

Studi Biomekanika pada Teknik Shooting Peserta UKM Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

Minggus^{a,1,*}, Julianur^{a,2}

^a Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda 75123, Indonesia

¹ 2211102422052@umkt.ac.id *, ² jul196@umkt.ac.id

* corresponding author

ARTICLE INFO

Article history
Received 2026-01-06
Revised 2026-02-07
Accepted 2026-02-08

Keywords

Biomechanics
Futsal Shooting
Motion Analysis
Kinovea

Kata kunci

Biomekanika
Shooting Futsal
Analisis Gerak
Kinovea

ABSTRACT

Shooting is a fundamental skill in futsal that plays a crucial role in goal scoring and is influenced by biomechanical factors such as joint angles, support leg stability, and limb movement velocity. This study aimed to analyze the biomechanical characteristics of shooting techniques among players of the Futsal Student Activity Unit at Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur using a descriptive quantitative approach with two-dimensional video-based analysis and Kinovea software. The participants consisted of 15 active futsal players who performed multiple shooting trials toward the goal. The analyzed variables included the kicking knee angle and support leg angle at ball perkenaan, as well as lower limb movement velocity during the swing phase. The results showed that the average kicking knee angle was 146.6°, the support leg angle was 95.8°, and the average limb movement velocity was 0.22°/s. Overall, these values fall within ranges considered effective for shooting performance; however, inter-individual variability was observed, indicating differences in technical consistency, body stability, and energy transfer at ball perkenaan. In conclusion, the shooting technique of UMKT futsal players generally complies with basic biomechanical principles, yet improvements in joint angle consistency, support leg stability, and swing velocity are still required through more specific, biomechanics-based training programs.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Abstrak

Shooting merupakan teknik fundamental dalam futsal yang berperan penting dalam penciptaan gol dan dipengaruhi oleh faktor biomekanika seperti sudut sendi, stabilitas tungkai tumpuan, dan kecepatan gerak tungkai. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik biomekanika teknik shooting peserta UKM Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif berbasis analisis video dua dimensi dengan perangkat lunak Kinovea. Subjek penelitian terdiri dari 15 pemain aktif UKM Futsal UMKT yang melakukan beberapa percobaan shooting ke arah gawang. Variabel yang dianalisis meliputi sudut lutut kaki tendang dan sudut tungkai tumpuan pada fase perkenaan, serta kecepatan gerak tungkai selama fase ayunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata sudut lutut kaki tendang sebesar 146,6°, sudut tungkai tumpuan sebesar 95,8°, dan kecepatan gerak tungkai sebesar 0,22°/s. Secara umum, nilai-nilai tersebut berada dalam rentang yang mendukung efektivitas shooting, namun masih ditemukan variasi antar individu yang mengindikasikan perbedaan konsistensi teknik, stabilitas tubuh, dan kemampuan transfer energi saat perkenaan bola. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa teknik shooting peserta UKM Futsal UMKT telah memenuhi prinsip biomekanika dasar, tetapi masih memerlukan peningkatan pada aspek konsistensi sudut sendi, stabilitas tungkai tumpuan, dan kecepatan ayunan tungkai melalui program latihan yang lebih spesifik dan berbasis analisis biomekanika.



PENDAHULUAN

Futsal merupakan salah satu cabang olahraga permainan yang sangat populer di kalangan mahasiswa karena karakteristik permainannya yang dinamis, cepat, dan mudah diakses di lingkungan kampus (Campos et al., 2015). Permainan futsal menuntut pemain untuk memiliki penguasaan teknik dasar yang baik, seperti *passing*, *dribbling*, kontrol bola, dan *shooting*, karena keterbatasan ruang dan waktu dalam permainan mengharuskan pemain melakukan pengambilan keputusan dan eksekusi teknik secara cepat dan akurat (Naser & Ali, 2016). Di antara teknik tersebut, *shooting* menjadi teknik yang paling menentukan karena berfungsi sebagai cara utama untuk mencetak gol dan memenangkan pertandingan (Katis & Kellis, 2015). Oleh karena itu, kemampuan *shooting* yang baik sangat dibutuhkan oleh setiap pemain futsal.

Shooting dalam futsal merupakan gerakan kompleks yang melibatkan kerja sama beberapa segmen tubuh, seperti tungkai tumpu, tungkai tendang, panggul, batang tubuh, hingga pergelangan kaki. Gerakan ini tidak hanya bergantung pada kekuatan otot, tetapi juga dipengaruhi oleh koordinasi gerak, kecepatan segmen tubuh, sudut sendi, serta keseimbangan tubuh saat melakukan tendangan (Shan, 2019; Smith & Gilleard, 2016). Selain itu, urutan gerak dari bagian tubuh proksimal ke distal (dari panggul ke kaki) sangat berperan dalam menghasilkan kecepatan bola yang optimal (Augustus et al., 2024).

Beberapa penelitian biomekanika menunjukkan bahwa posisi kaki tumpu, sudut datang langkah, dan kemiringan tubuh sangat memengaruhi kecepatan serta akurasi hasil *shooting* (Bessenouci & Haceini, 2020; Peacock, 2019). Pemain dengan teknik yang baik mampu memaksimalkan transfer energi dari tubuh ke bola sehingga menghasilkan tendangan yang lebih kuat dan terarah. Selain itu, aktivasi otot-otot utama seperti quadriceps, hamstring, dan otot inti juga berperan penting dalam mendukung stabilitas dan kekuatan saat melakukan *shooting* (Cerrah, 2016; Sun, 2024).

Dalam konteks futsal, karakteristik permainan yang cepat, ruang yang sempit, serta tekanan lawan yang tinggi menuntut pemain untuk mampu melakukan *shooting* dalam waktu yang singkat dan dari berbagai posisi guna menciptakan peluang mencetak gol secara efektif (Dogramaci et al., 2011; Naser & Ali, 2016; Travassos et al., 2014). Hal ini menyebabkan teknik *shooting* dalam futsal memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan sepak bola lapangan besar. Oleh karena itu, kajian biomekanika khusus pada futsal menjadi penting untuk memahami pola gerak yang efektif dan efisien sesuai dengan tuntutan permainan (Aditya et al., 2025; Blair et al., 2020).

Peserta Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT) merupakan kelompok atlet mahasiswa yang aktif mengikuti kompetisi tingkat perguruan tinggi. Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian yang mengkaji secara khusus

bagaimana karakteristik biomekanika teknik *shooting* yang dimiliki oleh peserta UKM Futsal UMKT. Padahal, analisis biomekanika sangat diperlukan untuk mengetahui kesalahan gerak, meningkatkan efektivitas tendangan, serta mencegah risiko cedera akibat teknik yang kurang tepat (Carstensen, 2024; Penichet-Tomas, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa studi biomekanika pada teknik *shooting* sangat penting untuk dilakukan, khususnya pada atlet futsal tingkat mahasiswa. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai pola gerak, kecepatan segmen tubuh, serta faktor-faktor biomekanika yang memengaruhi hasil *shooting* peserta UKM Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif melalui analisis biomekanika berbasis video 2-dimensi dengan peralatan utama berupa satu kamera, tripod, komputer, dan perangkat lunak kinovea 2023.1.3. Pemilihan metode ini didasarkan pada bukti bahwa analisis gerak 2D mampu menghasilkan pengukuran sudut dan jarak yang reliabel bila kamera ditempatkan secara tegak lurus terhadap bidang gerak dan jarak perekaman dijaga tetap konsisten (Fernández-González et al., 2020; Puig-Diví et al., 2019). Selain itu, Kinovea telah divalidasi dan menunjukkan tingkat kesepakatan yang baik terhadap sistem motion capture 3D dalam berbagai aktivitas olahraga sehingga relevan digunakan dalam penelitian lapangan olahraga futsal yang memerlukan instrumen praktis dan ekonomis (Dao et al., 2023; Pueo et al., 2020).

Subjek penelitian ini berjumlah 15 mahasiswa Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur dengan kriteria inklusi: (1) terdaftar sebagai mahasiswa UMKT, (2) merupakan pemain aktif UKM Futsal UMKT, dan (3) pernah mengikuti kejuaraan antar kampus. Rekrutmen dilakukan menggunakan purposive sampling untuk memilih subjek yang sesuai dengan kebutuhan penelitian biomekanika *shooting*.

Pengambilan data dilakukan di lapangan futsal dengan pencahayaan normal. Kamera ditempatkan sejauh 3–5 meter dari garis aksi menendang dan diposisikan tegak lurus pada sudut 90° terhadap bidang gerak, mengikuti konfigurasi yang disarankan dalam validasi Kinovea untuk menjaga reliabilitas pengukuran sudut ekstremitas bawah (Puig-Diví et al., 2019). Setiap peserta melakukan lima kali percobaan *shooting* ke arah gawang yang telah ditentukan dari jarak 6–7 meter. Seluruh percobaan direkam menggunakan kamera yang sama untuk menghilangkan variasi antar perangkat.

Analisis data dilakukan melalui pengolahan rekaman video menggunakan perangkat lunak Kinovea 2023.1.3. Tahapan analisis diawali dengan proses kalibrasi skala berdasarkan ukuran referensi yang terdapat dalam bidang perekaman, kemudian dilanjutkan dengan penandaan titik-titik anatomi peserta, meliputi pinggul, lutut, mata kaki, dan punggung kaki. Setelah itu, peneliti menentukan fase gerakan yang dianalisis, yaitu fase ayunan belakang, fase impact, dan fase lanjutan. Konsistensi dalam

kalibrasi, jarak kamera, serta penempatan titik anatomi dijaga agar reliabilitas pengukuran tetap baik (Dao et al., 2023; Fernández-González et al., 2020).

Visualisasi pengukuran sudut lutut saat fase perkenaan, sudut tungkai tumpuan yang ditentukan berdasarkan kemiringan tungkai terhadap bidang horizontal lantai pada fase perkenaan, serta analisis kecepatan gerak tungkai yang diperoleh melalui perhitungan perpindahan titik anatomi dari satu frame ke frame berikutnya dalam selang waktu tertentu, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Visualisasi pengukuran sudut lutut saat perkenaan, sudut tungkai dan kecepatan gerak tungkai

Seluruh data hasil pengukuran sudut dan kecepatan kemudian diekspor dalam bentuk numerik, dikompilasi ke dalam spreadsheet, dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa nilai rata-rata dan standar deviasi. Untuk menjaga konsistensi dan reliabilitas proses analisis, seluruh tahapan pengolahan data dilakukan oleh satu orang analis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 15 mahasiswa pemain aktif UKM Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. Karakteristik umum subjek yang meliputi usia, tinggi badan, berat badan, dan lama latihan futsal disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Sudut Siku, Pinggul dan Kaki pada Fase Persiapan

Subjek	Usia (th)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Lama latihan (th)
1	22	167	61	3
2	19	166	50	5
3	21	168	61	3
4	21	168	50	3
5	22	172	59	3
6	19	168	65	4
7	18	168	66	5
8	19	166	67	4
9	20	172	50	4
10	20	169	59	5
11	18	168	50	5

12	22	162	71	4
13	18	172	53	2
14	22	174	57	6
15	18	161	50	5

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata usia subjek adalah 19,93 tahun dengan tinggi badan 168,07 cm, berat badan 57,93 kg, serta lama latihan futsal rata-rata 4,07 tahun, yang menunjukkan karakteristik subjek relatif homogen pada aspek antropometri, namun memiliki variasi yang cukup terlihat pada berat badan dan pengalaman latihan.

Hasil Analisis Sudut Lutut Fase Perkenaan

Hasil pengukuran sudut lutut kaki tendang saat fase perkenaan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Sudut Lutut Kaki Tendang saat fase perkenaan

Subjek	Shooting 1	Shooting 2	Shooting 3	Rata-rata	SD
1	151,2	150,4	146,8	149,5	2,34
2	143,9	153,8	141,7	146,5	6,45
3	151,3	137,5	131,3	140,0	10,24
4	142,9	136,9	139,5	139,8	3,01
5	150,0	149,6	125,0	141,5	14,32
6	168,2	162,7	157,8	162,9	5,20
7	151,9	157,2	161,5	156,9	4,81
8	149,2	146,6	151,1	149,0	2,26
9	158,8	164,6	124,3	149,2	17,95
10	151,0	156,5	147,5	151,7	4,55
11	154,2	152,1	139,0	148,4	8,35
12	131,6	131,4	141,2	134,7	5,60
13	151,5	145,4	142,5	146,5	4,59
14	146,7	149,8	137,3	144,6	6,51
15	155,3	139,2	152,3	148,9	8,56
Rata-rata				146,6	6,87

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata sudut lutut kaki tendang pada fase perkenaan untuk seluruh subjek adalah 146,6° dengan variasi antar subjek sebesar 6,87°. Rentang rata-rata sudut lutut berada pada 134,7° hingga 162,9°, di mana nilai tertinggi terdapat pada Subjek 6 dan nilai terendah terdapat pada Subjek 12. Selain itu, variabilitas dalam tiga kali percobaan juga tampak berbeda antar subjek, dengan variasi terbesar pada Subjek 9 yang menunjukkan konsistensi sudut lutut yang paling fluktuatif saat perkenaan bola.

Hasil Analisis Sudut Tungkai Tumpuan saat fase perkenaan

Hasil pengukuran sudut tungkai tumpuan saat fase perkenaan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Sudut Tungkai Tumpuan saat fase perkenaan

Subjek	Shooting 1	Shooting 2	Shooting 3	Rata-rata	SD
1	97,9	94,7	85,1	92,6	6,66
2	82,7	85,0	97,8	88,5	8,14
3	97,6	103,0	82,1	94,2	10,85
4	130,0	103,9	114,4	116,1	13,13
5	113,1	100,9	100,7	104,9	7,10
6	70,0	78,8	81,9	76,9	6,31
7	90,2	93,1	99,5	94,3	4,71
8	98,8	102,5	104,4	101,9	2,85
9	86,6	94,7	92,6	91,3	4,25
10	92,1	89,7	88,3	90,0	1,93
11	95,5	101,1	84,5	93,7	8,35
12	111,5	96,2	101,5	103,1	7,92
13	126,3	117,5	119,2	121,0	4,65
14	87,6	101,8	93,1	94,2	7,17
15	110,1	78,6	99,1	95,9	18,18
Rata-rata kelompok				95,8	13,23

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata sudut tungkai tumpuan pada fase perkenaan adalah $95,8^\circ$ dengan variasi antar subjek sebesar $13,23^\circ$. Rentang rata-rata sudut tungkai tumpuan berada pada $76,9^\circ$ hingga $121,0^\circ$, di mana Subjek 13 menunjukkan sudut tumpuan paling besar dan Subjek 6 menunjukkan sudut tumpuan paling kecil. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi strategi stabilisasi tubuh saat perkenaan, serta menunjukkan bahwa beberapa subjek cenderung menggunakan tumpuan yang lebih fleksi untuk menjaga keseimbangan, sementara subjek lain berada pada tumpuan yang lebih terbuka. Variasi percobaan yang tinggi pada Subjek 15 juga menunjukkan bahwa konsistensi tumpuan masih menjadi faktor yang dapat memengaruhi stabilitas saat perkenaan.

Hasil Analisis Kecepatan Gerak Tungkai

Kecepatan gerak tungkai selama fase ayunan menuju perkenaan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Kecepatan Gerak Tungkai

Subjek	Shooting 1 (°/s)	Shooting 2 (°/s)	Shooting 3 (°/s)	Rata-rata (°/s)	SD
1	0,21	0,20	0,17	0,19	0,02
2	0,24	0,24	0,22	0,23	0,01
3	0,19	0,24	0,22	0,22	0,03
4	0,25	0,22	0,21	0,23	0,02
5	0,21	0,22	0,21	0,21	0,01
6	0,22	0,22	0,19	0,21	0,02
7	0,20	0,23	0,23	0,22	0,02

8	0,19	0,18	0,18	0,18	0,01
9	0,26	0,24	0,23	0,24	0,02
10	0,25	0,24	0,24	0,24	0,01
11	0,18	0,21	0,20	0,20	0,02
12	0,23	0,22	0,21	0,22	0,01
13	0,22	0,21	0,20	0,21	0,01
14	0,29	0,26	0,27	0,27	0,02
15	0,17	0,18	0,18	0,18	0,01
Rata-rata kelompok				0,22	0,03

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata kecepatan gerak tungkai selama fase ayunan menuju perkenaan adalah 0,22°/s dengan variasi antar subjek sebesar 0,03. Rentang rata-rata kecepatan berada pada 0,18°/s hingga 0,27°/s, dengan nilai tertinggi pada Subjek 14 dan nilai terendah pada Subjek 15. Secara umum, variasi kecepatan dalam tiga percobaan cenderung kecil pada sebagian besar subjek, yang menunjukkan konsistensi pola ayunan cukup baik, meskipun beberapa subjek masih memperlihatkan fluktuasi yang dapat berpengaruh pada kestabilan timing saat perkenaan bola.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik biomekanika teknik *shooting* peserta UKM Futsal UMKT melalui analisis sudut lutut kaki tendang, sudut tungkai tumpuan, dan kecepatan gerak tungkai pada fase perkenaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum pola biomekanika *shooting* subjek berada dalam rentang yang dilaporkan efektif dalam literatur, namun masih memperlihatkan variasi antar individu yang cukup nyata.

Rata-rata sudut lutut kaki tendang pada fase perkenaan sebesar 146,6° mengindikasikan bahwa sebagian besar subjek melakukan ekstensi lutut yang relatif optimal saat perkenaan. Nilai ini sejalan dengan temuan Katis dan Kellis (2015) serta Shan (2019) yang menyatakan bahwa sudut lutut mendekati ekstensi penuh berkontribusi terhadap peningkatan kecepatan kaki dan transfer momentum ke bola. Namun, variasi sudut yang cukup besar pada beberapa subjek, khususnya yang memiliki standar deviasi tinggi, menunjukkan adanya inkonsistensi teknik yang berpotensi menurunkan efisiensi tendangan. Inkonsistensi ini dapat dikaitkan dengan kontrol neuromuskular dan pengalaman teknik individu, sebagaimana dilaporkan oleh Smith dan Gilleard (2016).

Pada sudut tungkai tumpuan, rata-rata kelompok sebesar 95,8° menunjukkan bahwa mayoritas subjek menggunakan posisi tumpuan yang cukup fleksi untuk menjaga keseimbangan saat perkenaan. Temuan ini mendukung penelitian Bessenouci dan Haceini (2020) yang menegaskan bahwa fleksi moderat pada tungkai tumpuan berperan penting dalam stabilitas tubuh dan akurasi *shooting*. Namun demikian, rentang sudut yang cukup lebar (76,9°–121,0°) mencerminkan perbedaan strategi stabilisasi antar pemain. Variasi ini mengindikasikan bahwa belum semua subjek mampu mengoptimalkan posisi tumpuan secara konsisten, padahal stabilitas tumpuan sangat menentukan kualitas transfer energi dari

tubuh ke bola (Cerrah, 2016; Sun, 2024).

Kecepatan gerak tungkai rata-rata sebesar $0,22^\circ/s$ menunjukkan bahwa secara umum subjek mampu menghasilkan ayunan tungkai yang relatif konsisten. Konsistensi ini penting dalam futsal yang menuntut eksekusi *shooting* cepat di ruang sempit (Dogramaci et al., 2011; Travassos et al., 2014). Subjek dengan kecepatan tungkai lebih tinggi cenderung memiliki potensi menghasilkan tendangan yang lebih kuat, sejalan dengan prinsip urutan gerak proksimal–distal yang dijelaskan oleh Augustus et al. (2024). Sebaliknya, subjek dengan kecepatan lebih rendah berpotensi mengalami keterbatasan dalam menghasilkan daya tendang maksimal, terutama dalam situasi permainan bertekanan tinggi.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa efektivitas *shooting* futsal tidak ditentukan oleh satu variabel biomekanika saja, melainkan oleh interaksi antara sudut sendi, stabilitas tumpuan, dan kecepatan segmen tubuh. Variasi yang masih cukup besar antar subjek menunjukkan bahwa meskipun para pemain telah memiliki pengalaman latihan yang relatif seragam, kualitas teknik *shooting* belum sepenuhnya terstandarisasi. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan latihan berbasis biomekanika untuk meningkatkan efisiensi gerak dan konsistensi performa, sebagaimana direkomendasikan oleh Blair et al. (2020) dan Aditya et al. (2025).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis biomekanika teknik *shooting* peserta UKM Futsal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, dapat disimpulkan bahwa karakteristik *shooting* pemain secara umum telah sesuai dengan prinsip biomekanika dasar, ditunjukkan oleh sudut lutut kaki tendang yang mendekati ekstensi optimal, sudut tungkai tumpuan yang mampu mendukung stabilitas tubuh, serta kecepatan gerak tungkai yang relatif konsisten saat fase perkenaan. Namun demikian, masih ditemukan variasi antar individu pada ketiga variabel tersebut yang mengindikasikan adanya perbedaan kualitas teknik dan konsistensi gerak antar pemain. Variasi sudut sendi dan posisi tumpuan berpotensi memengaruhi efektivitas transfer energi dan kestabilan saat perkenaan, sementara perbedaan kecepatan ayunan tungkai dapat berdampak pada kemampuan menghasilkan daya tendang yang maksimal. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas *shooting* futsal tidak hanya ditentukan oleh satu aspek biomekanika, melainkan oleh keterpaduan sudut sendi, stabilitas tumpuan, dan kecepatan segmen tubuh, sehingga diperlukan program latihan yang lebih spesifik dan berbasis analisis biomekanika untuk meningkatkan konsistensi teknik, efektivitas *shooting*, dan performa pemain secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., Setyawati, H., Sulaiman, S., & Hidayah, T. (2025). Biomechanical analysis approach to kick accuracy in futsal athletes. *Retos*, 67, 1120–1130. <https://doi.org/10.47197/retos.v67.112878>
- Augustus, S., Hudson, P. E., & Smith, N. (2024). Multiplanar lumbar, pelvis and kick leg sequencing during soccer instep kicking from different approach angles. *Journal of Biomechanics*, 163, 111920. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111920>

- Bessenouci, H., & Haceini, A. (2020). Analysis of some biomechanical variables influencing the accuracy of direct free kicks in soccer. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 22. <https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1714936>
- Blair, S., Robertson, S., Duthie, G., & Ball, K. (2020). Biomechanics of accurate and inaccurate goal-kicking in Australian football. *PLOS ONE*, 15(11), e0241969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241969>
- Campos, F. A. D., Pellegrinotti, Í. L., Pasquarelli, N. B., Rabelo, N. F., SantaCruz, R. A. R., & Gómez, M.-Á. (2015). Effects of game-location and quality of opposition in futsal league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 598–607. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868817>
- Carstensen, J. B. (2024). The effect of fatiguing muscle contractions on kicking performance and shot speed. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2024.2433084>
- Cerrah, A. O. (2016). The effect of kick type on the relationship between kicking leg muscle activation and ball velocity. *Journal of Sports Science & Medicine*. <https://doi.org/10.52082/jssm.2016.2255>
- Dao, T., Smith, N., & Hudson, P. (2023). Validation of 2D video analysis with Kinovea against 3D motion capture in sports movements. *Sports Biomechanics*.
- Dogramaci, S. N., Watsford, M. L., & Murphy, A. J. (2011). Time-Motion Analysis of International and National Level Futsal. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 646–651. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c6a02e>
- Fernández-González, P., Koutsou, A., & Cuesta-Gómez, A. (2020). Reliability of Kinovea software for the analysis of lower limb kinematics. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*.
- Katis, A., & Kellis, E. (2015). Age and gender differences in kinematics of powerful instep kicks in soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2015.1056221>
- Naser, N., & Ali, A. (2016). A descriptive-comparative study of performance characteristics in futsal players of different levels. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1707–1715. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1134806>
- Peacock, J. C. A. (2019). Strategies to improve impact efficiency in football kicking. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1452970>
- Penichet-Tomas, A. (2024). Applied Biomechanics in Sports Performance, Injury Prevention, and Rehabilitation. *Applied Sciences*, 14(24), 11623. <https://doi.org/10.3390/app142411623>
- Pueo, B., Jiménez-Olmedo, J. M., & Penichet-Tomás, A. (2020). Accuracy of the Kinovea® software for match analysis in sports. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s20082356>
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., & Padullés-Riu, J. M. (2019). Validity and reliability of the Kinovea® program in obtaining angles and distances using coordinates in 2D. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689222>

- Shan, G. (2019). Biomechanics of coaching maximal instep soccer kick for practitioners. *Interdisciplinary Science Reviews*. <https://doi.org/10.1080/03080188.2018.1534359>
- Smith, T., & Gilleard, W. (2016). Three-dimensional analysis of a lofted instep kick by male and female footballers. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.992477>
- Sun, J. (2024). Lower limb electromyographic characteristics in soccer instep kicking. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*.
- Travassos, B., Vilar, L., Araújo, D., & McGarry, T. (2014). Tactical performance changes with equal vs unequal numbers of players in small-sided football games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 594–605. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868745>