

MEMETAKAN LANSKAP BIOMEKANIK PENGGUNAAN *SMARTPHONE* MELALUI KEMAJUAN TEKNOLOGI SENSOR UNTUK PENILAIAN POSTUR

*Angga Yuda Sakti¹, Liza Dwi Eftiza Khairunniza², Aditia Ayu Rahma Nabila³, Aqfi Nur Firdaus⁴, Fahri Anwar⁵

¹Fakultas Teknik, Universitas Trunodjoyo Madura

²Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Makassar

³Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji

⁴Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

⁵Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

*e-mail: angga.yudasakti@trunodjoyo.ac.id

Abstrak

Peningkatan penggunaan *smartphone* secara global telah mengubah perilaku manusia dalam beraktivitas. Literatur yang ada saat ini masih menunjukkan kesenjangan yang signifikan berupa variasi strategi penempatan sensor dan ketidakkonsistenan dampak biomekanika yang dianalisis. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan dan mensintesis secara kritis mengenai teknologi berbasis sensor digunakan untuk mengukur paparan biomekanika selama penggunaan *smartphone* dalam berbagai aktivitas statis dan dinamis. Metode yang digunakan *Systematic Literature Review* mengikuti protokol PRISMA 2020, data dikumpulkan melalui database Scopus dengan batasan waktu antara tahun 2020-2025, sumber literatur mencakup artikel jurnal internasional bereputasi seperti Elsevier, Springer, Taylor & Francis. Berdasarkan analisis tersebut, teknologi berbasis sensor, khususnya unit Pengukuran Inersia (IMU) yang terintegrasi dengan *smartphone* merupakan alat paling populer untuk menilai biomekanika postural saat menggunakan *smartphone*. Penggunaan *smartphone* yang konsisten dikaitkan dengan perubahan postural seperti peningkatan fleksibilitas menundukkan kepala, punggung yang bungkuk, serta beban neuromuskular yang lebih tinggi pada area leher dan bahu. Dampak biomekanika menjadi lebih kompleks dalam konteks aktivitas dinamis seperti penurunan stabilitas postural dan gaya berjalan, peningkatan variabilitas gerak, dan munculnya strategi kompensasi pada batang tubuh. Penelitian masa depan harus berfokus pada integrasi kecerdasan buatan (*Machine Learning*) untuk memprediksi risiko cedera muskuloskeletal secara personal, guna memitigasi dampak kesehatan jangka panjang dari penggunaan *smartphone*.

Kata kunci: Biomekanik, Muskuloskeletal, Neuromuskular, *Smartphone*, Teknologi Sensor.

Diterima : 07-05-2026
Disetujui : 26-05-2026
Dipublikasi : 31-05-2026

©2026 Angga, dkk

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan *smartphone* telah mengubah secara mendasar perilaku manusia dalam beraktivitas sehari-hari, khususnya dalam berinteraksi dengan informasi, komunikasi, dan hiburan (Iyengar et al., 2020; Katsumata et al., 2022). Interaksi jangka panjang dengan *smartphone* mendorong kebiasaan postur tubuh yang tidak ergonomis, seperti leher fleksi berlebihan dan batang tubuh miring berkelanjutan (Mu, 2022). Lebih khusus lagi, penggunaan *smartphone* akan menghasilkan tuntutan mekanis yang tidak seimbang pada sistem muskuloskeletal, terutama pada segmen tulang leher, bahu, dan punggung atas (Pacheco & Jos, 2023).

Lebih lanjut, paparan terhadap beban yang tidak seimbang dalam jangka panjang berpotensi meningkatkan stres mekanik dan menyebabkan gangguan fungsional pada struktur otot dan rangka (Benos et al., 2021). Menggunakan *smartphone* bukan hanya aktivitas digital tetapi juga faktor risiko biomekanik yang relevan dalam konteks ergonomi dan kesehatan manusia (Serra et al., 2021). Penelitian yang dilakukan secara konsisten menunjukkan bahwa aktivitas seperti penggunaan *smartphone* mendorong peningkatan beban mekanik yang mendistribusikan beban dari posisi netral ke kondisi yang mengancam jaringan yang tidak sebanding (Jung & Lee, 2024; Warda et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa interaksi yang dimaksud memiliki dampak biomekanik yang signifikan terhadap keseimbangan postur pengguna (Betsch et al., 2021).

Disisi lain, dampak dalam biomekanika untuk penggunaan *smartphone* tidak selalu konsisten dengan kondisi yang statistis (Metin et al., 2023). Penggunaan *smartphone* saat beraktivitas seperti berjalan dan menggunakan tangga terbukti mengurangi atensi dan kognitif sumber daya, sehingga meningkatkan integrasi sistem sensorik dan motorik (Brühl et al., 2023; Florio, 2025). Gangguan yang seringkali dipengaruhi oleh penurunan stabilitas gaya berjalan dan munculnya strategi kompensasi yang mengurangi efisiensi Gerak (Chodkowska & Mroczkowski, 2025). Untuk mengurangi risiko pengguna *smartphone*, terdapat Urgensi yang berupaya mengembangkan metode pengukuran yang obyektif, sensitif, dan berkelanjutan (Hafer et al., 2023; Shah, 2021).

Meskipun studi teknologi sensor untuk menilai biomekanika penggunaan *smartphone* terus meningkat, literatur saat ini masih terpisah dan belum terintegrasi dalam kerangka pengukuran yang konsisten akibat variasi sensitivitas sensor serta ketidakseragaman penempatan alat. Kesenjangan utama terletak pada kurangnya evaluasi sistematis terhadap aktivitas dinamis yang kompleks seperti mengetik sambil berjalan di permukaan tidak rata, transisi postur yang cepat (misalnya dari duduk ke berdiri), dan penggunaan satu tangan saat mobilisasi tinggi. Selain itu, penelitian saat ini belum mengintegrasikan parameter biomekanika krusial seperti kecepatan sudut sendi, indeks kelelahan otot berbasis analisis frekuensi, dan beban mekanis kumulatif ke dalam satu arsitektur pengukuran yang menyeluruh. Kekurangan integrasi ini mengakibatkan terbatasnya pemahaman mengenai interaksi variabel-variabel tersebut dalam memprediksi risiko cedera secara akurat, sehingga diperlukan sebuah tinjauan yang mampu menggabungkan teknologi sensor dengan parameter paparan biomekanik yang lebih luas.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan dan mensintesis secara kritis mengenai teknologi berbasis sensor digunakan untuk mengukur paparan biomekanika selama penggunaan *smartphone* dalam berbagai aktivitas statis dan dinamis. Berbeda dengan studi terdahulu yang mayoritas hanya terpaku pada frekuensi gejala klinis, penelitian ini lebih menekankan pada penilaian objektif terhadap postur, gerak kinematika, serta indikator neuromuskular melalui kemajuan teknologi sensor. Berdasarkan latar belakang tersebut, studi ini diarahkan untuk menjawab *Research Question* (RQ) berikut: Bagaimana teknologi berbasis sensor digunakan untuk mengkuantifikasi paparan biomekanika penggunaan *smartphone*, ditinjau dari jenis sensor, lokasi penempatan, *outcome* biomekanika, dan konteks aktivitas? Sebagai kontribusi akhir, studi ini akan memberikan rekomendasi mengenai standarisasi prosedur pengukuran sensorik guna meningkatkan perbandingan lintas studi di masa depan serta memperkuat metodologi penilaian postur dalam konteks penggunaan *smartphone*.

METODE

Penelitian ini merupakan *Systematic Literatur Review* (SLR), yang disusun menggunakan pedoman standar PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pendekatan ini dipilih untuk memastikan transparansi, objektivitas, dan reproduktibilitas dalam memetakan lanskap biomekanika penggunaan *smartphone*.

1. Strategi Pencarian dan Basis Data

Pencarian literatur dilakukan secara eksklusif melalui basis data Scopus, data dikumpulkan melalui database Scopus dengan batasan waktu publikasi antara tahun 2020 hingga 2025. Sumber literatur mencakup artikel jurnal internasional bereputasi yang diterbitkan oleh penerbit ternama seperti Elsevier, Springer, Taylor & Francis. Aturan pencarian dibangun menggunakan operator *boolean* yang menggabungkan tiga domain utama: perangkat, teknologi penginderaan, dan luaran klinis/biomekanis:

("smartphone" OR "smart phone" OR "mobile phone" OR "cell phone") AND (sensor* OR wearable* OR "inertial measurement unit*" OR IMU OR accelerometer* OR gyroscope*) AND (posture OR postural OR kinematic* OR movement OR musculoskeletal OR biomechanics).

2. Kriteria Kelayakan

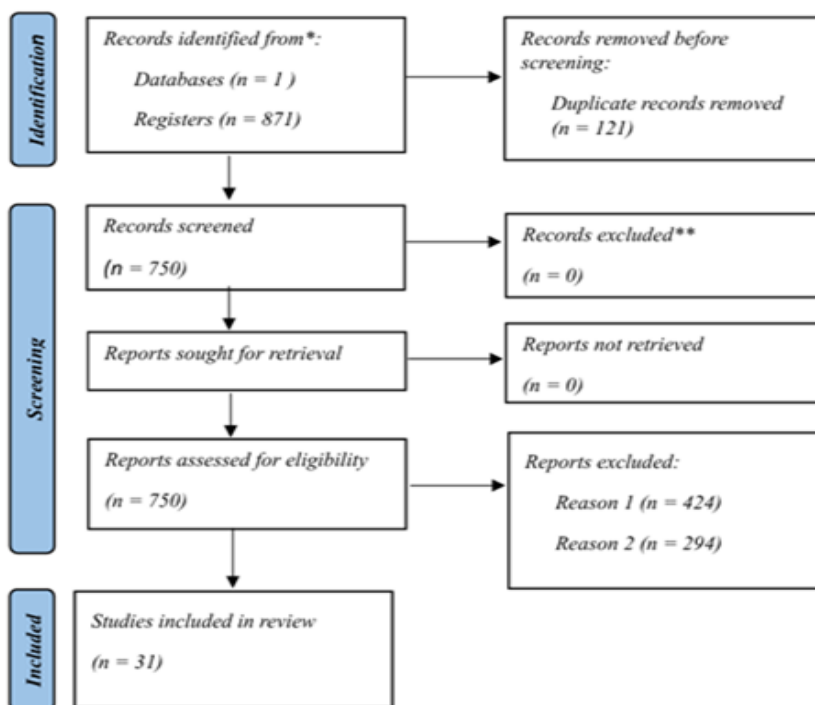
Untuk memastikan kualitas dan relevansi penelitian yang dijelaskan dalam artikel ini, kriteria inklusi dan eksklusi berikut diterapkan:

Kriteria Inklusi :

- a. Artikel jurnal yang telah melalui proses *peer-review*.
- b. Fokus pada biomekanika, sensor dan muskuloskeletal dalam konteks penggunaan *smartphone*.
- c. Studi yang membahas hubungan antara biomekanika dan penggunaan *smartphone*.
- d. Artikel ditulis dalam bahasa Inggris.
- e. Tersedia dalam bentuk teks lengkap (*full-text*).
- f. Kriteria Eksklusi:
- g. Artikel ulasan, editorial, atau prosiding konferensi.
- h. Studi yang tidak berkaitan dengan biomekanika dan penggunaan *smartphone*.
- i. Artikel yang tidak ditulis dalam bahasa Inggris atau tidak tersedia dalam teks lengkap

3. Proses Seleksi Studi

Dari identifikasi awal sebanyak 871 artikel, sebanyak 121 artikel duplikat dihapus. Proses penyaringan abstrak dan judul mengeliminasi 424 artikel karena ketidaksesuaian fokus (misalnya ilmu material atau sosial). Penilaian kelayakan teks penuh dilakukan pada 326 artikel. Pada tahap akhir, 31 studi empiris memenuhi seluruh kriteria dan diinklusi untuk analisis mendalam.



Gambar 1. Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi sistematis menggunakan protokol PRISMA, sebanyak 31 artikel empiris yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2025 dianalisis dalam tinjauan ini.

HASIL

Tabel 1. Ringkasan Makalah

Penulis dan Tahun	Jenis & Konfigurasi Sensor Dominan	Variabel Utama yang Diukur	Sintesis Temuan Utama	Jurnal
Betsch et al (2021), Johannes et al (2022)	IMU (<i>multi-sensor</i>), <i>Surface Electromyography</i> (sEMG)	Fleksi servikal, torakal, lumbar; kelengkungan tulang belakang. Postur & Statis	Penggunaan <i>smartphone</i> secara konsisten meningkatkan fleksi servikal dan kifosis torakal serta menyebabkan postur <i>non-neutral</i>	Gait & Posture.
Tapanya et al. (2021), Hanphitakhong et al. (2021)	EMG + IMU (multimodal), <i>wearable</i>	Aktivasi otot (%MVC), kelelahan otot (MDF), kekakuan. Neuromuskular & Statis	Terjadi peningkatan aktivasi dan kelelahan otot leher dan bahu, terutama pada penggunaan jangka panjang	International Journal of Industrial Ergonomics
Sarvestan et al. (2022), Park et al. (2024)	<i>Motion capture</i> + EMG, IMU + EMG	Sudut kepala, aktivitas otot, CVA. Postur + Neuromuskular & Statis	Perubahan postur berhubungan langsung dengan peningkatan beban neuromuskular	PLUS ONE
Baalen dan Vanwanseele, (2023), Bruhl, et al (2023)	IMU multi-sensor, <i>force plate</i> , <i>smartphone</i> sensor	COP, COM, <i>variabilitas gait</i> , <i>harmonic ratio</i> . Stabilitas & Dinamis	<i>Smartphone</i> menurunkan stabilitas postural dan gait, terutama pada kondisi <i>dual-task</i>	MDPI
Depreli & Angin (2024), Banadaki et al. (2024)	<i>Motion capture</i> , IMU	Kecepatan sudut, koordinasi antarsegmen. Kinematika + Dinamis	Penggunaan <i>smartphone</i> mengubah pola gerak menjadi lebih kaku dan kurang koordinatif	Sage Journals
Koca & Koca (2025), Calcagni et al. (2025)	<i>Surface topography</i> , IMU, <i>motion capture</i>	<i>Kifosis</i> , <i>lordosis</i> , inklinasi batang tubuh. Postur & Statis + Dinamis.	Terjadi peningkatan deviasi postural baik pada kondisi diam maupun saat bergerak	MDPI
Alghadir et al. (2025).	Gait system, <i>force plate</i> , IMU	Kecepatan berjalan, <i>double support</i> , COP. Stabilitas & Statis + Dinamis.	<i>Smartphone</i> menurunkan performa gait dan meningkatkan risiko ketidakseimbangan	European Journal of Medical Research
Bianchini et al. (2023), Ellsworth et al. (2025)	Goniometer, observasi	Sudut pergelangan tangan dan siku. Postur ekstremitas atas & Statis	Postur ekstrem pada ekstremitas atas meningkatkan risiko nyeri muskuloskeletal	JMIR Publications

Fercho et al. (2023), Tatsios et al. (2025)	<i>Smartphone</i> IMU vs sistem referensi	Sudut, COM, COP. Validasi sensor + Statis.	Sensor <i>smartphone</i> menunjukkan validitas yang baik namun terbatas pada resolusi segmental	MDPI
---	---	--	---	------

1. Sintesis Temuan: Fenomena "Text Neck" dan Beban Kumulatif.

Sintesis dari 31 studi ini menegaskan bahwa kemajuan teknologi sensor telah berhasil memvalidasi fenomena "text neck" secara objektif. Data dari IMU dan sEMG menunjukkan hubungan yang linear antara durasi penggunaan *smartphone* dengan pembagian beban mekanik pada segmen servikal Betsch *et al* (2021). Penggunaan *smartphone* secara konsisten mengubah postur melalui mekanisme yang bergantung pada konteks, intensitas, dan durasi aktivitas. Penemuan Alghadir *et al* (2025) bahwa aktivitas statis meningkatkan kelelahan otot, sementara aktivitas dinamis menurunkan stabilitas, menunjukkan bahwa risiko biomekanika *smartphone* bersifat multidimensional.

2. Efektivitas Sensor sebagai Instrumen Penilaian

Tinjauan ini membuktikan bahwa IMU, baik yang terintegrasi di *smartphone* maupun *wearable*, memiliki sensitivitas yang cukup untuk mendeteksi perbedaan postural kecil yang tidak terlihat secara visual Sarvestan *et al* (2022). Namun, terdapat perbedaan dalam metode pemrosesan data (seperti penggunaan filter *low-pass*, matriks *euler*, atau kuaternion) yang menyulitkan standarisasi hasil antar studi. Sistem penggunaan dua atau lebih mode komunikasi memberikan pemahaman yang lebih komprehensif, tetapi tantangan dalam kompleksitas proses pengecekan dan gangguan gerakan tetap menjadi hambatan teknis utama (Kim *et al.*, 2024).

3. Kesenjangan Penelitian (Research Gaps) dan Arah Masa Depan

Berdasarkan analisis kritis terhadap literatur yang ada, penulis mengidentifikasi beberapa celah penelitian yang perlu segera diatasi:

- a) Validitas Ekologis di Lingkungan Nyata: Studi Bianchini *et al* (2023) masih dilakukan di laboratorium terkontrol. Terdapat urgensi untuk melakukan penelitian di lingkungan nyata yang lebih dinamis untuk menangkap perilaku penggunaan *smartphone* yang sebenarnya.
- b) Standarisasi Metodologis: Tidak adanya konsensus mengenai lokasi penempatan sensor dan algoritma ekstraksi fitur biomekanika menghambat keterbandingan lintas studi. Peneliti di masa depan harus fokus pada pengembangan standar prosedur pengukuran sensorik Fercho *et al* (2023).
- c) Integrasi *Machine Learning*: Meskipun data sensor melimpah, penggunaan *Machine Learning* untuk klasifikasi risiko otomatis masih terbatas dan

merupakan peluang besar bagi pengembangan sistem ergonomi digital berbasis bukti Tatsios *et al* (2025).

4. Implikasi Praktis

Hasil pemetaan ini memiliki implikasi penting pada desain sistem pemantauan postural yang dapat dikenakan pada *wearable* monitoring Hanphitakphong *et al* (2021). Integrasi biomekanika ke dalam desain *smartphone* yang lebih ergonomis dapat menjadi strategi preventif untuk mengurangi frekuensi kejadian nyeri leher dan bahu, terutama pada pengguna *smartphone* jangka panjang (Tapanya *et al.*, 2021).

PEMBAHASAN

1. Arsitektur Teknologi dan Lokasi Penempatan sensor

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa *Inertial Measurement Units* (IMU) merupakan teknologi sensor yang paling dominan digunakan. Implementasinya terbagi menjadi dua kategori utama:

- a) Baalen dan Vanwanseele, Katsumata *et al*, serta Kim *et al* (2023; 2022; 2024) menjelaskan bahwa sensor terintegrasi *smartphone* dapat digunakan untuk mengukur orientasi batang tubuh, keseimbangan, serta parameter gaya berjalan secara praktis.
- b) Pada *Wearable* IMU dan Sistem Multimodal, peneliti seperti Betsch *et al* serta Johannes *et al* (2021; 2022) menggunakan sensor eksternal yang ditempatkan pada titik anatomis spesifik seperti bagian belakang kepala, vertebra C7, tulang dada, dan tulang kelangkang untuk mendapatkan resolusi biomekanika segmental yang lebih tinggi. Selain itu, pendekatan multisensor yang menggabungkan IMU dengan *Surface Electromyography* (sEMG) digunakan untuk mengkorelasikan postur dengan beban neuromuskular.

2. Outcome Biomekanika pada Aktivitas Statis

Pada konteks statis (duduk dan berdiri), temuan secara konsisten menunjukkan bahwa penggunaan *smartphone* memicu postur tidak alami.

- a) Penyimpangan Postural: Sebagian besar studi melaporkan peningkatan signifikan pada sudut fleksi servikal dan kifosis torakal. Studi oleh Betsch *et al* (2021) secara spesifik mencatat perubahan postur tulang belakang yang drastis saat menggunakan *smartphone* dibandingkan dengan posisi berdiri netral.
- b) Aktivitas Neuromuskular: studi oleh Johannes *et al* (J2022) penggunaan sensor sEMG mengungkap adanya peningkatan beban otot pada traps atas dan otot erektor tulang belakang. Hal ini mengonfirmasi bahwa postur statis saat

memegang *smartphone* menyebabkan kelelahan otot leher dan bahu dalam jangka panjang.

3. Biomekanika Dinamis dan Stabilitas Postural

Dalam kondisi dinamis (berjalan atau menaiki tangga), *smartphone* bertindak sebagai tugas sekunder (*dual-task*) yang mengganggu kontrol dalam berpindah tempat.

- a) Ketidakstabilan Gaya Berjalan: Temuan dari Baalen & Vanwanseele serta Bruhl *et al* (2023; 2023) menunjukkan penurunan stabilitas gaya berjalan, yang ditandai dengan peningkatan variabilitas langkah dan perubahan pada pusat tekanan.
- b) Strategi Kompensasi: studi oleh Depreli & Angin (2024) Untuk mempertahankan keseimbangan saat perhatian terbagi, pengguna *smartphone* cenderung mengadopsi gerakan yang lebih kaku pada kepala dan batang tubuh. Hal ini menurunkan efisiensi gerak dan meningkatkan risiko jatuh, terutama pada kelompok yang rentan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan pemetaan komprehensif terhadap lanskap biomekanika penggunaan *smartphone* dengan membuktikan bahwa teknologi sensor IMU dan sEMG telah bertransformasi menjadi instrumen validasi objektif yang mampu mengkuantifikasi fenomena "Text Neck" serta mendeteksi deviasi postural mikro melampaui penilaian visual konvensional. Studi ini menegaskan bahwa risiko biomekanika pada kondisi statis memicu beban mekanik kelelahan neuromuskular, sedangkan kondisi dinamis menyebabkan ketidakstabilan gaya berjalan akibat beban kognitif ganda (*dual-task*), yang menuntut adanya intervensi ergonomi digital yang lebih adaptif terhadap transisi postur. Meskipun demikian, ditemukan kendala berupa fragmentasi metodologis pada algoritma pemrosesan data dan variasi penempatan sensor yang menghambat standardisasi, sehingga diperlukan sinkronisasi prosedur pengukuran untuk meningkatkan perbandingan lintas studi. Penelitian ini menekankan pentingnya integrasi sistem umpan balik *real-time* pada perangkat *wearable* untuk mitigasi gangguan muskuloskeletal serta pengembangan riset berbasis validitas ekologis dengan dukungan algoritma *Machine Learning* untuk prediksi risiko cedera secara personal dan otomatis di dunia nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghadir, A. H., Gabr, S. A., Rizk, A. A., Alghadir, T., Alghadir, F., & Iqbal, A. (2025). Smartphone addiction and musculoskeletal associated disorders in university students : biomechanical measures and questionnaire survey analysis. *European Journal of Medical Research*. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02413-w>
- Baalen, G. B. Van, & Vanwanseele, B. (2023). *Reliability and Validity of a Smartphone Device and Clinical Tools for Thoracic Spine Mobility Assessments*. 1–17.
- Benos, L., Kokkotis, C., Tsatalas, T., Karampina, E., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. (2021). *Biomechanical Effects on Lower Extremities in Human-Robot Collaborative Agricultural Tasks*.
- Betsch, M., Kalbhen, K., Michalik, R., Schenker, H., Gatz, M., Quack, V., Siebers, H., Wild, M., & Migliorini, F. (2021). Gait & Posture The influence of smartphone use on spinal posture – A laboratory study. *Gait & Posture*, 85(February), 298–303. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.02.018>
- Bianchini, E., Warmerdam, E., Romijnders, R., Hanja, K., & Haus, D. (2023). *Turning When Using Smartphone in Persons With and Those Without Neurologic Conditions: Observational Study Corresponding Author: 25*, 1–13. <https://doi.org/10.2196/41082>
- Brühl, M., Hmida, J., Tomschi, F., Cucchi, D., Wirtz, D. C., Strauss, A. C., & Hilberg, T. (2023). *Smartphone Use — Influence on Posture and Gait during Standing and Walking*.
- Chodkowska, K., & Mroczkowski, A. (2025). *Age-Related Compensatory Gait Strategies During Induced Perturbations in the Pre-Swing Gait Phase: A Kinematic and Kinetic Analysis*.
- Depreli, O., & Angin, E. (2024). *The relationship between smartphone usage position , pain , smartphone addiction , and hand function*. 37, 1695–1704. <https://doi.org/10.3233/BMR-240154>
- Ellsworth, G. J., Klisch, S. M., & Berg-johansen, B. (2025). *Validation of Smartphones in Arbitrary Positions Against Force Plate Standard for Balance Assessment*. 1–26.
- Fercho, J., Krakowiak, M., Yuser, R., Szmuda, T., & Zieli, P. (2023). *Kinematic Analysis of the Forward Head Posture Associated with Smartphone Use*. 1–9.
- Florio, T. M. (2025). *Emergent Aspects of the Integration of Sensory and Motor Functions*.
- Hafer, J. F., Vitali, R., Gurchiek, R., Curtze, C., Shull, P., & Cain, S. M. (2023). *Challenges and advances in the use of wearable sensors for lower extremity*

- biomechanics. *Journal of Biomechanics*, 157(July), 111714.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111714>
- Hanphitakphong, P., Thawinchai, N., & Poomsalood, S. (2021). Effect of prolonged continuous smartphone gaming on upper body postures and fatigue of the neck muscles in school students aged between 10-18 years Effect of prolonged continuous smartphone gaming on upper body postures and fatigue of the neck muscles in . *Cogent Engineering*, 8(1).
<https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1890368>
- Iyengar, K., Upadhyaya, G. K., Vaishya, R., & Jain, V. (2020). *COVID-19 and application of smartphone technology in the current pandemic. January.*
- Johannes, W., Grooten, A., Billsten, E., Stedingk, S. Von, & Reimeringer, M. (2022). *Biomechanical analysis of lifting on stable versus unstable surfaces — a laboratory - based proof - of - concept study.* 1–16.
<https://doi.org/10.1186/s40814-022-01157-2>
- Jung, J., & Lee, Y. (2024). *Effect of Forward Head Posture on Resting State Brain Function.* 1–12.
- Katsumata, S., Ichikohji, T., Nakano, S., & Yamaguchi, S. (2022). Changes in the use of mobile devices during the crisis: Immediate response to the COVID-19 pandemic. *Computers in Human Behavior Reports*, 5, 100168.
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100168>
- Kim, E., Song, D., Park, D., Kim, H., & Shin, G. (2024). Effect of smartphone use on cervical spine stability. *Journal of Biomechanics*, 166, 112053.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112053>
- Metin, G., Topuz, S., & Yagci, G. (2023). Smartphone use affects gait performance , spinal kinematics and causes spinal musculoskeletal discomfort in young adults. *Musculoskeletal Science and Practice*, 66(July), 102819.
<https://doi.org/10.1016/j.msksp.2023.102819>
- Mu, E. C. (2022). *Learning from Acceleration Data to Differentiate the Posture , Dynamic and Static Work of the Back : An Experimental Setup.*
- Pacheco, M. P., & Jos, P. (2023). *Prevalence of Postural Changes and Musculoskeletal Disorders in Young Adults.*
- Sarvestan, J., Ataabadi, P. A., Alaei, F., & Graham, R. B. (2022). *The effects of mobile phone use on motor variability patterns during gait.* 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267476>
- Serra, G., Scalzo, L. Lo, Giuffrè, M., Ferrara, P., & Corsello, G. (2021). *Smartphone use and addiction during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic :*

cohort study on 184 Italian children and adolescents. 1–10.

- Shah, N. V. (2021). *Smart Technology and Orthopaedic Surgery: Current Concepts Regarding the Impact of Smartphones and Wearable Technology on Our Patients and Practice. 378–391.*
- Tapanya, W., Swangnetr, M., & Puntumetakul, R. (2021). International Journal of Industrial Ergonomics The effects of shoulder posture on neck and shoulder musculoskeletal loading and discomfort during smartphone usage. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 85(August 2020), 103175. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103175>
- Tatsios, P. I., Grammatopoulou, E., Dimitriadis, Z., Patsaki, I., Gioftsos, G., & Koumantakis, G. A. (2025). *Cervical Spine Range of Motion Reliability with Two Methods and Associations with Demographics , Forward Head Posture , and Respiratory Mechanics in Patients with Non-Specific Chronic Neck Pain.*
- Warda, D. G., Nwakibu, U., & Nourbakhsh, A. (2023). *Neck and Upper Extremity Musculoskeletal Symptoms Secondary to Maladaptive Postures Caused by Cell Phones and Backpacks in School-Aged Children and Adolescents.*