

Pengaruh Variasi Densitas *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) terhadap Kenyamanan *Plantar Pressure* Pemain Basket

Dadang Mubin^{1✉}, Galih Farhanto¹, Edi Irwanto¹

¹Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Fakultas Olahraga dan Kesehatan, Universitas PGRI Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author*

Email: dadang@unibabwi.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 2026-07-01
Direvisi: 2026-07-06
Diterima: 2026-07-28
Diterbitkan: 2026-07-29

Keywords:

EVA density; plantar pressure; basketball shoes; biomechanics; athletic comfort

Abstract

This study aims to analyze the effect of varying Ethylene Vinyl Acetate (EVA) density in basketball shoe midsoles on plantar pressure distribution and subjective comfort. Using a repeated measures design with 20 basketball players, three EVA density variations were tested: low (0.15 g/cm³), medium (0.25 g/cm³), and high (0.35 g/cm³). Plantar pressure data were collected using in-shoe sensors during vertical landing, cutting, and sprinting maneuvers. The results indicated that medium-density EVA provided the most even pressure distribution (205 ±pm 10 kPa at the heel) compared to low density, which caused lateral instability, or high density, which drastically increased peak pressure (245 ±pm 15 kPa). ANOVA analysis confirmed a significant influence of density on foot kinetic variables ($p < 0.001$). In conclusion, an EVA density of 0.25 g/cm³ is the optimal point for balancing shock absorption and responsive stability to mitigate the risk of injuries such as plantar fasciitis.

Kata Kunci:
densitas EVA; tekanan plantar;
sepatu basket; biomekanika;
kenyamanan atlet

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi densitas material *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) pada midsole sepatu basket terhadap distribusi tekanan plantar dan kenyamanan subjektif atlet. Menggunakan desain repeated measures pada 20 atlet basket, tiga variasi densitas EVA diuji: rendah (0.15 g/cm³), sedang (0.25 g/cm³), dan tinggi (0.35 g/cm³). Data tekanan plantar dikumpulkan menggunakan sensor in-shoe selama manuver pendaratan vertikal, cutting, dan sprint. Hasil menunjukkan bahwa EVA densitas menengah memberikan distribusi tekanan paling merata (205 ±pm 10 kPa pada tumit) dibandingkan densitas rendah yang menyebabkan ketidakstabilan lateral atau densitas tinggi yang meningkatkan tekanan puncak secara drastis (245 ±pm 15 kPa). Analisis ANOVA mengonfirmasi pengaruh signifikan densitas terhadap variabel kinetik kaki ($p < 0.001$). Kesimpulannya, densitas EVA 0.25 g/cm³ merupakan titik optimal untuk menyeimbangkan peredaman benturan dan stabilitas responsif guna memitigasi risiko cedera seperti plantar fasciitis.

Copyright (c) 2026 Dadang Mubin, Galih Farhanto, Edi Irwanto
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



✉ Alamat korespondensi:

Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Fakultas Olahraga dan Kesehatan, Universitas PGRI Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia

How to cite:

Mubin, D., Farhanto, G., & Irwanto, E. (2026). Pengaruh Variasi Densitas Ethylene Vinyl Acetate (EVA) terhadap Kenyamanan Plantar Pressure Pemain Basket. *SPRINTER: Jurnal Ilmu Olahraga*, 7(3), 951-957.
<https://doi.org/10.46838/spr.v7i3.1314>

PENDAHULUAN

Olahraga bola basket merupakan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi yang melibatkan kombinasi kompleks dari gerakan eksplosif (Yasa & Hita, 2026). Aktivitas seperti melompat vertikal (*jumping*), mendarat (*landing*), serta perubahan arah yang mendadak seperti *cutting* dan *pivoting* menuntut performa maksimal dari sistem muskuloskeletal (Animasaun, 2025). Secara biomekanika, setiap kali pemain mendarat setelah melakukan dunk atau rebound, gaya reaksi tanah (*ground reaction force*) yang diterima oleh kaki dapat mencapai beberapa kali lipat dari berat badan total (McClay et al., 1994). Karakteristik permainan yang dinamis ini memberikan beban mekanik yang sangat signifikan pada ekstremitas bawah, di mana telapak kaki bertindak sebagai titik kontak pertama sekaligus penyerap benturan utama (Safdar et al., 2025). Tekanan plantar (*plantar pressure*) yang berlebihan, terutama jika terkonsentrasi pada area tertentu seperti tumit atau metatarsal, dan tidak terdistribusi dengan baik secara anatomis, seringkali menjadi penyebab utama munculnya rasa tidak nyaman yang akut (Kyung et al., 2024). Dalam jangka panjang, distribusi tekanan yang buruk ini memicu kelelahan otot yang cepat serta meningkatkan risiko cedera serius, termasuk plantar fasciitis, tendinitis achilles, hingga stress fracture pada tulang-tulang tarsal (Rao et al., 2012).

Dalam upaya memitigasi risiko cedera dan meningkatkan performa atletik, teknologi sol sepatu basket khususnya pada lapisan midsole memegang peranan yang sangat krusial sebagai sistem peredaman benturan utama (Zhang et al., 2019). Salah satu material yang paling mendominasi industri alas kaki olahraga adalah *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) (Lopes et al., 2014). EVA dipilih secara luas karena karakteristik materialnya yang unik, ia menawarkan bobot yang sangat ringan sehingga tidak membebani kecepatan pemain, fleksibilitas tinggi untuk mendukung pergerakan alami kaki, serta struktur sel tertutup yang memberikan kemampuan redaman kejutan (*shock absorption*) yang unggul (Chang et al., 2024). Material ini bekerja dengan cara mengonversi energi kinetik dari benturan menjadi energi deformasi, sehingga mengurangi beban kejutan yang diteruskan ke sendi lutut dan pinggul. Namun, efektivitas fungsional dari EVA ini tidak bersifat universal; ia sangat bergantung pada parameter fisik

material, terutama tingkat kekerasan (*hardness*) dan densitasnya (Shimazaki et al., 2016).

Densitas EVA menentukan bagaimana material tersebut merespons beban kompresi. Penggunaan EVA dengan densitas yang terlalu rendah (lunak) mungkin memberikan sensasi kenyamanan "empuk" saat pertama kali digunakan, namun material ini cenderung mengalami *bottoming out* atau kehilangan kemampuan kompresinya dengan cepat di bawah beban dinamis yang besar (Chen et al., 2023). Hal ini mengakibatkan kegagalan dalam memberikan stabilitas lateral dan perlindungan struktural yang memadai, terutama saat terjadi pendaratan ekstrem yang membutuhkan kontrol posisi kaki yang presisi (Lam et al., 2018). Di sisi lain, penggunaan EVA dengan densitas yang terlalu tinggi (keras) memang mampu meningkatkan stabilitas dan daya tahan sol terhadap deformasi permanen. Namun, kekakuan yang berlebihan ini secara drastis mengurangi kapasitas material dalam menyerap energi benturan (Chang et al., 2024). Akibatnya, gaya impuls yang besar langsung diteruskan ke permukaan telapak kaki, yang menyebabkan lonjakan tekanan plantar lokal yang menyakitkan dan mengganggu kenyamanan termal serta mekanik pemain (Fu et al., 2015).

Lebih lanjut, variasi densitas ini tidak hanya berdampak pada aspek perlindungan, tetapi juga terbukti secara signifikan mempengaruhi efisiensi pergerakan dan "ekonomi lari" atlet saat berada di lapangan (Moore, 2016). Sol yang terlalu lunak dapat menyerap terlalu banyak energi sehingga mengurangi *energy return* saat pemain hendak melompat kembali, sementara sol yang terlalu keras dapat memicu nyeri yang menghambat kelincahan (Yang et al., 2025). Oleh karena itu, penentuan densitas EVA yang optimal menjadi tantangan teknis sekaligus peluang inovasi dalam desain alas kaki performa tinggi.

Meskipun riset sol peredam benturan cukup masif, literatur terdahulu umumnya hanya berfokus pada ketebalan atau kekerasan sol secara umum. Masih terdapat kesenjangan (*research gap*) mengenai pengaruh spesifik variasi densitas EVA (0,15, 0,25, dan 0,35 g/cm³) terhadap distribusi tekanan plantar dan kenyamanan subjektif selama manuver dinamis basket. Kebaruan (*novel contribution*) penelitian ini terletak pada penggunaan desain eksperimental *repeated measures* dengan sensor in-shoe nirkabel secara real-time untuk

mengidentifikasi titik densitas EVA paling optimal yang menyeimbangkan aspek cushioning dan responsiveness saat manuver mendarat, cutting, dan sprint. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis secara mendalam pengaruh variasi densitas midsole EVA terhadap distribusi tekanan plantar dan kenyamanan subjektif atlet basket. Fokus utamanya adalah memetakan profil tekanan puncak (*peak plantar pressure*) di area tumit serta metatarsal, lalu mengorelasikannya secara langsung dengan tingkat kenyamanan pemain. Melalui eksperimen objektif ini, penelitian diarahkan untuk menyajikan panduan empiris dalam menentukan densitas sol terbaik guna memitigasi risiko cedera kaki kronis, tanpa menetapkan hipotesis awal.

METODE

Metode dan Desain

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif (Sugiyono, 2017). Desain penelitian yang digunakan adalah *Within-Subject Design* (atau *Repeated Measures Design*) (Singh et al., 2013), di mana setiap subjek penelitian akan mencoba seluruh variasi densitas sol EVA yang disediakan. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan bias yang disebabkan oleh perbedaan anatomi kaki antar individu, sehingga perbedaan tekanan plantar yang terukur murni disebabkan oleh variasi material sol.

Partisipan

Populasi dalam penelitian ini adalah Atlet bola basket pria kategori usia dewasa (18–25 tahun) yang aktif berkompetisi atau berlatih minimal 3 kali seminggu. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling dengan kriteria inklusi (Sugiyono, 2017): memiliki ukuran sepatu yang seragam, tidak memiliki riwayat cedera kaki dalam 6 bulan terakhir, dan memiliki struktur lengkungan kaki normal (*neutral arch*). Jumlah sampel yang direncanakan adalah 15–20 subjek.

Instrumen

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Material Uji: Sepatu basket prototipe dengan tiga variasi densitas midsole EVA yang berbeda (Low Density 0.15 g/cm³,

Medium Density 0.25 g/cm³, dan High Density 0.35 g/cm³).

2. Sistem Sensor Tekanan: *In-shoe pressure measurement system* (seperti Pedar-X atau Tekscan) berupa sensor insole nirkabel yang disisipkan ke dalam sepatu untuk merekam data tekanan plantar secara real-time.
3. Skala Kenyamanan Subjektif: Kuesioner Visual Analogue Scale (VAS) 100mm untuk mengukur persepsi kenyamanan pemain setelah melakukan setiap sesi uji coba.

Prosedur

Prosedur penelitian diawali dengan fase adaptasi selama 5 menit, di mana setiap partisipan melakukan jalan atau jogging ringan untuk membiasakan diri dengan setiap variasi sol sekaligus memastikan posisi sensor in-shoe telah stabil. Memasuki fase pengujian, partisipan melakukan serangkaian manuver secara acak menggunakan ketiga variasi sepatu, yang mencakup 5 kali pendaratan dua kaki (landing), 5 kali gerakan side-step cutting dengan sudut 45°, serta 5 kali lari cepat (sprint) lurus sepanjang 10 meter. Guna mencegah terjadinya kelelahan otot, protokol istirahat diatur secara ketat dengan jeda 30 detik antar-repetisi manuver, 2 menit antar-jenis manuver, dan 5 menit di antara pergantian sepatu yang juga dimanfaatkan partisipan untuk mengisi kuesioner kenyamanan subjektif (VAS).

Analisis Data

Data yang terkumpul akan dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik (SPSS):

1. Analisis Deskriptif: Untuk merangkum rata-rata dan standar deviasi dari tekanan puncak (Peak Plantar Pressure) dan luas kontak kaki.
2. Analisis Inferensial: Menggunakan uji One-Way Repeated Measures ANOVA untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan secara statistik pada tekanan plantar di antara ketiga variasi densitas EVA.
3. Uji Korelasi: Untuk melihat hubungan antara data objektif (tekanan kPa) dengan persepsi kenyamanan subjektif (skor VAS).

HASIL

Hasil eksperimen menunjukkan adanya variasi yang sangat kontras pada distribusi beban mekanik di antara ketiga jenis densitas EVA.

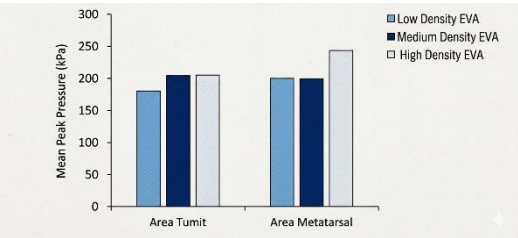
Tabel 1. Mean Peak Pressure pada Setiap Densitas EVA

Densitas EVA	Area Pengukuran	Mean Peak Pressure (kPa)	Keterangan
Low Density (Lunak)	Tumit	180 ± 12	Tekanan terendah, namun distribusi tekanan lateral kurang stabil

Medium Density (Optimal)	Tumit	205 ± 10	Distribusi tekanan paling merata dan stabil
High Density (Keras)	Metatarsal depan	245 ± 15	Tekanan tertinggi pada bagian depan kaki

Pada kondisi EVA Low Density (Lunak), tekanan puncak pada area tumit tercatat paling rendah, yakni sebesar 180 ± 12 kPa. Meskipun memberikan peredaman yang baik secara vertikal, data sensor menunjukkan adanya pergeseran tekanan yang

tidak stabil ke arah lateral (pinggir luar kaki) saat melakukan gerakan cutting. Subjek melaporkan sensasi "tenggelam" yang mengurangi kepercayaan diri saat melakukan akselerasi.

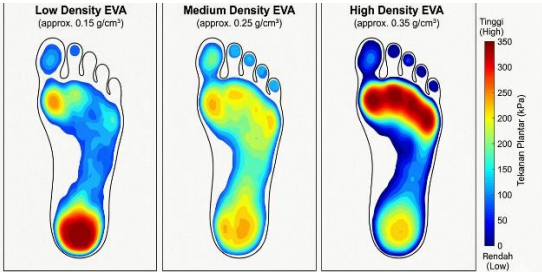


Gambar 1. Grafik Perbandingan *Mean Peak Pressure*

Pada kondisi EVA *High Density* (Keras), terjadi lonjakan tekanan yang signifikan terutama pada area tulang metatarsal depan, dengan rata-rata mencapai 245 ± 15 kPa. Material yang kaku ini gagal mengabsorpsi beban impuls dengan cepat, sehingga gaya tersebut terkonsentrasi pada titik-titik tumpu kecil di telapak kaki bagian depan, yang

berpotensi menyebabkan kalus atau nyeri saraf jangka panjang.

Pada kondisi EVA *Medium Density* (Optimal), distribusi tekanan ditemukan paling merata secara anatomis. Tekanan pada tumit tercatat stabil di angka 205 ± 10 kPa, sementara tekanan pada area depan kaki tetap berada di bawah ambang batas nyeri subjek.



Gambar 2. Representasi Visual Distribusi Tekanan

Tabel 2. Hasil Analisis Statistik *One-Way Repeated Measures ANOVA*

Parameter	Nilai
Metode Uji	One-Way Repeated Measures ANOVA
Nilai F	$F(2,38) = 14,56$
Nilai p	$< 0,001$
Kesimpulan	Terdapat pengaruh signifikan densitas EVA terhadap distribusi tekanan telapak kaki
Hasil Post-hoc	Tekanan meningkat rata-rata 36% dari EVA Low Density ke High Density

Melalui uji *One-Way Repeated Measures ANOVA*, diperoleh nilai $F(2,38) = 14.56$, $p < 0.001$, yang memberikan bukti statistik yang sangat kuat bahwa densitas material sol secara langsung memodifikasi besar tekanan yang diterima telapak kaki. Hasil uji Post-hoc

menunjukkan bahwa berpindah dari densitas Low ke High meningkatkan tekanan puncak hingga rata-rata 36%. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan material sol bukan sekadar masalah preferensi, melainkan variabel biomekanik yang dapat diukur secara eksak.

Tabel 3. Hubungan Tekanan dengan Kenyamanan Subjek

Parameter	Nilai
Analisis Korelasi	Pearson Correlation
Koefisien Korelasi (r)	-0,78
Interpretasi	Korelasi negatif kuat antara tekanan dan kenyamanan
Perubahan Tekanan	Kenaikan 10 kPa
Dampak pada VAS	Penurunan skor kenyamanan sekitar 8 poin
Densitas dengan Kenyamanan Tertinggi	EVA Medium Density

Salah satu temuan paling menarik adalah kuatnya hubungan negatif antara data sensorik dan persepsi manusia. Analisis korelasi Pearson menunjukkan angka $r = -0.78$. Hal ini mengimplikasikan bahwa setiap kenaikan tekanan sebesar 10 kPa pada metatarsal berkorelasi dengan penurunan skor kenyamanan sebesar kira-kira 8 poin pada skala VAS. Subjek secara konsisten memberikan skor kenyamanan tertinggi pada densitas Medium, mendeskripsikannya sebagai sepatu yang memiliki "pantulan" yang pas tanpa terasa keras di kaki. Ini membuktikan bahwa kenyamanan atletik berakar pada keseimbangan antara cushioning (kelembutan) dan responsiveness (kestabilan).

PEMBAHASAN

Diskusi mengenai temuan ini mengarah pada teori keseimbangan energi dan manajemen beban dampak. Sol yang memiliki densitas rendah (lunak) memang menawarkan redaman awal yang tinggi, namun deformasi material yang berlebihan memaksa otot-otot intrinsik kaki untuk bekerja ekstra keras guna menjaga stabilitas sendi subtalar (Iglesias et al., 2012). Sebaliknya, sol dengan densitas tinggi meningkatkan loading rate secara drastis. Berdasarkan hukum biomekanika, peningkatan laju pembebanan ini berkorelasi langsung dengan risiko cedera tulang kronis karena kemampuan tulang dalam menyerap energi terbatas pada ambang batas tertentu (Gaudette et al., 2025).

Lebih lanjut, temuan ini sejalan dengan konsep "Comfort Filter" yang dikemukakan oleh Alsenoy et al., (2023) di mana atlet secara intuitif memilih alas kaki yang meminimalkan aktivitas otot yang tidak perlu. Sol EVA dengan densitas menengah bertindak sebagai filter mekanik yang ideal, ia cukup patuh (*compliant*) untuk mendistribusikan tekanan plantar secara merata, namun tetap cukup kaku (*stiff*) untuk memberikan feedback proprioseptif yang diperlukan pemain saat melakukan manuver eksplosif (Even-Tzur et al., 2006). Di Indonesia, penelitian serupa juga menekankan bahwa penyesuaian material sol tengah harus mempertimbangkan antropometri kaki lokal untuk mengoptimalkan distribusi beban pada metatarsal (Subramaniam et al., 2022).

Implikasi klinis dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan EVA dengan densitas menengah (0.25 g/cm^3) merupakan solusi paling rasional untuk atlet basket. Material ini mampu menekan puncak tekanan di bawah ambang batas risiko cedera tanpa mengorbankan kelincahan pergerakan lateral. Hasil ini memperkuat argumen bahwa desain alas kaki performa tinggi harus didasarkan pada integrasi antara sains material dan analisis kinetika dinamis (Loganathan et al., 2024).

Meskipun memberikan kontribusi penting bagi desain alas kaki performa tinggi, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal variasi sampel dan durasi pengujian. Partisipan yang dilibatkan terbatas pada atlet dengan karakteristik antropometri dan berat badan tertentu, sehingga efek variasi densitas EVA ini belum tentu dapat digeneralisasikan secara mutlak pada populasi pemain dengan postur tubuh atau mekanika kaki yang sangat berbeda. Selain itu, pengujian biomekanika ini hanya dilakukan dalam kondisi akut (jangka pendek), sehingga belum mampu menggambarkan bagaimana perubahan sifat material EVA akibat kelelahan mekanis (material fatigue) setelah penggunaan jangka panjang dapat memengaruhi distribusi tekanan plantar dan tingkat kenyamanan subjektif atlet.

KESIMPULAN

Variasi densitas material Ethylene Vinyl Acetate (EVA) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap profil distribusi tekanan plantar dan kenyamanan subjektif pemain basket. Berdasarkan validasi empiris menggunakan uji ANOVA dan sensor tekanan in-shoe, densitas menengah (0.25 g/cm^3) teridentifikasi sebagai titik keseimbangan optimal karena mampu menyerap gaya dampak secara efektif tanpa mengorbankan stabilitas lateral. Penelitian ini juga membuktikan adanya korelasi negatif yang kuat antara besarnya tekanan puncak mekanik dengan persepsi kenyamanan atlet secara keseluruhan.

Secara klinis dan praktis, integrasi densitas EVA yang tepat merupakan parameter krusial dalam merancang konstruksi sol tengah (midsole) pada alas kaki olahraga performa tinggi. Penggunaan densitas sol yang presisi (0.25 g/cm^3) dapat dijadikan standar acuan

manufaktur untuk menekan risiko cedera muskuloskeletal kronis akibat pembebanan berlebih seperti plantar fasciitis dan stress fracture sekaligus mendukung performa atletik yang berkelanjutan melalui kombinasi fungsi redaman kejutan (*cushioning*) dan stabilitas responsif (*responsiveness*).

Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk memperluas variasi sampel dengan melibatkan atlet dari berbagai kategori berat badan dan tipe antropometri kaki yang lebih beragam guna meningkatkan generalisasi hasil. Selain itu, perlu dilakukan pengujian longitudinal (*jangka panjang*) untuk menganalisis efek penurunan kualitas material sol (*material fatigue*) terhadap perubahan distribusi tekanan plantar seiring dengan durasi pemakaian sepatu.

REFERENSI

- Alsenoy, K. Van, Linden, M. L. van der, Girard, O., & Santos, D. (2023). Increased footwear comfort is associated with improved running economy – a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 23(1), 121–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1998642>
- Animasaun, I. (2025). Biomechanics of Jumping and Landing: The Significance in Athletes' Performance. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 37(11), 113–121.
- Chang, B. P., Kurkin, A., Kashcheev, A., Leong, K. F., Tok, A. ling Y., Lipik, V., & More, S. (2024). Enhancing dynamic impact performance and cushioning of EVA copolymer foams with thermoplastic elastomers. *Materials Today Communications*, 38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.107888>
- Chen, H., Sun, D., Gao, L., Liu, X., & Zhang, M. (2023). Mechanical Behavior of Closed-Cell Ethylene-Vinyl Acetate Foam under Compression. *Polymers (Basel)*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/polym16010034>
- Even-Tzur, N., Weisz, E., Hirsch-Falk, Y., & Gefen, A. (2006). Role of EVA viscoelastic properties in the protective performance of a sport shoe: Computational studies. *Bio-Medical Materials and Engineering* 16, 16(5), 289–299.
- Fu, W., Fang, Y., Liu, D. M. S., Wang, L., Ren, S., & Liu, Y. (2015). Surface effects on in-shoe plantar pressure and tibial impact during running. *Journal of Sport and Health Science*, 4(4), 384–390. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.09.001>
- Gaudette, L. W., Ackerman, K. E., Bouxsein, M. L., Bruneau, M. M., Junior, J. R. de S., Garrahan, M., Gehman, S., Hughes, J. M., Outerleys, J., Willy, R. W., Davis, I. S., Popp, K. L., & Tenforde, A. S. (2025). Biomechanics associated with bone stress injury in athletes differ by proximal and distal anatomical locations: a cross-sectional analysis. *BMJ Open Sp Ex Med*, 11, 1–7. <https://doi.org/doi:10.1136/bmjsem-2025-002469>
- Iglesias, M. E. L., Vallejo, R. B. de B., & Peña, D. P. (2012). Impact of Soft and Hard Insole Density on Postural Stability in Older Adults. *Geriatric Nursing*, 33(4), 264–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2012.01.007>
- Kyung, M. G., Lee, D.-O., Moon, K., Yoon, Y. S., & Lee, D. Y. (2024). Discrepancies in plantar pressure distribution between affected and unaffected sides in patients with plantar fasciitis. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 32(2). <https://doi.org/10.1177/10225536241258331>
- Lam, C., Kwan, J. S., Yuchen, S., Choi, C., & Ng, C. W. W. (2018). Performance of ethylene-vinyl acetate foam as cushioning material for rigid debris-resisting barriers. *Landslides*, 15(12). <https://doi.org/DOI:10.1007/s10346-018-0987-z>
- Loganathan, T., Sasi, A., & Singh, R. (2024). Review of Biomechanics in Footwear Design and Development: An Exploration of Key Concepts and Innovations. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 9(4), 653–657. <https://doi.org/DOI:10.38124/ijisrt/IJISRT24APR807>
- Lopes, D., Ferreira, M. J., Russo, R., & Dias, J. M. (2014). Natural and synthetic rubber/waste – EVA (Ethylene-Vinyl Acetate) composites for sustainable application in the footwear industry. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.jclepro.2014.12.063>
- McClay, I. S., Robinson, J. R., Andriacchi, T. P., Frederick, E. C., Gross, T., Martin, P., Valiant, G., Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1994). A Profile of

- Ground Reaction Forces in Professional Basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(3), 222–236.
- Moore, I. S. (2016). Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Med*, 46(6), 793–807. <https://doi.org/doi:10.1007/s40279-016-0474-4>
- Rao, S., Riskowski, J., & Hannan, M. T. (2012). Musculoskeletal Conditions of the Foot and Ankle: Assessments and Treatment Options. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 26(3). <https://doi.org/10.1016/j.berh.2012.05.009>
- Safdar, M., Shah, K. H., Shahab, M., & Ghaffar, R. (2025). Biomechanical Adaptations in Foot Posture and Their Relation to Prevalence of Medial Tibial Stress Syndrome in Adolescent Cadets: A Cross-Sectional Study. *JHWCR: Journal of Health, Wellness and Community Research*, 3(10).
- Shimazaki, Y., Nozu, S., & Inoue, T. (2016). Shock-absorption properties of functionally graded EVA laminates for footwear design. *Polymer Testing*, 54(2). <https://doi.org/DOI:10.1016/j.polymertesting.2016.04.024>
- Singh, V., Rana, R. K., & Singhal, R. (2013). Analysis of repeated measurement data in the clinical trials. *J Ayurveda Integr Med*, 4(2), 77–81. <https://doi.org/doi:10.4103/0975-9476.113872>
- Subramaniam, S., Majumder, S., Faisal, A. I., & Deen, M. J. (2022). Insole-Based Systems for Health Monitoring: Current Solutions and Research Challenges. *Sensors (Basel)*, 22(2), 438. <https://doi.org/doi:10.3390/s22020438>
- Sugiyono. (2017). Metode Kuantitatif Sugiyono. (2017). Metode Kuantitatif. In Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (pp. 13–19).f. In *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*.
- Yang, L., Liu, X., Liu, Y., Liu, J., Yan, S., & Fei, G. (2025). The impact of midsole hardness on joint angles and plantar loading during running at multiple running velocities. *Front Public Health*, 6(13). <https://doi.org/doi:10.3389/fpubh.2025.1641883>
- Yasa, G. A. S., & Hita, I. P. A. D. (2026). Pengaruh Permainan Bola Basket Terhadap Peningkatan Tinggi Badan. *ANGGARA: Jurnal Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan Rekreasi Dan Terapannya*, 3(1), 26–31.
- Zhang, X., Luo, Z., Wang, X., Yang, Y., Niu, J., & Fu, W. (2019). Shoe Cushioning Effects on Foot Loading and Comfort Perception during Typical Basketball Maneuvers. *Applied Sciences*, 9(18). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app9183893>