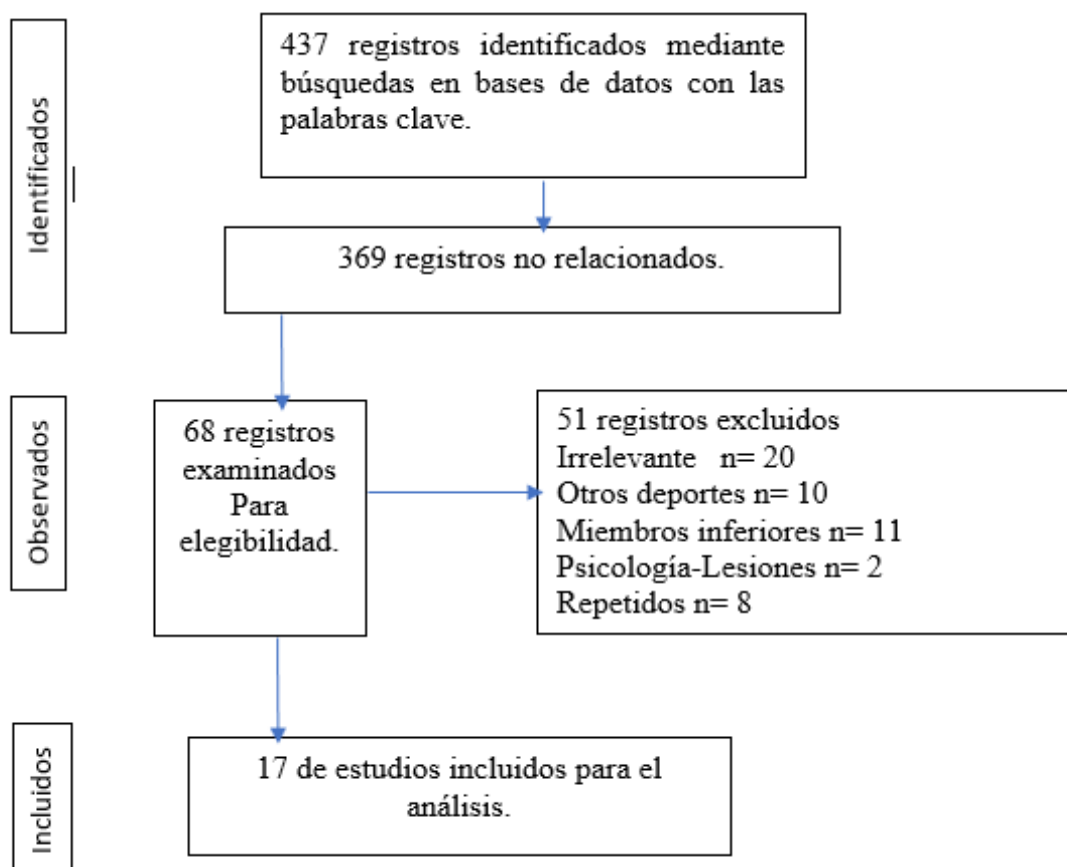


Figura 1. Diagrama de selección de la búsqueda de la literatura

Resultados

Análisis de la búsqueda

Tabla 1. Generalidades de la población en los estudios.

Autor (año)	Características de la muestra*	Grupo o nivel	Inclusión
Bañkosz. (2020a)	N: (7); altura (177 ± 3.5 cm); masa corporal (76 ± 8.5 kg).	Adultos	Alto nivel Polonia

Bańkosz. (2019)	N: (7); altura (178 ± 0.03 cm); masa corporal (76.5 ± 8.0 kg; edad (23 ± 2 años).	Adultos	Alto nivel internacional Polonia
Bańkosz. (2018)	N: (10); altura (165 ± 6 cm); masa corporal (54.4 ± 3.2 kg); edad (16 ± 2.5 años).		Alto nivel Polonia
Bańkosz et al. (2020b)	N: (6 m y 6 f); altura (m:178 ± 2,5 y f: 165 ± 2.5 cm); masa corporal (m: 77 ± 7.5 y f: 59 ± 4.5 kg); edad (m: 22.9 ± 2.8 y f: 21.1 ± 1.5 años).	Adultos	Avanzados
Bańkosz. (2017)	N: (12); altura (167.2 ± 6.9 cm); masa corporal (55.3 ± 6.2 kg); edad (20.0 ± 5.5 años).	Adultos y juveniles femenino	Nivel 3 de selección Polonia
Genevois et al. (2019)	N: (14); altura (180 ± 10 cm); masa corporal (71.2 ± 9.2 kg); edad (29.3 ± 7.0 años).	Adultos masculinos	Competición
Qian et al. (2016)	N: (26); división N 1; Altura (174.8 ± 2.5 cm); masa corporal (66.9 ± 5.1 kg); edad; (20.1 ± 0.9 años); División N 2; Altura (175.2 ± 2.4 cm); masa corporal (69.1 ± 4.1 kg); edad (21.2 ± 1.6).	Adultos masculinos	División nacional 1 y 2
Yu et al. (2018)	N: (10); (edad: 21.6 ± 0.3 años); masa corporal (54.2 ± 2.8 kg); altura: (164 ± 3 cm).	Adultos femeninos	División nacional
Iino et al. (2017)	N: (17); Avanzados: edad (20.4 ± 1.3 años); Altura (172 ± 07 cm); masa corporal (65.3 ± 5.4 kg); intermedio edad (20.9 ± 0.9 años); Altura 173 ± 7 cm); masa corporal (62.5 ± 6.3 kg).	Universitarios	Avanzados e intermedios Alemania
Iino. (2018)	N: (18) edad (20.7 ± 1,1 años); Altura (171 ± 5 cm); masa corporal (64 ± 7.6 kg).	Elite	Avanzados Japón
Iino. (2011)	N:(9) Avanzados: edad (20.6 ± 1.2 años); Altura (172 ± 6 cm); masa corporal (66.2 ± 9.2 kg). Intermedios edad (20.6 ± 1.5 años); altura (170 ± 8 cm); masa corporal (59 ± 5.7 kg).	Universitarios	Avanzados e intermedios Japón
Le Mansec et al. (2016)	N: (52); edad (26.1 ± 8.7 años); altura (178.3 ± 5.8 cm); masa corporal (72.9 ± 9.5 kg).	Adultos	Expertos y avanzados Francia
Malagoli et al. (2011)	N: (7); edad (22.2 ± 3.2 años); masa corporal (72.9 ± 11 kg); altura (177.4 ± 4.2 cm).	Competitivos	Elites
Iino. (2016a)	N: (8); edad (20.6 ± 1.3 años); altura (170 ± 4 cm); masa corporal (63.1 ± 5.7 kg).	Competitivos	Avanzados e intermedios
Iino. (2016b)	N: (10); edad (20.6 ± 1.3 años); altura (171 ± 5 cm); masa corporal (61.6 ± 5.7 kg).	Universitarios avanzados	Avanzados e intermedios

*= N: número de participantes; edad; altura; masa corporal; m: masculino; f: femenino.

. Tabla 2. Generalidades metodológicas del estudio

Autor y año	Equipos Utilizados	Técnicas	Tipo de análisis
Bañkosz. (2020a)	Electromiógrafo, sensores cinemáticos, acelerómetro y giroscopio.	Derecha con efecto liftado	Cinemático
Valbuena et al. (2014)	Robot de lanzamientos y filmación por cámara.	Drive y revés	Cinemático
Bañkosz. (2019)	Sensor piezoeléctrico	Derecha con efecto liftado.	Cinemático
Bañkosz. (2018)	Sistema de captura de movimiento	Golpe de derecha y revés con efecto.	Cinemático
Bañkosz et al. (2020b)	Sensores de movimiento Acelerómetro, giroscopio, magnetómetro y robot de lanzamientos.	Derecha con efecto Revés con efecto.	Cinemático
Bañkosz. (2017)	Sistema de captura de movimiento	Efecto liftado de derecha y revés.	Cinemático
Genevois et al. (2019)	Sistema de análisis de movimiento	golpe de derecha de tenis con efecto liftado.	Cinemático
Qian et al. (2016)	Laboratorio de Captura de movimiento.	Golpe drive (efecto listado)	Cinemático
Yu et al. (2018)	Laboratorio de Captura de movimiento.	Dos tipos de servicio de tenis de mesa.	Cinemático
Iino et al. (2017)	Sistema de captura de movimiento.	Topsping de derecha	Cinemático
Iino. (2018)	Sistema de captura de movimiento	Corte de derecha	Cinemático, cinético y dinámico
Iino. (2011)	Cinco cámaras de video de alta velocidad que funcionan a 200 fps.	Golpe de derecha	Dinámico
Le Mansec et al. (2016)	Cámaras de 200 fps y cámaras de alta velocidad.	Golpe de derecha	Dinámico
Malagoli et al. (2011)	un robot de lanzamientos, un dispositivo de radar.	Golpe de derecha	Dinámico
Iino. (2016a)	Robot lanzamiento, un estéreo sistema fotogramétrico, 8 cámaras, 500 Hz.	Derecha	Dinámico y cinemático
Iino. (2016b)	Ocho cámaras, Vicon Motion a 250 Hz, dos cámaras de video de velocidad, software Frame-DIAS II.	Revés con efecto de Topsping	Cinemático y cinético

Fps: fotos por segundo; Hz: Hertz.

Tabla 3. Datos generales de los resultados.

Autor y año	Magnitudes	Valores	Tipos de parámetros
Bañkosz. (2020a)	Coefficiente de variación	Muñeca (CV > 40%). Aceleración baja en mano (CV < 20%).	Raqueta, bola y efecto liftado.
Valbuena et al. (2014)	Porcentaje de acierto.	Infantil masculino (64,4 %). Juvenil masculino (72 %).	Pelota
Bañkosz. (2019)	Aceleración	Menor en TF1 (128.1 m/s ²); mayor en TF2 (161.2 m/s ²).	Mano
Bañkosz. (2018)	Velocidades angulares	Fueron encontradas diferencias significativas entre las articulaciones y las velocidades (P ≤ 0.05) y no diferencias entre las velocidades de la raqueta y los tiempos (P ≥ 0.05).	Diferentes segmentos corporales y raqueta
Bañkosz. (2020b)	Ángulos y cinemática	Diferencias significativas en los géneros: entre los ángulos (p ≤ 0.05) y aceleración máx 50 m/s ² Drive (p < 0.01) y 20 m/s ² Revés (p < 0.01).	Técnica Derecha y revés
Bañkosz. (2017)	Tiempo, fuerza y velocidad.	Tiempo total promedio drive D2 (1.50 s) y el golpe de revés R2 (1.44 s) - golpes jugados contra una bola con efecto retroceso. Tiempo total menor en primera derecha (D1 – 1.32 s) y las pruebas de revés (R1 – 1.31s). Tiempo de Distancia (D2 – 5.48 m). (D1 – 4.94 m). Promedio (R1 – 3.31 m) (R2 – 3.69 m), de los componentes para la distancia total, tiempo de Distancia Z (D3 – 3.30 m y R3 – 1.98 m). menor en R2, la componente “y” (vertical) fue la más baja. El valor más alto (D2 - 2.65 m y R2 - 2.02 m) D3 (3.64 m/s) derecha y R3 (4.26 m/s) revés y (D2 – 9.9 m/s, R2 – 8.69 m / s, Z (D3 - 12.61 m/s y R3 - 9.69 m/s).	Raqueta
Genovis et al. (2018)	Velocidad Ángulos articulaciones	Comparaciones entre velocidades V (32.6 ± 5.6 m/s y 28.2 ± 4.4 m/s, TE = 0.8, efecto grande; p < 0.001). V, Cabeza raqueta (20.6 ± 4.1 m/s y 21,6 ± 3.4 m/s, TE = 0.3, efecto pequeño; p < 0,001). Velocidad horizontal (19.3 ± 3.9 m/s y 18.1 ± 3.3 m/s, TE = 0.3, efecto pequeño; p = 0.039). Velocidad vertical (6.5 ± 1.8 m/s y 11.3 ± 1.6 m/s, respectivamente; ES = 1.6, efecto grande; p < 0.001)	Topsping de derecha
Quian. (2016)	Ángulos, velocidad	Se encontró diferencias significativas en el bucle de jugadores superiores e	bucle de derecha.

		intermedios Tiempo derecha fue 0.87 ± 0.06 s y 1.04 ± 0.09 s para SP e IP	
Yu. (2018)	Ángulos, efectos, velocidad	Sentadilla vs ortostática en el tiempo (1.58 ± 0.05 s y 1.57 ± 0.06 s ($p = 0.604$)).	Servicio sentadilla y pie
Iino et al. (2017a)	Ángulos	Comparación en jugadores avanzados e intermedios donde el ángulo vertical de la raqueta no fue significativo, fue mayor a 50 m/s después de la pelota en la varianza de la dimensión (Vorth).	Raqueta.
Iino. (2017b)	Fuerza, velocidad	La relación de las variables de la velocidad resultante de la punta de la raqueta es: (18.4 ± 1.4 m/s. Las velocidades horizontal y vertical de la punta de la raqueta en el momento del impacto fueron 13.8 ± 2.1 m/s y 12.0 ± 1.1 m/s, respectivamente. El momento del comienzo de la rotación axial hacia adelante de la pelvis. Fue: ($0.210 \pm 0.031^\circ$) antes del impacto de la pelota.	Raqueta
Iino. (2011)	Velocidad	Se encontró diferencias significativas entre la rotación interno del hombro ($p=0.001$), el varo del codo de ($p=0,003$), desviación radial de la muñeca ($p=0.009$), flexión del codo ($p \leq 0.001$).	Raqueta
Le Mansec et al. (2016)	Velocidad	Fueron encontradas diferencias significativas en la velocidad donde el grupo experto tuvo mejores valores al compararlos con avanzados y novatos (+23% and +44%, respectivamente, $P < .001$).	Bola
Malagoli et al. (2018)	Ángulos	Fueron encontradas diferencias significativas entre el golpe de giro superior largo y transversal en: hombro max ($p= 0.010$); Hombro min ($p=0.005$); HRMm ($p=0.002$); HRMm-MmVR: PM max: ($p= 0.000$); PM min: ($p=0.019$); CM- MmVR ($P=0.002$); codo- MmVR ($p=0.015$); RD- MmVR: ($p=0.01$); PM: ($p=0.002$).	Segmentos corporales
Iino. (2016a)	Velocidad	No hubo una interacción significativa entre la masa de la raqueta y los lanzamientos de la pelota ($p \geq 0.05$).	Raqueta
Iino (2016b)	Energía cinética y mecánica	Impacto fue mayor en el Backspin (19.3 ± 1.5 vs 17.2 ± 1.4 m/s, ($p < 0.001$).	Raqueta

Fx: fuerza en eje horizontal; TF1: efecto liftado contra efecto liftado; TF2: efecto liftado contra efecto retroceso; SP: Jugadores superiores, D: derecha, R: revés, IP: Jugadores., intermedio, TE: tamaño del efecto; HRMm: hombro, raqueta y mesa máximo; MmVR: momento de máxima velocidad de la raqueta; CM: cadera-mesa; RD: rodilla derecha; PM: pie-mesa;

Discusión

Teniendo en cuenta la literatura consultada, fueron encontrados estudios que evaluaron el cambio de los ángulos de articulación del tronco y el brazo de la raqueta en el golpe de derecha con efecto liftado de tenis de mesa donde los segmentos presentaron un nivel de importancia en la ejecución del gesto técnico, considerándose el análisis Biomecánico de estos segmentos fundamental en el desarrollo del movimiento específico (25). Algunos autores se enfocan en el desarrollo de la técnica apoyándose en el análisis del movimiento, logrando una óptima efectividad en los golpes de forma unilateral, especialmente en la coordinación óculo manual (26). Igualmente se puede determinar que existen deportistas élites donde la corrección de posturas puede influir en un cambio en la potencia del golpe de la raqueta, siendo soportados estos valores a través de estudios de tipo biomecánicos (27). Otros estudios han determinado, que la cinética de la articulación de la cadera durante un golpe de derecha con efecto liftado de tenis de mesa, muestra suma importancia para incrementar la velocidad al momento de la ejecución del golpe de drive, donde el segmento de la cadera nos promueve mayor fuerza a la bola, debido al impulso rotacional transmitido hacia el brazo homolateral, donde mejora la precisión y efectividad al logro del punto (28). La comprensión de la biomecánica en los jugadores de tenis de mesa y para los entrenadores debe estar enfocada en la capacidad de reconocer y observar debilidades o carencias en la técnica, es importante en el desarrollo del desempeño, ya que cada habilidad tiene una estructura mecánica fundamental (15) sumado a esto y como ejemplo se puede deducir que el servicio con flexión profunda de rodilla necesita un mayor impulso de las extremidades inferiores durante un servicio corto de tenis de mesa en comparación con un servicio de pie, en donde estas consideraciones biomecánicas pueden ser benéficas para atletas y entrenadores de tenis de mesa, como método de optimización del rendimiento antes y durante de la competición (16).

La mayoría de los estudios que fueron escogidos para esta revisión han tenido en cuenta el análisis cinemático en el gesto técnico del forehand drive (19,29) que analiza especialmente los ángulos de las articulaciones involucradas, las velocidades y aceleración en la ejecución de la técnica, la raqueta y la pelota, así como los patrones de movimiento y las distancias recorridas por los segmentos corporales (11,30).

Varios autores manifiestan que en la práctica del tenis de mesa se ven involucradas diferentes articulaciones y grupos musculares que posibilitan la ejecución de los gestos motrices propios de la disciplina, se requiere velocidad, buenos reflejos, rapidez en la toma de decisiones, comprender los efectos y desarrollar una técnica apropiada, acompañada de la coordinación locomotora para la realización del gesto técnico de manera adecuada, (2,3,31), y donde, se evidencia activamente la participación de la muñeca, el codo, el hombro, la rotación del tronco y el desplazamiento de los miembros inferiores en constante flexión de rodillas durante la práctica del deporte (15,22,32).

Cinemática en el tenis de mesa

La observación de las variables que intervienen en la cinemática del gesto técnico de forehand drive permite conocer los parámetros involucrados en su ejecución, como un elemento importante para la descripción de las habilidades del deportista (33), aunque, en la

literatura no se evidencian muchos estudios de carácter cinemático en el tenis de mesa (13), se considera que la cinemática describe las técnicas deportivas o las diferentes habilidades y recorridos que el hombre puede realizar en la vida cotidiana. En el mundo del deporte constantemente se analizan las técnicas empleadas a través de estudios biomecánicos (34); donde los investigadores recurren a la cinemática como una herramienta para hacer una adecuada valoración y descripción del gesto técnico que puede ayudar grandemente en el desarrollo del arsenal técnico (35, 36). Es de vital importancia reconocer que la evaluación por métodos cinemáticos precisa del movimiento del cuerpo, y principalmente, en el tenis de mesa de las extremidades del miembro superior del atleta, se apoya en los sistemas de análisis cinemático y otros equipos biomecánicos, así mismo, la correcta determinación de indicadores, como el movimiento de la trayectoria de la pierna, la mano o el centro de gravedad del cuerpo del atleta, su velocidad y aceleraciones, permite a los entrenadores corregir errores durante la ejecución de la técnica (37). En la cinemática aplicada al deporte se trata de estudiar el movimiento analizando cuestiones como la velocidad de desplazamiento de un objeto o cuerpo humano, cuáles son las tasas de aceleración y desaceleración, qué patrón o qué rango de movimiento se produjo durante un rendimiento deportivo (38).

Cuando se estudia los parámetros que intervienen en la ejecución de un gesto técnico se consigue información que sin duda alguna contribuye al mejoramiento de la técnica en mención donde las evaluaciones de estos factores pueden ser muy útiles para proporcionar instrucciones sobre cómo realizar la técnica de golpe de derecha (11), al igual que el control preciso de la raqueta, proyectando en ella la extensión de la mano con desplazamientos de los centros de masa de forma sincrónica y articulada, controlando con precisión la raqueta y que los movimientos se transfieren a través de todo el segmento del cuerpo en la cadena cinemática a la mano (9) siendo la mano la encargada de moverse libremente en el espacio, venciendo una resistencia como el peso de la raqueta para impactar la pelota, todo esto dentro de una cadena cinemática abierta (21).

Bibliografía

1. Yu C, Shao S, Awrejcewicz J, Baker JS, Gu Y. Lower limb maneuver investigation of chasse steps among male elite table tennis players. *Med.* 2019;55(4):1–11.
2. Elliott B. Biomechanics and tennis. *Br J Sports Med.* 2006;40(5):392–6.
3. Pradas De La Fuente F, Pradas F, Salvà ;, González-Campos ;, González-Jurado ; Analysis of performance indicators that define the modern table tennis. *J Sport Heal Res J Sport Heal Res.* 2015;7(2):149–62.
4. Zhang Z, Halkon B, Chou SM, Qu X. A novel phase-aligned analysis on motion patterns of table tennis strokes. *Int J Perform Anal Sport.* 2017;16(1):305–16.
5. Soto M, Manonelles P, Tarrero LT, González BM. Lesiones deportivas versus accidentes deportivos. *Arch Med del Deport.* 2018;35(1):6–16.
6. Taha T, Thomas SG. Systems Modelling of the Relationship between Training and Performance. *Sport Med.* 2003;33(14):1061–73.

7. Moya M, Bonete E, Santos-Rosa, F J. Efecto de un periodo de sobrecarga de entrenamiento de dos semanas sobre la precisión en el golpeo en tenistas jóvenes. *Eur J Hum Mov.* 2010;24:77–93.
8. Bańkosz Z, Winiarski S. Correlations between angular velocities in selected joints and velocity of table tennis racket during topspin Forehand and Backhand. *J Sport Sci Med.* 2018;17(2):330–8.
9. Zhiqing Z. Biomechanical analysis and model development applied to table tennis forehand strokes. School of mechanical and aerospace engineering. Nanyang Technological University; 2016.
10. Bańkosz Z, Winiarski S. Using Wearable Inertial Sensors to Estimate Kinematic Parameters and Variability in the Table Tennis Topspin Forehand Stroke. *Appl Bionics Biomech.* 2020;2020.
11. Bankosz Z, Winiarski S. Kinematic parameters of topspin forehand in table tennis and their inter- and intraindividual variability. *J Strength Cond Res.* 2019;(under rev(December 2019):138–48.
12. Bańkosz Z, Winiarski S, Lanzoni IM. Gender differences in kinematic parameters of topspin forehand and backhand in table tennis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(16):1–12.
13. Bańkosz Z, Winiarski S. The kinematics of table tennis racquet: Differences between topspin strokes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(3):202–13.
14. Genevois C, Reid M, Creveaux T, Rogowski I. Kinematic differences in upper limb joints between flat and topspin forehand drives in competitive male tennis players. *Sport Biomech* [Internet]. 2020;19(2):212–26. Available from: <http://doi.org/10.1080/14763141.2018.1461915>
15. Qian J, Zhang Y, Baker JS, Gu Y. Effects of performance level on lower limb kinematics during table tennis forehand loop. *Acta Bioeng Biomech.* 2016;18(3):149–55.
16. Yu C, Shao S, Baker JS, Gu Y. Comparing the biomechanical characteristics between squat and standing serves in female table tennis athletes. *PeerJ.* 2018;2018(6):1–14.
17. Iino Y, Yoshioka S, Fukashiro S. Uncontrolled manifold analysis of joint angle variability during table tennis forehand. *Hum Mov Sci* [Internet]. 2017;56(July):98–108. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2017.10.021>
18. Iino Y. Hip joint kinetics in the table tennis topspin forehand: relationship to racket velocity. *J Sports Sci* [Internet]. 2018;36(7):834–42. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1344777>
19. Iino Y, Kojima T. Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. *Sport Biomech.* 2011;10(4):361–77.
20. Le Mansec Y, Dorel S, Nordez A, Jubeau M. Sensitivity and reliability of a specific test of stroke performance in table tennis. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016 Jul 1;11(5):678–84.
21. Malagoli Lanzoni I, Bartolomei S, Di Michele R, Fantozzi S. A kinematic comparison between long-line and cross-court top spin forehand in competitive table tennis players. *J Sports Sci.* 2018;36(23):2637–43.
22. Iino Y, Kojima T. Effect of the racket mass and the rate of strokes on kinematics and kinetics in the table tennis topspin backhand. *J Sports Sci.* 2016;34(8):721–9.
23. Iino Y, Kojima T. Mechanical energy generation and transfer in the racket arm during table tennis topspin backhands. *Sport Biomech.* 2016;15(2):180–97.

24. Valbuena Infante H, Melgarejo Pinto VM, Pérez Pérez JL. Test para evaluar el drive y el revés en tenis de mesa. *Acción*. 2014;10(19):22–7.
25. Iino Y, Yoshioka S, Fukashiro S. Uncontrolled manifold analysis of joint angle variability during table tennis forehand. *Hum Mov Sci*. 2017;56(July):98–108.
26. Maman P, Sandeep K, Jaspal S. Role of Sports Vision and Eye Hand Coordination Training in Performance of Table Tennis Players. *Brazilian J Biomotricity*. 2011;5(2):106–16.
27. Barczyk-Pawelec K, Bankosz Z, Derlich M. Body postures and asymmetries in frontal and transverse planes in the trunk area in table tennis players. *Biol Sport*. 2012;29(2):129–34.
28. Iino Y. Hip joint kinetics in the table tennis topspin forehand: relationship to racket velocity. *J Sports Sci*. 2018;36(7):834–42.
29. Iino Y, Kojima T. Kinematics of table tennis topspin forehands: Effects of performance level and ball spin. *J Sports Sci*. 2009;27(12):1311–21.
30. Bánkosz Z, Winiarski S. The evaluation of changes of angles in selected joints during topspin forehand in table tennis. *Motor Control*. 2018;22(3):314–37.
31. Correa Mesa JF, Correa Morales JC. Prevalence of Musculoskeletal Injuries in Table Tennis Players. 2014;5(1):48–54.
32. Blackwell JR, Cole KJ. Wrist kinematics differ in expert and novice tennis players performing the backhand stroke: Implications for tennis elbow. *J Biomech*. 1994;27(5):509–16.
33. Seeley MK, Funk MD, Denning WM, Hager RL, Hopkins JT. Tennis forehand kinematics change as post-impact ball speed is altered. *Sport Biomech*. 2011;10(4):415–26.
34. Gómez Echeverry LL, Jaramillo Henao AM, Ruiz Molina MA, Velásquez Restrepo SM, Páramo Velásquez CA, Silva Bolívar GJ. Human motion capture and analysis systems: a systematic review/Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. *Prospectiva*. 2018;16(2):24–34.
35. Rexhepi F, Vehapi S, Pireva F, Gashi B. SPECIAL ISSUE: Current Trends in Social Sciences article cinematic analysis of the kicking leg velocity and its position during performance of the mawashi geri technic on target. | *Iioabj* | [Internet]. 2018;9:1–5. Available from: www.iioab.org
36. Giménez-egido JM, Ortega E, Verdu-conesa I, Cejudo A, Torres-luque G. Using smart sensors to monitor physical activity and technical–tactical actions in junior tennis players. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Feb 1;17(3).
37. Talaat S, Ellabany E, Attaallah MAI. Kinematic Analysis of the Whole Body Center of Gravity Trajectory and Time Structure of the Tennis Serve Performance. *J Appl*
38. Suárez GR. *Biomecánica Deportiva y Aplicada*. 2011.