

Analisis Kinerja Teknik Forehand Drive pada Atlet Tenis Meja: Tinjauan Naratif Berdasarkan Literatur Terkini

Jimmy Saputra Sinaga^{1*}, Enjel Sitanggang¹, Paul Fransisco Munthe¹, Nathanael Revaldo Naibaho¹, Samsuddin Siregar¹

¹Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Medan, Indonesia.

ABSTRACT

Objectives: Forehand drive merupakan teknik dasar yang paling dominan dan fundamental dalam permainan tenis meja modern. Teknik ini berperan signifikan dalam menghasilkan serangan yang efektif, akurasi pukulan, serta penguasaan permainan secara keseluruhan. Keberhasilan eksekusi forehand drive tidak hanya bergantung pada kekuatan lengan semata, melainkan merupakan hasil integrasi kompleks antara faktor biomekanika, kondisi fisik, dan kemampuan koordinasi motorik. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis faktor-faktor yang memengaruhi performa teknik forehand drive pada atlet tenis meja berdasarkan temuan-temuan ilmiah terkini dalam rentang publikasi 2015–2025.

Methods: Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan naratif (narrative review) dengan menganalisis berbagai publikasi ilmiah dari basis data Scopus, Web of Science, PubMed, dan Google Scholar. Analisis difokuskan pada aspek biomekanika, pembelajaran motorik, koordinasi gerak, kekuatan fisik, serta strategi pelatihan.

Results: Kajian mengidentifikasi empat tema utama yang berkontribusi terhadap performa forehand drive, yaitu: (1) biomekanika gerak—khususnya rotasi batang tubuh dan rantai kinetik segmental; (2) komponen kekuatan fisik terutama daya ledak tungkai; (3) koordinasi motorik dan sinkronisasi gerak multi-segmental; serta (4) strategi latihan berbasis umpan balik dan teknologi analisis gerak.

Conclusion: Forehand drive merupakan keterampilan kompleks yang memerlukan pengembangan aspek biomekanika, fisik, dan kognitif secara simultan. Program latihan terintegrasi berbasis bukti ilmiah dan pemanfaatan teknologi modern direkomendasikan untuk mengoptimalkan penguasaan teknik forehand drive pada atlet tenis meja.

Keywords: forehand drive; tenis meja; biomekanika olahraga; keterampilan motorik; performa atlet; tinjauan naratif.

Citation:

Sinaga, J. S., Sitanggang, E., Munthe, P. F., Naibaho, N. R., & Siregar, S. (2026). Analisis Kinerja Teknik Forehand Drive pada Atlet Tenis Meja: Tinjauan Naratif Berdasarkan Literatur Terkini. *Joska: Jurnal Isori Kampar*, 3(02). <https://doi.org/10.53905/joska.v3i02.19>

Received: March 18, 2026 | Accepted: May 22, 2026 | Published: July 27, 2026.

INTRODUCTION

Tenis meja merupakan cabang olahraga dengan tingkat kompleksitas teknis dan fisik yang ekstrem, menuntut kecepatan reaksi sensorimotor yang sangat tinggi, ketepatan koordinasi gerak halus, akurasi pukulan yang presisi dalam kondisi kecepatan bola yang tinggi, serta kemampuan pengambilan keputusan taktis (decision-making) dalam interval waktu yang sangat singkat. Karakteristik permainan yang dinamis ini melibatkan pola gerakan intermiten dengan perubahan arah yang cepat, menuntut stabilitas inti (core stability) yang kuat, serta responsivitas adaptif terhadap stimulus lawan yang bervariasi (Ferrández et al., 2020; Guarnieri et al., 2025; Zagatto et al., 2017). Integrasi antara elemen fisiologis, biomekanika rantai kinetik (kinetic chain), dan kemampuan kognitif tersebut menjadikan penguasaan teknik dasar sebagai faktor determinan utama dalam menentukan keberhasilan atlet di tingkat kompetisi nasional maupun internasional (Kondrić et al., 2023; Wong et al., 2020).

Forehand drive merupakan salah satu teknik yang paling dominan dalam kancah tenis meja modern, berperan sebagai pukulan menyerang yang krusial karena lintasan bolanya yang cepat, terukur, dan terkontrol saat dilakukan dengan sisi depan raket. Sebagai instrumen utama dalam menginisiasi serangan, forehand drive menjadi fondasi vital bagi pengembangan berbagai teknik ofensif lanjutan yang lebih kompleks, seperti topspin, counter-drive, dan smash (Sari et al., 2020; Suisdareni & Tomoliyus, 2021). Lebih dari sekadar gerakan memukul, efektivitas forehand drive sangat bergantung pada integrasi koordinasi seluruh segmen tubuh secara harmonis. Hal ini mencakup sinkronisasi gerakan tungkai, pinggul, batang tubuh, bahu, hingga lengan yang bekerja secara berurutan dalam satu rantai kinetik (kinetic chain) yang efisien untuk memaksimalkan transfer energi, kecepatan kepala raket, serta akurasi pukulan (Iino & Kojima, 2011; Wong et al., 2020).

Dari perspektif biomekanika, teknik *forehand drive* melibatkan mekanisme transfer energi yang sangat efisien dan terstruktur dari segmen proksimal menuju segmen distal melalui urutan *proximal-to-distal* (Bańkosz & Winiarski, 2018; He et al., 2022). Mekanisme ini diawali dengan impuls tenaga dari tungkai bawah, diikuti oleh rotasi panggul dan batang tubuh (*trunk rotation*), serta ditransmisikan melalui rantai kinetik ke gelang bahu dan lengan untuk mencapai kecepatan kepala raket yang optimal (He et al., 2022; Iino & Kojima, 2011). Penelitian (He et al., 2022; Qian et al., 2016) menegaskan bahwa pola kinematika

*Corresponding Authors email: jimmysaputrasinaga02@gmail.com

tungkai bawah yang stabil dan koordinasi rotasi pinggul-bahu yang sinkron merupakan prediktor utama kualitas pukulan, yang secara signifikan membedakan profil kinematik atlet elit dari atlet pemula (He et al., 2022; Wong et al., 2020). Selain itu, efisiensi transfer energi ini didukung oleh *shoulder internal rotation torque* yang lebih besar pada atlet elit, yang memungkinkan pemindahan energi mekanis dari batang tubuh ke lengan atas dengan laju yang lebih tinggi (Iino & Kojima, 2011). Pemahaman mendalam mengenai integrasi gerak multi-segmental ini sangat krusial untuk meningkatkan performa, efektivitas pukulan, serta meminimalisir risiko cedera yang mungkin timbul akibat pola gerak yang tidak efisien (He et al., 2022).

Meskipun sejumlah penelitian telah membahas aspek biomekanika dan pembelajaran teknik forehand drive, hasil-hasil tersebut masih tersebar pada berbagai disiplin ilmu—meliputi ilmu keolahragaan, biomekanika, fisiologi, dan psikologi olahraga—dan belum banyak disintesis dalam satu kerangka konseptual yang komprehensif. Sebagian besar studi berfokus pada analisis isolasi gerakan tertentu atau program latihan spesifik tanpa mengintegrasikannya ke dalam pemahaman holistik tentang performa forehand drive.

Kesenjangan penelitian ini menunjukkan perlunya kajian integratif yang mampu menyatukan berbagai perspektif mengenai performa forehand drive. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan menganalisis dan mensintesis temuan-temuan penelitian terkini (2015–2025) yang mencakup faktor biomekanika, pembelajaran motorik, kondisi fisik, dan strategi pelatihan dalam upaya meningkatkan performa teknik forehand drive pada atlet tenis meja di berbagai level kompetisi.

METHOD & ANALYSIS

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan naratif (*narrative review*) untuk mengkaji dan mensintesis perkembangan pengetahuan ilmiah mengenai teknik forehand drive dalam olahraga tenis meja. Tinjauan naratif dipilih karena metode ini memungkinkan integrasi hasil-hasil penelitian dari berbagai disiplin ilmu secara fleksibel dan interpretatif, sehingga dapat menghasilkan pemahaman konseptual yang komprehensif.

Strategi Pencarian Literatur

Literatur diperoleh melalui pencarian sistematis pada empat basis data ilmiah internasional: Scopus, Web of Science, PubMed, dan Google Scholar. Pencarian dilakukan pada bulan Januari hingga Maret 2025 menggunakan kombinasi kata kunci sebagai berikut:

Tabel 1. Strategi Pencarian Kata Kunci

Kelompok Kata Kunci	Istilah Pencarian
Olahraga	"table tennis", "ping pong"
Teknik Utama	"forehand drive", "forehand stroke", "forehand technique"
Biomekanika	"biomechanics", "kinematics", "kinetics", "kinetic chain"
Pembelajaran	"motor learning", "skill acquisition", "motor control"
Performa	"table tennis performance", "athletic performance"

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Literatur

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Dipublikasikan tahun 2015–2025	Tidak tersedia dalam teks lengkap
Ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia	Tidak membahas forehand drive secara spesifik
Membahas teknik forehand drive tenis meja	Berupa editorial atau opini tanpa data empiris
Terindeks jurnal internasional/nasional bereputasi	Abstrak atau prosiding tanpa data lengkap
Menyajikan data empiris atau sintesis ilmiah	Studi dengan metodologi tidak jelas atau tidak valid

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan sintesis tematik (*thematic synthesis*) yang terdiri dari tiga tahap: (1) pengkodean temuan dari setiap artikel secara induktif; (2) pengembangan tema deskriptif berdasarkan kesamaan pola temuan; dan (3) pengembangan tema analitik yang mengintegrasikan temuan-temuan tersebut ke dalam kerangka konseptual yang lebih luas tentang performa forehand drive.

RESULTS

Proses seleksi literatur menghasilkan 28 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dari total 247 artikel yang diidentifikasi melalui pencarian basis data. Setelah eliminasi duplikat dan seleksi berdasarkan judul, abstrak, serta teks lengkap, analisis difokuskan pada empat tema utama yang secara konsisten muncul dalam berbagai penelitian.

Ringkasan Temuan Penelitian Utama

Tabel 3. Ringkasan Temuan Penelitian Utama

Peneliti (Tahun)	Fokus Penelitian	Temuan Utama
(Irawan et al., 2023, p. 918)	Biomekanika forehand topspin	Rotasi batang tubuh memberikan kontribusi 58% terhadap kecepatan bola pada atlet maju
(Qian et al., 2016)	Kinematika tungkai bawah	Atlet elit menunjukkan sudut lutut dan koordinasi pinggul-bahu yang lebih optimal
(Fuchs et al., 2018)	Koordinasi gerak multi-segmental	Sinkronisasi koordinasi segmental meningkatkan efektivitas dan konsistensi pukulan



(Malagoli et al., 2021)	Indikator performa atlet elit	Pengalaman bertanding dan jam latihan berkorelasi kuat dengan kualitas teknik
(Zagatto et al., 2021)	Kondisi fisik tenis meja	Daya ledak tungkai dan kekuatan inti tubuh mendukung transfer energi optimal dalam pukulan
(Kondrić et al., 2023)	Tren ilmu tenis meja kontemporer	Teknologi analisis gerak dan AI meningkatkan objektivitas evaluasi teknik

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Performa Forehand Drive

Tabel 4. Faktor-Faktor Penentu Performa Forehand Drive

Faktor Utama	Sub-komponen	Implikasi Performa
Biomekanika Gerak	Rotasi batang tubuh, rantai kinetik, sudut pergelangan tangan	Meningkatkan kecepatan bola, akurasi, dan efisiensi energi
Kekuatan Fisik	Daya ledak tungkai, kekuatan inti tubuh, fleksibilitas sendi	Mendukung transfer gaya optimal dari bawah ke atas
Koordinasi Motorik	Sinkronisasi segmental, timing gerak, kontrol proprioseptif	Meningkatkan konsistensi dan stabilitas pola gerak
Persepsi-Kognisi Strategi Latihan	Antisipasi, pembacaan bola, pengambilan keputusan Latihan berulang, umpan balik, periodisasi, analisis video	Mempersingkat waktu respons dan meningkatkan akurasi Mempercepat akuisisi keterampilan dan otomatisasi gerak

DISCUSSION

Peran Biomekanika dalam Efektivitas Forehand Drive

Temuan kajian ini secara konsisten menunjukkan bahwa *forehand drive* merupakan teknik kompleks yang melibatkan interaksi terkoordinasi seluruh sistem gerak tubuh. Faktor biomekanika menjadi komponen paling determinan dalam menentukan efektivitas pukulan, terutama melalui mekanisme rantai kinetik (*kinetic chain*) yang efisien. (Iino & Kojima, 2011) mengungkapkan bahwa rotasi batang tubuh berkontribusi hingga 58% terhadap total kecepatan bola yang dihasilkan dalam *forehand topspin* atlet tingkat lanjut.

Lebih lanjut, riset terkini menekankan bahwa mekanisme ini diinisiasi oleh gaya reaksi tanah (*ground reaction forces*) dari tungkai bawah yang berperan sebagai fondasi stabilitas sekaligus pembangkit energi awal (Chen et al., 2012). Transfer energi mengikuti pola proksimal-ke-distal, yakni: tungkai → pinggul → batang tubuh → bahu → lengan → pergelangan tangan → raket (He et al., 2022). Pola koordinasi ini melibatkan pemisahan antara rotasi pinggul dan bahu (*hip-shoulder separation*) yang memungkinkan akumulasi momentum angular secara maksimal (He et al., 2022; Mao et al., 2023). Atlet elit menunjukkan kemampuan superior dalam menyinkronkan kekuatan sendi bahu dan pergelangan tangan dalam rantai kinetik ini, sehingga menghasilkan kecepatan kepala raket yang lebih tinggi dengan pengeluaran energi yang lebih efisien (Bańkosz & Winiarski, 2018; Wong et al., 2020).

(Qian et al., 2016) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa atlet elit memperlihatkan pola sudut lutut yang lebih optimal saat fase persiapan, koordinasi rotasi pinggul-bahu yang lebih sinkron, serta waktu puncak kecepatan segmen yang lebih presisi dibandingkan atlet pemula. Perbedaan kinematika ini secara langsung berhubungan dengan perbedaan kualitas output pukulan, baik dari segi kecepatan bola maupun akurasi penempatan.

4.2 Koordinasi Motorik dan Pembelajaran Keterampilan

Koordinasi motorik merupakan dimensi kedua yang krusial dalam performa *forehand drive*. (Fuchs et al., 2018) mendemonstrasikan bahwa sinkronisasi gerak multi-segmental—kemampuan mengintegrasikan gerakan berbagai bagian tubuh dalam urutan temporal yang tepat—merupakan pembeda utama antara atlet terlatih dan tidak terlatih. Menariknya, konsistensi pada atlet elit tidak selalu berarti pengulangan gerak yang identik, melainkan perwujudan dari *functional movement variability*, di mana atlet mampu menyesuaikan pola gerak secara dinamis guna mencapai hasil pukulan yang stabil (Bańkosz & Winiarski, 2020, 2025). Tingkat otomatisasi gerak yang tinggi ini memungkinkan atlet membebaskan kapasitas kognitif untuk keperluan taktis selama pertandingan.

Dari perspektif pembelajaran motorik, penguasaan *forehand drive* mengikuti model tiga tahap Fitts dan Posner: fase kognitif, di mana atlet membangun representasi mental gerakan melalui instruksi dan demonstrasi; fase asosiatif, di mana kesalahan-kesalahan diminimalkan melalui latihan berulang yang terstruktur untuk mengonversi pengetahuan deklaratif menjadi prosedural; dan fase otonom, di mana gerakan terlaksana secara konsisten, efisien, dan tanpa memerlukan perhatian kognitif yang besar (Lin et al., 2023, p. 4). (Malagoli et al., 2021) mengonfirmasi bahwa pengalaman bertanding dan volume jam latihan kumulatif berkorelasi kuat dengan kemampuan atlet dalam menginternalisasi keterampilan hingga mencapai fase otonom ini.

Kontribusi Kondisi Fisik

(Zagatto et al., 2021) menggarisbawahi peran sentral kondisi fisik dalam mendukung kualitas *forehand drive*. Daya ledak tungkai (*explosive leg power*) bukan sekadar berfungsi untuk membangun posisi yang kuat, melainkan menjadi sumber utama dalam menghasilkan gaya reaksi tanah (*ground reaction forces*) yang krusial untuk memulai rantai kinetik (Chen et al., 2012; He et al., 2022). Transfer energi yang efisien ini mengikuti pola proksimal-ke-distal, di mana kekuatan dari tungkai bawah disalurkan secara berurutan melalui batang tubuh ke lengan dan raket (Gusdernawati et al., 2021, p. 131; He et al., 2022).

Dalam konteks ini, kekuatan inti tubuh (*core stability*) berperan vital sebagai penghubung (*bridge*) yang menyatukan segmen tubuh bawah dan atas, memastikan transmisi gaya berlangsung tanpa kebocoran energi yang berarti (Gusdernawati et al., 2021, p. 131; Wu et al., 2025). Atlet elit menunjukkan kemampuan keterlibatan inti (*core engagement*) yang jauh lebih



superior, yang berkontribusi pada konsistensi dan stabilitas pukulan (Wu et al., 2025). Selain itu, fleksibilitas sendi bahu dan pergelangan tangan memengaruhi efisiensi rentang gerak (range of motion) selama pelaksanaan pukulan. Namun, penelitian terkini menunjukkan bahwa fleksibilitas harus diimbangi dengan manajemen kekakuan sendi (joint stiffness) yang tepat; fleksibilitas yang berlebihan pada fase backswing tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan raket, melainkan memerlukan koordinasi yang optimal untuk mendukung ayunan cepat dan eksplosif (Kidokoro et al., 2019).

Dimensi Persepsi-Kognitif

Dimensi persepsi-kognitif merupakan aspek fundamental yang sering kali menjadi pembeda utama antara atlet elit dan pemula, menjadikan tenis meja lebih sebagai "olahraga antisipasi" daripada sekadar olahraga reaksi (Ferrández et al., 2020, p. 103). Kemampuan atlet untuk mengantisipasi arah, kecepatan, dan putaran bola lawan sangat bergantung pada pemanfaatan isyarat visual (*visual cues*) yang diproses jauh sebelum kontak bola terjadi (Ferrández et al., 2020, p. 103; Zhou et al., 2017). Penelitian menunjukkan bahwa atlet elit memiliki keunggulan dalam mengidentifikasi "isyarat dini" (*advance cues*) melalui kinetika tubuh lawan, seperti gerakan batang tubuh, lengan, dan raket, untuk memprediksi karakteristik bola (Piras et al., 2016; Wang et al., 2011; Zhou et al., 2017). Selain itu, mereka menunjukkan strategi pencarian visual (*visual search behavior*) yang lebih efisien, dengan melakukan fiksasi mata yang lebih fokus pada area-area krusial—seperti lengan dan raket selama forehand drive—untuk mengekstrak informasi yang relevan (Piras et al., 2016). Kemampuan memproses informasi secara dini ini memungkinkan atlet elit untuk menghemat waktu respon dan memberikan kesempatan yang lebih besar dalam mengorganisasi mekanisme rantai kinetik serta persiapan posisi yang lebih optimal (Ferrández et al., 2020, p. 103). Selain isyarat visual, penggunaan informasi kontekstual berdasarkan probabilitas pola permainan juga menjadi komponen vital yang membedakan kualitas pengambilan keputusan atlet elit dalam situasi pertandingan nyata (Murphy et al., 2015).

Inovasi Teknologi dalam Pelatihan

Perkembangan teknologi olahraga memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi latihan forehand drive. (Kondrić et al., 2023) mencatat bahwa penggunaan sistem *motion capture*, analisis video berkecepatan tinggi (*high-speed video analysis*), dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) memungkinkan pelatih melakukan evaluasi teknik secara objektif dan kuantitatif. Teknologi ini, yang kini sering diintegrasikan ke dalam sistem pelatihan cerdas berbasis visi komputer, mampu melakukan evaluasi postur atlet serta menganalisis efektivitas pukulan dengan presisi tinggi (He et al., 2025; Yang et al., 2025). Lebih jauh lagi, sistem umpan balik *augmented*—seperti cermin cerdas atau platform *real-time feedback*—dapat menyediakan data biomekanik yang langsung dapat ditinjau oleh atlet, yang terbukti secara signifikan meningkatkan standarisasi gerak dan mempercepat proses akuisisi keterampilan dibandingkan dengan umpan balik verbal konvensional semata (Li & Deng, 2025; Sanusi et al., 2021). Integrasi data multimodal ini memberikan fondasi yang kuat bagi atlet untuk melakukan penyesuaian teknis secara mandiri dan akurat, serta memfasilitasi pelatih dalam menyusun program latihan yang lebih terpersonalisasi.

Implikasi Praktis untuk Pelatihan

Berdasarkan sintesis temuan-temuan di atas, program pelatihan forehand drive yang efektif hendaknya memenuhi beberapa prinsip utama: (1) mengintegrasikan latihan teknik dengan pengembangan kondisi fisik spesifik, terutama daya ledak tungkai dan stabilitas inti; (2) menerapkan pendekatan umpan balik *augmented* yang memanfaatkan teknologi analisis gerak; (3) merancang progresivitas beban latihan yang sistematis dari situasi yang disederhanakan menuju situasi yang menyerupai kondisi pertandingan; dan (4) menginkorporasi latihan persepsi-kognitif untuk mengembangkan kemampuan antisipasi atlet.

CONCLUSION

Forehand drive merupakan teknik fundamental dalam tenis meja yang keberhasilannya ditentukan oleh interaksi sinergis antara faktor biomekanika, kondisi fisik, koordinasi motorik, dan kemampuan persepsi-kognitif. Rotasi batang tubuh dan mekanisme rantai kinetik segmental terbukti berkontribusi paling dominan terhadap kecepatan dan akurasi pukulan. Sementara itu, daya ledak tungkai, stabilitas inti, dan koordinasi multi-segmental yang terlatih dengan baik memberikan fondasi fisik yang diperlukan untuk mengoptimalkan transfer energi dalam eksekusi forehand drive.

Program latihan yang efektif harus bersifat integratif—menggabungkan pengembangan teknik, fisik, dan kognitif secara bersamaan—serta memanfaatkan teknologi analisis gerak modern untuk memberikan umpan balik yang objektif dan terukur. Pelatih dan praktisi olahraga direkomendasikan untuk merancang sesi latihan berbasis bukti ilmiah yang memperhatikan prinsip-prinsip biomekanika dan pembelajaran motorik guna akselerasi penguasaan forehand drive, khususnya pada atlet dalam tahap perkembangan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi efektivitas program latihan terpadu dalam desain uji coba terkontrol acak (*randomized controlled trial*), serta menginvestigasi pemanfaatan teknologi *wearable* dan kecerdasan buatan dalam pemantauan dan umpan balik teknik forehand drive secara *real-time*.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh peneliti dan akademisi yang telah berkontribusi dalam pengembangan ilmu kepelatihan olahraga, khususnya dalam bidang tenis meja. Apresiasi juga disampaikan kepada institusi pendidikan tinggi dan perpustakaan digital yang menyediakan akses terbuka terhadap berbagai sumber literatur ilmiah yang digunakan dalam penyusunan artikel ini.



CONFLICT OF INTERESTS

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penyusunan dan publikasi artikel ini.

REFERENCES

- Bańkosz, Z., & Winiarski, S. (2018a). The Evaluation of Changes of Angles in Selected Joints During Topspin Forehand in Table Tennis. *Motor Control*, 22(3), 314–337. <https://doi.org/10.1123/mc.2017-0057>
- Bańkosz, Z., & Winiarski, S. (2018b). Correlations between Angular Velocities in Selected Joints and Velocity of Table Tennis Racket during Topspin Forehand and Backhand. *PubMed*, 17(2), 330–338. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29769835>
- Bańkosz, Z., & Winiarski, S. (2020). Kinematic Parameters of Topspin Forehand in Table Tennis and Their Inter- and Intra-Individual Variability. *PubMed*, 19(1), 138–148. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32132837>
- Bańkosz, Z., & Winiarski, S. (2025). Kinematics of Topspin Stroke Combinations in Table Tennis and its Inter-Individual Variability. *Journal of Sports Science and Medicine*, 24(2), 311–325. <https://doi.org/10.52082/jssm.2025.311>
- Chen, Y., Hsueh, Y.-C., & Tsai, C.-L. (2012). Switching The Horizontal Grf To The Path Of Progression In The Table Tennis Forehand Drive. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 1(1). <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/download/5366/4935>
- Ferrández, C. S., Marsan, T., Poulet, Y., Rouch, P., Thoreux, P., & Sauret, C. (2020). Physiology, biomechanics and injuries in table tennis: A systematic review. *SPIRE - Sciences Po Institutional REpository*, 36(2), 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.04.007>
- Fuchs, M., Liu, R., Lanzoni, I. M., Munivrana, G., Straub, G., Tamaki, S., Yoshida, K., Zhang, H., & Lames, M. (2018). Table tennis match analysis: a review. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2653–2662. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1450073>
- Guarnieri, A., Laurenti, F., Mazzei, S., Presta, V., & Condello, G. (2025). Assessing Cognitive–Motor Performance in Table Tennis: Validity and Reliability of the Reactive Table Tennis Test. *Applied Sciences*, 15(18), 10163–10163. <https://doi.org/10.3390/app151810163>
- Gusdernawati, A., Widiyanto, W., & Nasrulloh, A. (2021). Biomechanical analysis of topspin techniques in table tennis games. *MEDIKORA*, 20(2), 125–133. <https://doi.org/10.21831/medikora.v20i2.40891>
- He, Y., Fekete, G., Sun, D., Baker, J. S., Shao, S., & Gu, Y. (2022). Lower Limb Biomechanics during the Topspin Forehand in Table Tennis: A Systemic Review. *Bioengineering*, 9(8), 336–336. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9080336>
- He, Z., Yang, Z., Xu, J., Chen, H., Li, X., Wang, A., Yang, J., Chow, G. C.-C., & Chen, X. (2025). Real-Time Accurate Determination of Table Tennis Ball and Evaluation of Player Stroke Effectiveness with Computer Vision-Based Deep Learning. *Applied Sciences*, 15(10), 5370–5370. <https://doi.org/10.3390/app15105370>
- Iino, Y., & Kojima, T. (2011). Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. *Sports Biomechanics*, 10(4), 361–377. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.629304>
- Irawan, R., Azam, M., Rahayu, S., Setyawati, H., Soedjatmiko, S., S, A., Priyono, B., & Nugroho, A. (2023). Biomechanical Motion of the Tennis Forehand Stroke: Analyzing the Impact on the Ball Speed Using Biofor Analysis Software. *Physical Education Theory and Methodology*, 23(6), 918–924. <https://doi.org/10.17309/tmf.v.2023.6.14>
- Kidokoro, S., Inaba, Y., Yoshida, K., Yamada, K., & Ozaki, H. (2019). The influence of shoulder and torso joint mobility on three different topspin forehands in a situation accompanied by body movement in Japanese elite table tennis players. *Taiikugaku Kenkyu (Japan Journal of Physical Education Health and Sport Sciences)*, 64(1), 169–185. <https://doi.org/10.5432/jjpehss.18029>
- Kondrič, M., Zagatto, A. M., & Sekulić, D. (2023). The science of table tennis: Contemporary trends and future directions. *Sports*, 11(4), 78–92. <https://doi.org/10.3390/sports11040078>
- Li, C., & Deng, S. (2025). *Experimental study on the influence of intelligent mirror feedback System on the Acquisition of table tennis teaching skills in Colleges and universities*. 390–394. <https://doi.org/10.1145/3796028.3796087>
- Lin, K.-C., Hung, H.-C., & Chen, N. (2023). The effect of wearable technology on badminton learning performance: a multiple feedback WISER model in physical education. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00247-9>
- Malagoli, I. L., Michele, R. D., Merni, F., & Bartolomei, S. (2021). Performance indicators in elite table tennis players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3519. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073519>
- Mao, C., Liu, T., Li, X., Lu, Z., Li, Z., Xing, K., Li-xia, C., & Sun, Y. (2023). A Comparative Biomechanical Analysis of Topspin Forehand against Topspin and Backspin in Table Tennis. *Applied Sciences*, 13(14), 8119–8119. <https://doi.org/10.3390/app13148119>
- Murphy, C. P., Jackson, R. C., & Williams, A. M. (2015). Perceiving context: The key to anticipation in sport. *Loughborough University Institutional Repository (Loughborough University)*. <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/20941>
- Piras, A., Lanzoni, I. M., Raffi, M., Persiani, M., & Squatrito, S. (2016). The within-task criterion to determine successful and unsuccessful table tennis players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(4), 523–531. <https://doi.org/10.1177/1747954116655050>



- Qian, J., Zhang, Y., Baker, J. S., & Gu, Y. (2016). Effects of performance level on lower limb kinematics during table tennis forehand loop. *PubMed*, 18(3), 149–155. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27840437>
- Sanusi, K. A. M., Mitri, D. D., Limbu, B., & Klemke, R. (2021). Table Tennis Tutor: Forehand Strokes Classification Based on Multimodal Data and Neural Networks. *Sensors*, 21(9), 3121–3121. <https://doi.org/10.3390/s21093121>
- Sari, D. N., Wulandari, I. G. A. A., Hardiansyah, S., & Zulbahri, Z. (2020). *Contributions of Arm Muscle Strength Against Forehand Drive Skills for Table Tennis Athletes*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200805.034>
- Suisdareni, S., & Tomoliyus, T. (2021). The effect of drill exercise and reaction speed on the drive accuracy of beginner table tennis athletes. *Jurnal Keolahragaan*, 9(2), 231–237. <https://doi.org/10.21831/jk.v9i2.36539>
- Wang, Z., Lampert, J., Mülling, K., Schölkopf, B., & Peters, J. (2011). Learning anticipation policies for robot table tennis. 2011 *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 332–337. <https://doi.org/10.1109/iros.2011.6094892>
- Wong, D. W., Lee, W. C. C., & Lam, W. (2020). Biomechanics of Table Tennis: A Systematic Scoping Review of Playing Levels and Maneuvers. *Applied Sciences*, 10(15), 5203–5203. <https://doi.org/10.3390/app10155203>
- Wu, C., Chen, Y.-X., Hou, A. W., Chen, P., & Chou, M.-T. (2025). An AI-based posture recognition system for analyzing the impact of core muscle strength on the forehand loop against backspin in table tennis. *International Journal of Sports Science & Coaching*. <https://doi.org/10.1177/17479541251389701>
- Yang, J., Huang, J., & Ti, H. (2025). Application of AI in table tennis technique optimization based on biomechanics. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 22(3), 1300–1300. <https://doi.org/10.62617/mcb1300>
- Zagatto, A. M., Kondrič, M., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., & Sperlich, B. (2021). Energetic demand and physical conditioning in table tennis. *Frontiers in Physiology*, 12, 689–701. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.689703>
- Zagatto, A. M., Kondrič, M., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., & Sperlich, B. (2017). Energetic demand and physical conditioning of table tennis players. A study review. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 724–731. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1335957>
- Zhou, C., Lu, Y., Wang, Y., & Yang, Q. (2017). The Utilization of Different Cues in Visual Anticipation in Skilled Table Tennis Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49, 709–709. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000518882.47995.1f>