

Berjalan Tanpa Alas Kaki Lebih Mengaktivasi Otot Tungkai Bawah Dibanding Berjalan Menggunakan Sepatu

Barefoot Walking Activate Leg Muscle More Than Using Shoes While Walking

Pajar Haryatno¹, *Aditya Johan Romadhon²

^{1,2}Department of Physiotherapy Poltekkes Kemenkes Surakarta, Indonesia

Pjr.fisio@gmail.com, adityajohan.rom@gmail.com

Diterima : 26 Juli 2022 . Disetujui : 16 November 2022 . Dipublikasikan : 20 November 2022

ABSTRAK

Aktivitas berjalan merupakan kebutuhan dasar manusia dalam melakukan transfer dan ambulasi, penggunaan alas kaki seperti sepatu dapat membatasi informasi sensoris pada reseptor sensoris tungkai bawah. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui perbandingan aktivasi otot tungkai bawah antara berjalan tanpa alas kaki dan penggunaan sepatu. Subjek yang digunakan pada penelitian ini adalah 100 mahasiswa jurusan Fisioterapi Politeknik Kesehatan Surakarta yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, yang telah ditetapkan. Subjek pada penelitian ini di bagi menjadi 2 kelompok, Kelompok 1 melakukan aktivitas berjalan tanpa alas kaki dan Kelompok 2 berjalan dengan alas sepatu, pada kedua kelompok tersebut diberikan *surface electromyograph* berupa *myofeedback* pada otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* selama aktivitas berjalan, perekaman aktivasi otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* dilakukan selama subjek berjalan lurus kedepan sejauh 5 meter. Rerata nilai aktivasi otot *tibialis anterior* lebih besar saat subjek melakukan aktivitas berjalan menggunakan sepatu dibanding tanpa alas kaki, sedangkan aktivasi otot *gastrocnemius* lebih besar pada kelompok tanpa alas kaki dibanding kelompok menggunakan sepatu, dengan nilai kebermaknaan $p < 0.05$. Berjalan tanpa alas kaki mampu mengaktifkan otot-otot kecil pada kaki dan otot-otot besar pada tungkai dibanding penggunaan sepatu.

Kata kunci : *surface electromyograph, myofeedback, tibialis anterior, gastrocnemius, aktivasi otot*

ABSTRACT

In general, walking activity cannot be separated from our daily activities, basically leg or foot has more than 104 mechanoreceptors which may feel different pressure, vibration, soft tissue stretch and another sensory receptor to improve our balance and movement control. In this study we have been recorded muscle electric activity using surface electromyograph (myofeedback) on tibialis anterior and gastrocnemius muscle while walking activities, knowing the different of leg's muscle activation on barefoot walking and by using shoes. There were 100 physiotherapy student as subject in this study, subject divided into two groups, Group 1 had experimental barefoot walking while Group 2 had experimental walking by using shoes, tibialis anterior and gastrocnemius recorded by using surface electromyograph (myofeedback), subject in each groups ask to stand properly and placed surface electrode of electromyograph on muscle belly of tibialis anterior and gastrocnemius, recording muscle activity start as subject walking forward 5 meter length, electromyograph recorded finished as subjects finish their 5 meter walking, in electromyograph screen report average value of muscle activation in microvolt meter during walking 5 meter, these average value of each subjects collected and analyzed. The mean value of tibialis anterior greater in shoes walking group than barefoot group while gastrocnemius activity are greater in barefoot walking group than shoes group, determined by significant value $p < 0.05$. Barefoot walking activate leg's muscle more than using shoes while walking.

Keywords : *surface electromyograph, myofeedback, tibialis anterior, gastrocnemius, muscle activation*

PENDAHULUAN

Berjalan merupakan aktivitas dasar manusia yang sangat dibutuhkan dalam aktivitas keseharian, sebagian besar aktivitas berjalan dilakukan dengan menggunakan alas kaki seperti sepatu, penggunaan sepatu pada dasarnya akan membantu memberikan stabilitas pada sendi kompleks pergelangan kaki, selain itu penggunaan sepatu akan memberikan rasa nyaman karena

kaki tidak secara langsung bersentuhan dengan lingkungan berjalan. Bantuan stabilitas pada penggunaan sepatu tidak selamanya baik untuk persendian, hal ini menyebabkan kurang optimalnya otot persendian dalam melakukan stabilisator, kemampuan stabilisator otot persendian akan menurun seiring dengan seringnya menggunakan sepatu, selain itu penggunaan sepatu akan membatasi pergerakan alami dari persendian (Morio *et al.*, 2009)

Penggunaan sepatu dalam aktivitas keseharian seperti bekerja, olahraga, berpergian sering kita jumpai, dengan menggunakan sepatu maka dirasa menjadi lebih nyaman, meminimalisir cedera, dan memenuhi tuntutan penampilan dibanding tanpa menggunakan alas kaki, bahkan banyak sepatu yang dijual dengan harga yang tidak murah, tuntutan penampilan seakan memaksa seseorang untuk mengesampingkan aspek kesehatan. Kinematik fisiologis kaki dalam berjalan didapat ketika persendian kaki mempunyai kebebasan atau keleluasan gerak, hal ini didapatkan ketika seseorang berjalan tanpa alas kaki atau menggunakan sandal jepit, sedangkan penggunaan sepatu akan menghambat kebebasan gerak sendi kaki. Penggunaan sepatu selain membatasi gerak alami persendian, juga mengakibatkan terjadinya perubahan anatomi kaki, sering didapatkan deformitas ibu jari dan meningkatkan resiko jatuh pada lansia, penggunaan sepatu juga tidak menguntungkan otot ekstrinsik kaki khususnya otot *flexor hallucis longus* (FHL), gerakan fleksi ibu jari kaki menjadi kurang optimal sebaliknya ekstensor ibu jari kaki menjadi lebih kuat daya kontraksinya dikarenakan beban sepatu, sehingga terdapat ketidak seimbangan tarikan otot ekstensor dan fleksor kaki (McDonald *et al.*, 2016)

Terbatasnya gerakan fleksi ibu jari kaki mengindikasikan kontraksi otot FHL menjadi kurang optimal, hal ini menyebabkan menurunnya kontraksi otot *triceps surae* (Heikkinen *et al.*, 2017). Kontraksi otot *triceps surae* dalam mempengaruhi ketegangan tendon *achilles* mempunyai kontribusi besar dalam keseluruhan fase berjalan, penggunaan sepatu menghambat fisiologis kinematik kaki sekaligus menghambat kontraksi otot fleksor kaki (McDonald *et al.*, 2016). Penggunaan sandal jepit dan tanpa alas kaki mempunyai kemiripan aktivitas otot *tibialis posterior*, *flexor digitorum longus* dan *peroneus longus* pada pemeriksaan menggunakan *electromyograph*, begitu juga pada otot *medial gastrocnemius* (Price *et al.*, 2014). Penggunaan sandal jepit mempunyai kemiripan kebebasan gerak sendi kaki dengan tanpa penggunaan alas kaki, yakni optimalnya gerakan sendi jari kaki dan sendi subtalar, perubahan kinematik ini sangat mempengaruhi kontraksi otot, semakin luas kebebasan gerakan sendi maka semakin optimal otot persendian mampu melakukan kontraksi dan ini merupakan kinerja tubuh alami yang menjaga keseimbangan tarikan otot dalam aktivitasnya (Chen *et al.*, 2018). Selama berjalan sendi pergelangan kaki mendapatkan tekanan yang kuat dari berat tubuh, sehingga dibutuhkan stabilisasi yang optimal dari otot-otot pergelangan kaki (Angin and Demirbükten, 2020)

Kontraksi otot stabilisator kaki menurun pada penggunaan sepatu dibanding dengan tanpa alas kaki, sepatu memberikan bantuan stabilisasi sendi pergelangan kaki sehingga otot stabilisator pergelangan kaki menjadi kurang optimal dalam melakukan kontraksi, selain itu penggunaan sepatu juga membatasi kinematik persendian sehingga kontraksi otot kaki menjadi tidak optimal dan cenderung tidak seimbang daya kontraksi antara otot fleksor dan ekstensor kaki, hal ini merupakan salah satu keuntungan *kinematic* berjalan tanpa alas kaki (Chen *et al.*, 2018). Berjalan tanpa alas kaki mampu mengaktifkan otot-otot kecil pada kaki dan otot-otot besar pada tungkai, dengan aktivasi ke dua otot ini maka stabilisasi persendian lebih optimal, hal ini dikarenakan *mechanoreceptor* pada kaki akan merespon dalam bentuk motor respon secara cepat dan akurat setiap mendapat input perubahan sensasi (Nigg, 2009). Ada beberapa tipe sepatu yang cukup merugikan dilihat dari aspek ergonomis, sepatu *high heel* 0.45-8 cm akan menurunkan derajat fleksi *trunk* dan kontraksi otot-otot *trunk* (Lee *et al.*, 2001). Selain itu sepatu *high heel* juga akan menambahkan tekanan pada sendi pergelangan kaki (Stefanyshyn *et al.*, 2000).

Perubahan kinematik pada segmen proksimal yakni trunk dapat merubah ketegakkan postur tubuh yang berdampak pada hilangnya kinematik normal pada persendian kaki (Martins Silva,

Rocha de Siqueira and Alves da Silva, 2013). Dalam penelitian dengan merekrut 70 subjek dilakukan perekaman aktivasi otot *tibialis anterior*, *peroneus longus* dan *gastrocnemius*. Subjek dibagi menjadi 3 kelompok, kelompok 1 dilakukan perekaman aktivasi otot saat berjalan tanpa alas kaki, kelompok 2 berjalan dengan menggunakan sepatu dan kelompok 3 berjalan menggunakan modifikasi sepatu dengan alas tipis, pada penelitian ini didapatkan aktivasi *tibialis anterior* lebih besar pada penggunaan sepatu dibanding tanpa alas kaki, begitu pula pada aktivasi otot *peroneus longus*, namun aktivasi *gastrocnemius* lebih besar pada kelompok tanpa alas kaki dibanding kelompok yang menggunakan sepatu, selain itu juga ditemukan perbedaan *kinematic* sendi pergelangan kaki, dimana gerakan plantar fleksi jauh lebih besar derajatnya pada kelompok tanpa menggunakan alas kaki dibanding kelompok yang menggunakan alas kaki (Franklin *et al.*, 2015). Selama berjalan terdapat 3 hal utama yang membutuhkan aktivasi otot dalam menghasilkan gaya, yakni saat melakukan kontrol pergerakan saat deselerasi pada akhir *swing phase*, *shock absorption* saat *heel strike* dan *propulsion* saat *push off*. *Center of Mass* (COM) atau titik tengah gravitasi tubuh terletak didepan vertebra *sacral 2* dipertengahan antara sendi *hip*, saat tubuh bergerak berjalan kedepan maka COM berpindah bergerak secara ritmis ke atas dan ke bawah, titik COM tertinggi adalah ketika fase *midstance* dan titik terendah pada fase *double support*, jarak selisih titik tertinggi dan terendah COM kurang lebih 5cm.

Perpindahan berat tubuh dari satu tungkai ke tungkai lainnya memungkinkan pergerakan COM menuju arah lateral seiring dengan pergeseran/ gerakan pelvis, pergerakan ini didapatkan dari kontraksi sinergis antara otot-otot pada trunk, pelvis dan tungkai bawah, dimana otot-otot tersebut ada berperan sebagai *sock absorber*, *stabilizer*, *acceleration*, *foot control* dan *decelerator* seiring dengan fase *gait* (Dewolf *et al.*, 2018). Semua otot tungkai aktif saat seseorang melakukan aktivitas berjalan, dimana aktivasi terbesar otot tungkai didapatkan saat fase *initial contact/ heel strike* awal tumpuan sampai akhir fase *swing*, hal ini menunjukkan bahwa fungsi aktivasi otot tungkai bawah yakni melakukan aselerasi dan deselerasi gerakan berjalan, sedangkan fase berjalan lainnya lebih disebabkan oleh gerakan pasif *kinematic* persendian. Aktivasi otot pada awal fase *stance* otot aktif memperlambat momentum tubuh dalam mempersiapkan tumpuan tubuh, saat awal tumpuan kaki dilakukan maka deselerasi mulai terjadi ditandai dengan aktivasi otot ekstensor dan otot fleksor sendi lutut dalam melakukan kokontraksi memposisikan sendi lutut agar *alignment* tetap terjaga selama melakukan tumpuan (Lieber and Boakes, 1988).

Ketika fase *loading response* otot dorsifleksor ankle kontraksi secara eksentrik saat kaki menapak pada tanah, begitu pula otot ekstensor sendi lutut kontraksi secara eksentrik saat melakukan gerakan fleksi, namun saat gerakan ekstensi sendi lutut maka otot ekstensor sendi lutut kontraksi secara konsentrik diikuti aktivasi otot *gluteus medius* dalam melakukan stabilisasi pelvis. Titik tumpuan persendian lutut dan pergelangan kaki lebih ke-arah mediolateral saat berjalan tanpa alas kaki dibanding menggunakan sepatu (Zhang, Paquette and Zhang, 2013). *Kinematic* dan *kinetic* gerakan tungkai bawah sangat berkaitan dengan kecepatan berjalan, sehingga banyaknya aktivasi otot dan luasnya lingkup gerak sendi sangat berkaitan dengan kecepatan berjalan (Smith, Lemaire and Nantel, 2018). Aktivasi otot tungkai terbesar pada fase berjalan yakni pada fase *heel strike* sampai akhir fase *swing*, diluar fase tersebut tungkai bawah hanya melakukan *kinematic* pasif (Clark *et al.*, 2004)

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini merupakan penelitian analitik *observational cross-sectional study design*, pengambilan data rerata aktivasi otot tungkai bawah yakni *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* dengan menggunakan alat *surface electromyograph* berupa *myofeedback*. Penelitian ini dilakukan pada bulan September –November 2021 di Jurusan Fisioterapi Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surakarta, Jl. Kapten Adi Sumarmo, Tohudan, Colomadu, Karanganyar 57173, Jawa Tengah. Subjek yang digunakan pada penelitian ini adalah 100 mahasiswa jurusan Fisioterapi Politeknik Kesehatan Surakarta yang memenuhi kriteria

inklusi yakni bersedia mengikuti prosedur penelitian yang telah ditetapkan. Subjek pada penelitian ini di bagi menjadi 2 kelompok, kelompok 1 melakukan aktivitas berjalan tanpa alas kaki dan kelompok 2 berjalan dengan alas sepatu, dimana pada kedua kelompok tersebut diberikan *surface electromyograph* berupa *myofeedback* pada otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* selama aktivitas berjalan.



Gambar 1. Pemasangan *surface electromyograf* pada otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius*



Gambar 2. Perekaman *surface electromyograf* pada aktivitas berjalan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Jumlah subjek yang mengikuti sampai akhir penelitian ini sebanyak 100 orang, terdiri dari 50 subjek dilakukan perekaman aktivasi otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* menggunakan alat *myofeedback* sebagai kelompok 1 dan 50 subjek dilakukan perekaman aktivasi otot *tibialis anterior* dan *gastrocnemius* menggunakan alat *myofeedback* sebagai kelompok 2. Hasil analisis deskriptif dari karakteristik subjek diperoleh sebagaimana tercantum dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 rerata usia pada kelompok 1 adalah 20.4 ± 1.54 dan rerata usia pada kelompok 2 adalah 20.1 ± 1.38 , dimana pada kedua kelompok tidak memiliki perbedaan usia yang bermakna dengan ditunjukkan nilai signifikansi $p > 0.05$, rerata tinggi badan pada kelompok 1 adalah 169 ± 9.5 cm dan rerata tinggi badan pada kelompok 2 adalah 167 ± 7.12 cm, pada kedua kelompok tidak ditemukan perbedaan tinggi badan yang bermakna dengan ditunjukkan signifikansi $p > 0.05$, rerata berat badan pada kelompok 1 adalah 68.83 ± 11.68 Kg dan rerata berat badan kelompok 2 adalah 72.26 ± 11.33 Kg, rerata berat badan pada kedua kelompok tidak ditemukan perbedaan yang bermakna.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Pada Kelompok 1 dan Kelompok 2

Kelompok	Jenis Kelamin		Usia (tahun)		Tinggi (cm)		Berat (kg)	
	Laki	Perempuan	Rerata, Std	Rerata, Std	Rerata, Std	Rerata, Std	Rerata, Std	
	n	%	n	%	n	%	n	
Klp 1	6	12	44	88	20.4 ± 1.54	169 ± 9.5	68.83 ± 11.68	

Klp 2	7	14	43	86	20.1 ± 1.38	167 ± 7.12	72.26 ± 11.33
P		0.37	0.05	0.846			

Klp = Kelompok, cm = centimeter, Kg = kilogram, Std = standar deviasi

Pada Tabel 2 rerata nilai aktivasi otot tibialis anterior dan gastrocnemius pada masing-masing kelompok dilakukan uji normalitas data dan didapatkan distribusi data pada kelompok 1 dan kelompok 2 adalah tidak normal, dengan ditunjukkan nilai $p < 0.05$. dengan demikian data nilai aktivasi otot tibialis anterior dan gastrocnemius tersebut selanjutnya dilakukan uji non-parametrik, yakni uji mann-whitney untuk mengetahui perbedaan data nilai aktivasi otot tibialis anterior dan gastrocnemius perlakuan antara kedua kelompok.

Tabel 2. Uji Normalitas dan Homogenitas Data Nilai Aktivasi Otot Pada Kedua Kelompok

Kelompok	Nilai aktivasi TA	Nilai aktivasi GS
	p	p
Klp 1	0.002	0.000
Klp 2	0.000	0.000
Homogenitas	0.54	0.16

Klp= Kelompok, TA= Tibialis Anterior, GS= Gastrocnemius

Berdasarkan Tabel 3, rerata nilai aktivasi otot *tibialis anterior* pada kelompok 1 adalah 17.98 ± 0.74 (μv) dan pada kelompok 2 adalah 27.09 ± 1.15 (μv), pada kedua kelompok ditemukan perbedaan nilai aktivasi otot yang bermakna dengan ditunjukkan nilai signifikansi $p < 0.05$. Rerata nilai aktivasi otot *gastrocnemius* pada kelompok 1 adalah 21.14 ± 0.72 (μv) dan pada kelompok 2 adalah 15.36 ± 0.48 (μv), pada kedua kelompok ditemukan perbedaan nilai aktivasi otot yang bermakna dengan ditunjukkan nilai signifikansi $p < 0.05$.

Tabel 3 Analisis Nilai Aktivasi Otot Pada Kedua Kelompok Nilai aktivasi otot (μv)

Nilai aktivasi otot (μv)	Kelompok 1 n=50	Kelompok 2 n=50	p
	Rerata, Std	Rerata, Std	
TA	17.98 ± 0.74	27.09 ± 1.15	0.000
GS	21.14 ± 0.72	15.36 ± 0.48	0.000

TA = Tibialis Anterior, GS = Gastrocnemius, Std = Standar deviasi

Pembahasan

Berjalan tanpa alas kaki mempunyai keuntungan *kinematic* yakni lingkup gerak persendian lebih leluasa dibanding menggunakan sepatu, hal ini didukung oleh data penelitian sebelumnya membandingkan aktivasi otot *gastrocnemius* antara berjalan tanpa alas kaki dengan rerata aktivasi otot $0.194\text{mV} \pm 0.039$ dibanding rerata aktivasi otot menggunakan sepatu $0.108\text{mV} \pm 0.031$ (Franklin et al, 2017). Keuntungan mekanik berupa *vertical ground reaction forces* pada atlet lari didapatkan lebih besar pada 16 minggu Latihan berlari tanpa sepatu dibanding menggunakan sepatu (Da Silva Azevedo et al., 2016). Pada penelitian lain didapatkan adanya penurunan otot ekstrinsik kaki yakni otot fleksor *hallucis longus* pada penggunaan sepatu, sehingga mengganggu gerakan plantar fleksor, otot fleksor *hallucis longus* mempunyai peran utama dalam gerakan plantar fleksor, jika daya kontraksi otot tersebut menurun maka akan diikuti dengan penurunan daya kontraksi *triceps surae* (Heikkinen et al., 2017).

Berjalan tanpa alas kaki lebih mengaktivasi otot tungkai dibanding menggunakan sepatu, hal ini disebabkan lingkup gerak sendi pergelangan kaki atau *ankle* lebih luas dibandingkan dengan pemakaian sepatu, selain itu otot stabilisator persendian lebih aktif dibanding pemakaian sepatu, dengan pemakaian sepatu maka stabilitas persendian dibantu oleh bagian sepatu yang menutupi

pergelangan kaki atau sendi *ankle*. Berjalan tanpa alas kaki mampu mengaktifkan otot-otot kecil pada kaki dan otot-otot besar pada tungkai, dengan aktivasi ke dua otot ini maka stabilisasi persendian lebih optimal, hal ini dikarenakan *mechanoreceptor* pada kaki akan merespon dalam bentuk motor respon secara cepat dan akurat setiap mendapat input perubahan sensasi (Nigg, 2009). Pada penelitian systematic review yang dilakukan oleh Franklin *et al* didapatkan bahwa adanya perbedaan jumlah langkah antara berjalan tanpa alas kaki dan pemakaian sepatu, dimana jumlah langkah rata-rata saat berjalan tanpa alas kaki adalah 134 langkah per menit, sedangkan jumlah rata-rata saat berjalan dengan pemakaian sepatu adalah 126 langkah per menit (Franklin *et al.*, 2015).

Dalam *kinetic* pergerakan tungkai bawah Zhang *et al* menemukan dalam penelitiannya bahwa *moment* gerakan varus pada lutut menurun, bertambahnya *ankle inversion moment* pada fase *late stance* saat berjalan tanpa alas kaki dibanding pemakaian sepatu, pemakaian alas kaki seperti sepatu atau sandal didapatkan penurunan gerakan eversi, aduksi dan eksternal rotasi dibanding tanpa pemakaian alas kaki (Zhang, Paquette and Zhang, 2013). Perbedaan jumlah langkah, perbedaan gerakan *kinematic* persendian antara berjalan tanpa alas kaki dan pemakaian sepatu, menempatkan berjalan tanpa alas kaki lebih mengaktifkan atau mengaktivasi pergerakan tungkai bawah, dengan kata lain aktivasi gerakan tungkai bawah didapatkan dari kinerja atau aktivasi otot tungkai bawah.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian dengan judul “berjalan tanpa alas kaki lebih mengaktivasi otot tungkai bawah dibanding berjalan menggunakan sepatu” yang dilaksanakan pada bulan September sampai dengan November 2021 di laboratorium elektroterapi Poltekkes Kemenkes Surakarta Jurusan Fisioterapi dengan jumlah total subjek penelitian 100 subjek didapatkan hasil terdapat perbedaan yang bermakna aktivasi kontraksi otot fleksor dan ekstensor kaki antara berjalan menggunakan sepatu dan tanpa alas kaki ($p < 0.000$), aktivasi otot fleksor yakni tibialis anterior lebih besar pada penggunaan sepatu dibanding tanpa alas kaki, sebaliknya aktivasi otot ekstensor lebih besar saat berjalan tanpa alas kaki dibanding menggunakan sepatu dengan didapatkan nilai perbedaan yang bermakna ($p < 0.000$)

DAFTAR PUSTAKA

- Angin, S. and Demirbükten, İ. (2020) ‘Ankle and foot complex’, in *Comparative Kinesiology of the Human Body: Normal and Pathological Conditions*. Elsevier, pp. 411–439. doi: 10.1016/B978-0-12-812162-7.00023-0.
- Chen, T. L. W. *et al.* (2018) ‘Lower limb muscle co-contraction and joint loading of flip-flops walking in male wearers’, *PLoS ONE*. Public Library of Science, 13(3). doi: 10.1371/journal.pone.0193653.
- Clark, B. C. *et al.* (2004) ‘Leg muscle activity during walking with assistive devices at varying levels of weight bearing’, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(9), pp. 1555–1560. doi: 10.1016/j.apmr.2003.09.011.
- Dewolf, A. H. *et al.* (2018) ‘Kinematic patterns while walking on a slope at different speeds’, *Journal of Applied Physiology*, 125(2), pp. 642–653. doi: 10.1152/jappphysiol.01020.2017.
- Franklin, S. *et al.* (2015) ‘Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking’, *Gait and Posture*. Elsevier, pp. 230–239. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.05.019.
- Heikkinen, J. *et al.* (2017) ‘Tendon length, calf muscle atrophy, and strength deficit after acute achilles tendon rupture: Long-term follow-up of patients in a previous study’, *Journal of*

-
- Bone and Joint Surgery - American Volume*. Lippincott Williams and Wilkins, 99(18), pp. 1509–1515. doi: 10.2106/JBJS.16.01491.
- Martins Silva, A., Rocha de Siqueira, G. and Alves da Silva, G. P. (2013) *Implications of high-heeled shoes on body posture of adolescents, Rev Paul Pediatr*.
- McDonald, K. A. *et al.* (2016) ‘The role of arch compression and metatarsophalangeal joint dynamics in modulating plantar fascia strain in running’, *PLoS ONE*, 11(4), pp. 1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0152602.
- Morio, C. *et al.* (2009) ‘The influence of footwear on foot motion during walking and running’, *Journal of Biomechanics*, 42(13), pp. 2081–2088. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.06.015.
- Nigg, B. (2009) ‘Biomechanical considerations on barefoot movement and barefoot shoe concepts’, *Footwear Science*, 1(2), pp. 73–79. doi: 10.1080/19424280903204036.
- Price, C. *et al.* (2014) ‘Does flip-flop style footwear modify ankle biomechanics and foot loading patterns?’, *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1), pp. 1–8. doi: 10.1186/s13047-014-0040-y.
- Da Silva Azevedo, A. P. *et al.* (2016) ‘16 weeks of progressive barefoot running training changes impact force and muscle activation in habitual shod runners’, *PLoS ONE*. Public Library of Science, 11(12). doi: 10.1371/journal.pone.0167234.
- Smith, A. J. J., Lemaire, E. D. and Nantel, J. (2018) ‘Lower limb sagittal kinematic and kinetic modeling of very slow walking for gait trajectory scaling’, *PLoS ONE*. Public Library of Science, 13(9). doi: 10.1371/journal.pone.0203934.
- Stefanyshyn, D. J. *et al.* (2000) ‘L’influence des chaussures à talons hauts sur la cinématique, la cinétique et l’EMG musculaire de la démarche normale des femmes’, *Undefined*, 16(3), pp. 309–319.
- Zhang, X., Paquette, M. R. and Zhang, S. (2013) ‘A comparison of gait biomechanics of flip-flops, sandals, barefoot and shoes’, *Journal of Foot and Ankle Research*, 6(1), pp. 1–8. doi: 10.1186/1757-1146-6-45.

© 2022 Pajar Haryatno dibawah Lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 Internasional License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)