

**LITERATURE REVIEW:
HUBUNGAN BIOMEKANIKA LUTUT TERHADAP FAKTOR RISIKO
PASIEN OSTEOARTRITIS LULUT**

Khaeratul Washilah¹, Muhammad Siddik², Didik Dwi Sanyoto³

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

²Divisi Rehabilitasi Medik, Departemen Fisioterapi, RSUD Ulin, Banjarmasin, Indonesia

³Divisi Anatomi, Departemen Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

Email korespondensi: kwashillah@gmail.com

***Abstract:** Osteoarthritis of the knee is a major cause of disability with age and this condition is expected to continue to increase rapidly in the future. In patients with osteoarthritis, the knee will show decreased functionality that can withstand joint pain, stiffness, and weakness of the limb muscles which will then lead to functional impairment. This objective is to analyze the relationship between knee biomechanics in patients with osteoarthritis of the knee and its risk factors, and to provide an overview of the appropriate punishment for cases of knee osteoarthritis. The results of this study indicate that there is a relationship between knee biomechanics and risk factors for knee osteoarthritis.*

***Keywords:** risk factors, osteoarthritis, biomechanics, kinesiology, and kinematics*

Abstrak: Osteoartritis lutut adalah penyebab kecacatan utama pada usia tua dan keadaan ini diperkirakan akan terus meningkat dengan pesat di masa yang akan datang. Pada pasien dengan osteoartritis lutut akan menunjukkan penurunan kapasitas fungsional yang dapat dikaitkan dengan nyeri sendi, kekakuan, dan hilangnya kekuatan otot-otot ekstremitas bawah yang nantinya akan menyebabkan gangguan fungsional. Tujuan penulisan ini adalah untuk menganalisis hubungan biomekanika lutut pasien osteoartritis lutut dengan faktor risikonya, serta memberikan gambaran penanggulangan yang tepat untuk kasus osteoartritis lutut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terdapat hubungan antara biomekanika lutut dengan faktor risiko osteoartritis lutut.

Kata-kata kunci: faktor risiko, osteoartritis, biomekanika, kinesiologi, dan kinematika

PENDAHULUAN

Osteoarthritis lutut adalah penyebab kecacatan utama pada usia tua dan keadaan ini diperkirakan akan terus meningkat dengan pesat di masa yang akan datang. Pada pasien dengan osteoarthritis lutut akan menunjukkan penurunan kapasitas fungsional yang dapat dikaitkan dengan nyeri sendi, kekakuan, dan hilangnya kekuatan otot-otot ekstremitas bawah yang nantinya akan menyebabkan gangguan fungsional.¹ Osteoarthritis lutut merupakan penyakit degeneratif yang terjadi pada sendi lutut akibat adanya abrasi pada tulang rawan sendi dan pembentukan tulang baru di permukaan persendian yang nantinya akan menyebabkan kelemahan otot dan tendon sehingga dapat membatasi gerak dan menyebabkan nyeri.²

Berdasarkan data WHO (*World Health Organization*), menunjukkan bahwa prevalensi osteoarthritis di Indonesia mencapai angka 8,1% dari total seluruh penduduk. Prevalensi dari osteoarthritis lutut lebih tinggi jika dibandingkan dengan osteoarthritis sendi lainnya, hal ini dikarenakan sendi lutut lebih banyak digunakan untuk menopang beban berat tubuh. Di Amerika, didapatkan bahwa prevalensi osteoarthritis lutut wanita mencapai 14,9% terutama pada usia >40 tahun, sedangkan pada laki-laki sebanyak 8,7%. Berdasarkan hasil RISKESDAS (Riset Kesehatan Dasar) pada tahun 2018, prevalensi penyakit sendi di Indonesia mengalami penurunan dengan data 7,3%. Berdasarkan karakteristik umur prevalensi tertinggi pada umur ≥ 75 tahun sebesar 18,95%. Prevalensi pada penderita wanita juga lebih banyak yaitu 8,46% lebih tinggi dibandingkan dengan pria sebesar 6,13%.³

Masalah yang sering ditemukan pada kondisi osteoarthritis lutut ialah adanya nyeri pada kedua lutut pasien, adanya keterbatasan LGS (*lingkup gerak sendi*) yang terjadi di kedua lutut, adanya penurunan kekuatan otot quadriceps, serta keterbatasan pada saat melakukan aktifitas yang bersifat fungsional. Osteoarthritis pada

akhirnya akan menyebabkan biomekanika dari lutut menjadi terganggu.⁵

Biomekanika dari sendi lutut merupakan gabungan kerja gerak yang kompleks dari sendi. Sendi lutut mempunyai dua susunan sendi/artikulasi yang terpisah, yaitu sendi yang menggabungkan tibiofemoral dan sendi patellofemoral. Kerja utama dari lutut adalah untuk pergerakan dengan bantuan kekuatan dari otot, sebagai penyeimbang gerakan/stabilitas, dan sebagai transmisi, menyerap dan redistribusi dari kekuatan otot pada kegiatan kehidupan sehari-hari.^{6,7}

Osteoarthritis lutut menyebabkan perubahan tekanan yang diperoleh untuk keseimbangan dan pergerakan, sehingga akan terjadi perubahan biomekanika lutut yang signifikan. Beban tinggi yang berasal dari medial lutut akan menyebabkan keparahan osteoarthritis lutut dan nyeri lutut. Pada pasien osteoarthritis lutut ditemukan adanya genu varus/genu valgus yang merupakan faktor risiko untuk perkembangan dan akan menyebabkan kelemahan pada otot abduktor bagian pinggul yang akan membuat perubahan postur pada ekstremitas bawah. Gangguan berjalan juga menjadi salah satu gangguan yang akan dialami oleh pasien osteoarthritis lutut. Dalam beraktivitas sehari-hari, pasien dengan osteoarthritis lutut harus mengubah gerakan, arah dan kecepatan. Hal ini dilakukan ketika melewati bidang miring turun dari tangga di rumah, atau di tempat-tempat umum dan menjadi enggan melakukan aktivitas pribadi karena penurunan fungsional pasien.^{8,9,10}

Cara mengatasi penurunan biomekanika lutut diperlukan penatalaksanaan untuk mengurangi efek samping. Salah satu hal yang dapat dilakukan ialah latihan berjalan untuk penguatan otot ekstremitas dan untuk pasien dengan genu varus/genu valgus. Latihan berjalan dapat menjadi alternatif karena dianggap dapat membantu memperbaiki penurunan fungsi yang terjadi pada pasien osteoarthritis lutut.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk meneliti mengenai "Hubungan Biomekanika Lutut Terhadap Faktor Risiko Pasien OA lutut".

Pada literature review ini, penulis melakukan kajian terhadap berbagai literatur terkait, guna mengetahui lebih dalam hubungan biomeknika lutut dengan faktor risiko pasien OA lutut.

Osteoarthritis (OA) adalah salah satu kondisi yang dapat menyebabkan kecacatan terutama pada lansia. Osteoarthritis merupakan penyakit artikular yang paling sering terjadi di negara maju dan menjadi penyebab utama kecacatan kronis, akibat perkembangan penyakit dari osteoarthritis lutut dan osteoarthritis pinggul.²¹

Etiologi dari osteoarthritis adalah multifaktorial dan tidak sepenuhnya dipahami. Usia adalah faktor risiko tersering dari penyebab osteoarthritis. Penuaan dan osteoarthritis memiliki keterkaitan yang saling terkait namun tidak saling bergantung. Dimana proses penuaan tulang rawan sampai terjadi di batas tertentu merupakan bagian dari proses penuaan yang normal sehingga hubungan antara penuaan dan perkembangan osteoarthritis tidak sepenuhnya dipahami, hal yang terlihat jelas adalah bahwa penuaan akan mengubah sistem muskuloskeletal yang akan berkontribusi pada perkembangan osteoarthritis.²²

Tabel 1. Literatur terkait hubungan biomekanika lutut terhadap faktor risiko pasien osteoarthritis lutut

No	Judul	Tahun, peneliti	Desain studi	Subjek penelitian	Hasil
1	<i>Predicting knee osteoarthritis risk in injured populations</i> ¹¹	J. Long <i>et al</i> , (2017)	Studi <i>cross-sectional</i>	Sebanyak peserta tanpa gejala (kelompok kontrol), 41 dengan bukti klinis dan radiografi dari bagian medial OA lutut	ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan pada usia, berat badan BMI dan kecepatan berjalan antar kelompok.
2	<i>Gait analysis of patients with knee osteoarthritis highlights a pathological mechanical pathway and provides a basis for therapeutic intervention</i> ¹²	Favre1 <i>et al</i> , (2016)	Studi eksperimental	Membandingkan penderita OA dengan non-OA	OA dapat menghasilkan perubahan spesifik pada gaya berjalan dan sebaliknya, perubahan gaya berjalan dapat berkontribusi pada OA.
3	<i>Altered Gait Characteristics in Individuals With Knee Osteoarthritis and Self-Reported Knee Instability</i> ¹³	Farrokhi <i>et al</i> , (2015)	Studi eksperimental	Sebanyak 53 peserta terdiri dari penderita OA dan peserta yang mengalami masalah lutut	Didapatkan hasil bahwa kelompok peserta perempuan cenderung lebih tinggi mengalami ketidak-stabilan lutut dan memiliki nyeri yang dilihat dari skala WOMAC, fungsi fisik, dan subskala kekakuan yang lebih tinggi .
4	<i>Biomechanical factors in osteoarthritis</i> ¹⁴	Guilak, (2011)	Studi eksperimental	Penderita OA	Pada penderita OA obesitas dapat mengubah gaya berjalan dan biomekanik sendi, walaupun tidak meningkatkan beban besar pada sendi atau torsi. Didapat juga bahwa faktor peradangan sistemik dapat mem-cerminkan pengaruh dari faktor obesitas, biomekanik, metabolik, dan psikososial pada sendi.
5	<i>Influences of knee osteoarthritis and walking difficulty on knee kinematics and kinetics</i> ¹⁵	Annalisa <i>et al</i> , (2018)	Studi eksperimental	Sebanyak 39 penderita OA dalam tiga kelompok yang terdiri dari 13 individu berjalan dengan gaya berjalan yang kecepatannya terkontrol	Kesulitan bejalan yang dialami penderita OA lebih menunjukkan perbedaan pada adduksi antara kelompok OA dan kelompok kontrol.
6	<i>A multivariate relationship between the</i>	Bensalm <i>et al</i> , (2019)	Studi eksperimental	Sebanyak 166 pasien OA terkonfirmasi secara klinis dan radiologi	Didapatkan hasil dari 13 parameter, usia, BMI, nyeri dan adduksi memiliki nilai korelasi tertinggi. Hal ini menunjukkan peningkatan

No	Judul	Tahun, peneliti	Desain studi	Subjek penelitian	Hasil
	<i>kinematic and clinical parameters of knee osteoarthritis population</i> ¹⁶				nilai dari parameter biomekanik mempengaruhi usia, BMI, dan nyeri.
7	<i>Relation-ship between Kellgren-Lawrence score and 3D kinematic gait analysis of patients with medial knee osteoarthritis using a new gait system</i> ¹⁷	Zeng et al, (2017)	Studi eksperimental	Sebanyak 97 pasien yang didiagnosis dengan KOA medial dan 38 peserta asimtomatik	Didapatkan hasil berdasarkan score KL sejalan dengan beratnya OA yang diderita maka fungsi biomekanika juga akan mengalami perubahan.
8	<i>Immediate Effects of an Elastic Knee Sleeve on Frontal Plane Gait Biomechanic in Knee Osteoarthritis</i> ⁷	Schween et al, (2015)	Studi eksperimental	Sebanyak 18 subjek (8 wanita, 10 pria) dengan osteoarthritis pada sendi medial tibiofemoral	Didapatkan hasil bahwa momen gerak adduksi pada penderita OA berpengaruh terhadap perkembangan OA.
9	<i>Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice</i> ¹⁸	Bijlsma et al, (2011)	studi cross-sectional	Pasien berusia 55-80 tahun atau lebih dengan OA	Usia yang terus bertambah akan menyebabkan kekakuan pada sendi, sedikitnya produksi synovial, dan krepitasi pada lutut semakin besar sehingga patogenesis dari OA semakin berkembang dan mempengaruhi faktor biomekanika lutut penderita.
10	<i>Knee joint anatomy predicts high-risk in vivo dynamic landing knee biomechanic</i> ¹⁹	McLean et al, (2010)	Sudi eksperimental	Sebanyak 17 subjek dengan OA dan 20 subjek atlet wanita	Menunjukkan bahwa anatomi sendi lutut yang spesifik secara langsung berhubungan dengan biomekanik lutut. Selain menjadi resiko utama, anatomi sendi lutut berperan sekunder sebagai pengkontribusi mekanik cedera lutut dalam perkembangan OA.
11	<i>Comparison of peak knee adduction moment and knee adduction moment impulse in Distinguish between severities of knee osteoarthritis</i> ²⁰	Kean et al, (2011)	Studi ekperimental	Sebanyak 200 peserta dengan radiografi OA lutut medial	Didapatkan bahwa moment adduksi lutut dan impuls adduksi lutut memuncak di usia, berat badan dan aktivitas pada kondisi OA lutut.

No	Judul	Tahun, peneliti	Desain studi	Subjek penelitian	Hasil
12	<i>Effects of progressive resistance strength training on knee biomechanics during single leg step-up in persons with mild knee osteoarthritis</i> ⁸	McQuade <i>et al</i> , (2011)	Studi eksperimental	21 Peserta dengan rentan usia 40-60 tahun yang diambil dari pasien OA dan mengacu dengan ACR skor	Latihan penguatan ekstensor lutut menunjukkan perubahan terhadap kapasitas aktivitas fisik dan adaptasi biomekanika penderita OA berdasarkan usia, jenis kelamin, dan BMI.

Usia

Osteoarthritis lutut merupakan penyakit sendi degeneratif yang berhubungan erat dengan usia. Prevalensi OA cukup tinggi pada lansia yang merupakan salah satu dari kriteria diagnosis klinis ACR (*American College of Rheumatology*) 1986 adalah usia di atas 50 tahun. Hal ini dikarenakan pada usia lanjut, akan terjadi perubahan kolagen dan juga penurunan sintesis proteoglikan yang akan menyebabkan tulang dan sendi lebih rentan terhadap tekanan dan kekurangan elastisitas sendi.²⁴

Penelitian yang dilakukan oleh Bijlsma *et al.* (2011) menemukan bahwa usia yang terus bertambah akan menyebabkan kekakuan pada sendi, sedikitnya produksi synovial, dan *krepitasi* pada lutut semakin besar sehingga patofisiologis dari penyakit OA akan semakin berkembang dan akan mempengaruhi faktor biomekanika lutut penderita. Hal ini dikarenakan terjadinya proses regulasi pembelahan sel dan kematian sel pada usia tua yang melambat. Hal ini berakibat penuaan sangat mengubah fungsi kondrosit dan struktur serta fungsi matriks dari sendi lutut.²¹

Hal serupa juga didapatkan pada penelitian Bensalma *et al.* (2019) yang mendapatkan hasil bahwa dari 13 parameter yang dia gunakan untuk melihat hubungan antara biomekanika lutut pasien OA, usia, BMI (*Body Mass Index*), nyeri dan momentum adduksi lutut memiliki nilai korelasi tertinggi. Hal ini menunjukkan peningkatan nilai dari parameter biomekanik akan meningkat sesuai dengan usia, BMI, dan nyeri yang dialami penderita OA.¹⁶ Penelitian Kean *et al.* (2012) didapatkan hasil bahwa momentum adduksi dan impuls adduksi pada penderita OA lutut memiliki hubungan dengan usia, berat badan, dan aktivitas penderitanya.²⁰

Jenis Kelamin

Selain usia, faktor risiko jenis kelamin juga memiliki keterkaitan dengan perubahan dan kerusakan system biomeknika lutut. Penelitian Farrokhi *et al.* (2012) mendapatkan hasil bahwa kelompok

peserta perempuan cenderung akan berkemungkinan mengalami ketidakstabilan lutut yang akan berdampak pada biomekanika lutut pasien. Penelitian ini juga mendapati bahwa intensitas nyeri yang dilihat dari skala WOMAC (*Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*), fungsi fisik, dan kekakuan cenderung lebih meningkat pada perempuan dibandingkan laki-laki.¹³ Pada penelitian yang dilakukan di Korea, prevalensi pasien yang menjalani prosedur atroplasti lutut cenderung lebih banyak dilakukan oleh wanita dibandingkan pria.²⁵

Obesitas

Hasil yang didapat dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara obesitas dengan kejadian osteoarthritis lutut, hal ini menunjukkan bahwa obesitas merupakan faktor risiko dari osteoarthritis lutut. Pasien osteoarthritis lutut yang menderita obesitas beresiko terserang osteoarthritis lutut berkisar antara 5–12 kali dan pasien osteoarthritis lutut dengan obesitas akan mengalami peningkatan rasa nyeri yang pada daerah persendian lutut jika dibandingkan dengan pasien yang kurang obesitas.²⁶

Serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Bensalma *et al.* (2019) yang mendapatkan hasil bahwa dari 13 parameter yang dia gunakan usia, BMI, nyeri dan momentum adduksi lutut memiliki nilai korelasi yang tinggi. Sehingga peningkatan nilai dari parameter biomekanik akan meningkat sesuai dengan usia, BMI dan nyeri yang dialami penderita OA.¹⁶

Penelitian Guilak didapatkan hasil bahwa obesitas dapat mengubah gaya berjalan dan biomekanik sendi, meskipun tidak meningkatkan beban pada sendi. Obesitas juga menunjukkan korelasi dengan proses peradangan yang terjadi pada pasien osteoarthritis lutut.¹⁴

Anatomi Lutut dan Aktifitas Fisik

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh McLean *et al.* (2010) didapatkan hasil bahwa pengaruh anatomi dan aktifitas fisik

seorang atlet wanita dengan penderita osteoarthritis memiliki kecenderungan yang sama dalam mengalami perubahan biomekanika lutut. Hal ini dapat terjadi karena anatomi sendi lutut secara spesifik langsung berhubungan dengan biomekanik lutut, sehingga kerusakan yang terjadi pada anatomi lutut akan berdampak langsung terhadap biomekanika lutut pasien osteoarthritis lutut. Selain menjadi resiko utama, anatomi sendi lutut berperan sekunder sebagai pengkontribusi mekanik cedera lutut dalam perkembangan osteoarthritis.¹⁹

Dari jurnal-jurnal penelitian yang sudah dikumpulkan, didapatkan bahwa faktor risiko yang paling memiliki hubungan dengan kerusakan biomekanika adalah usia. Sementara untuk faktor risiko lain akan mengikuti perjalanan dan perkembangan penyakit OA. Usia merupakan faktor risiko paling terkait pada kerusakan biomekanika, dikarenakan proses penuaan akan mempengaruhi patofisiologi dari kesehatan kartilago lutut.

Usia juga akan saling berhubungan dengan faktor-faktor lain. Seperti faktor intrinsik (aktivitas fisik, obesitas) dan faktor ekstrinsik (genetika) yang terjadi ke sendi. Pada pasien muda, patogenesis osteoarthritis lutut sebagian besar berhubungan dengan lingkungan biomekanik yang tidak menguntungkan di sendi, yang mengakibatkan proses kerusakan mekanis lebih cepat dibandingkan kemampuan lutut untuk memperbaiki dan mempertahankan kondisinya, sehingga kartilago artikular akan mengalami degenerasi dini.^{22 23}

Nyeri dan gejala dari osteoarthritis lainnya akan berdampak besar terhadap kualitas hidup dan mempengaruhi fungsi fisik dan psikologis. Osteoarthritis lutut tidak hanya berupa penyakit tulang rawan saja tetapi juga dianggap sebagai penyakit sendi kronis, termasuk tulang rawan artikular, meniskus, ligamen, dan otot peri-artikular yang terjadi akibat dari berbagai mekanisme patologis. Jutaan pasien

osteoarthritis mengalami sakit yang menyakitkan dan melumpuhkan.²¹

Orang yang mengalami osteoarthritis pada sendi lutut, pada umumnya menunjukkan kondisi kelemahan pada otot paha depan dengan penurunan kekuatan 20-45% dibandingkan dengan orang normal dengan usia dan gender yang sama. Kelemahan otot paha depan pada pasien osteoarthritis lutut secara klinis penting karena hal itu berhubungan dengan gangguan dinamika stabilitas lutut dan fungsi fisik. Selain itu, paha depan berfungsi sebagai pelindung yang penting bagi sendi lutut yang bekerja secara eksentrik dalam fase awal gaya berjalan untuk melindungi sendi lutut dan bertindak sebagai pengurang beban impulsif saat berjalan.

Hal ini dapat dikaitkan dengan latihan berjalan untuk memperbaiki kondisi lutut pasien. Sehingga latihan berjalan dapat menjadi salahsatu terapi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah biomekanika pada pasien osteoarthritis lutut.²⁰

Osteoarthritis lutut merupakan penyebab utama dari nyeri dan kecacatan. Strategi untuk mengurangi beban lutut pada pasien osteoarthritis dapat dilakukan melalui pencegahan primer dan sekunder. Hal ini dikarenakan beban pada lutut akan semakin meningkat pada lansia dan akan menyebabkan penurunan produktivitas hidup pasien, sehingga strategi pencegahan pada perkembangan osteoarthritis sangat penting.²⁷

Latihan berjalan dapat menjadi salah satu upaya dalam penatalaksanaan yang tepat pada pasien OA lutut. Latihan berjalan dapat mengurangi beban adduksi pada lutut baik saat diam maupun saat berjalan. Latihan berjalan juga berguna untuk memperbaiki struktur genu varus pada pasien osteoarthritis lutut, sehingga dapat mengurangi kerusakan lebih lanjut pada biomekanika pasien osteoarthritis.¹²

PENUTUP

Berdasarkan tinjauan literature, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara biomekanika lutut pasien osteoarthritis lutut dengan faktor risiko dari osteoarthritis yaitu didapatkan bahwa faktor risiko usia, jenis kelamin perempuan, BMI, anatomi lutut dan aktifitas fisik merupakan faktor yang paling erat keterkaitannya terhadap perkembangan penyakit OA. Dibeberapa literature juga menyebutkan bahwa perjalanan penyakit OA akan semakin memberat apabila tidak diatasi dengan tepat. Pada kasus nyeri dan kekakuan menjadi hal penting dalam penatalaksanaan OA lutut. Latihan berjalan menjadi salah satu pilihan untuk mengatasi gejala dari OA akibat dari penurunan fungsi biomekanika lutut pada pasien osteoarthritis lutut.

Pada dasarnya keseluruhan dari literature review ini membahas tentang hubungan dari biomekanika lutut dengan faktor risiko penyakit osteoarthritis lutut. Namun tidak semua faktor risiko terbukti memiliki keterkaitan dengan gangguan biomekanika yang terjadi pada osteoarthritis lutut. Untuk itulah perlu dilakukan tinjauan ulang yang lebih mendalam untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat dan lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L. Muscle Impairments in Patients With Knee Osteoarthritis. *Sports Health*. 2012;4(4):284-292.
2. Ringdahl E, Pandit S. Treatment of knee osteoarthritis. *Am Fam Physician*. 2011;83(11):1287-1292.
3. Ismaningsih, Selviani I. Penatalaksanaan Fisioterapi Pada Kasus Osteoarthritis Genue Bilateral Dengan Intervensi Neuromuskuler Taping Dan Strengthening Exercise Untuk Meningkatkan Kapasitas Fungsional. *J Ilm Fisioter*. 2018;1(2):38-46.
4. Kemenkes RI. Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar. *Kementeri Kesehat RI*. Published online 2018:1-582.
5. Nor Azlin MN, Lyn KS. Effects of passive joint mobilization on patients with knee osteoarthritis. *Sains Malaysiana*. 2011;40(12):1461-1465.
6. Masouros SD, Bull AMJ, Amis AA. (i) Biomechanics of the knee joint. *Orthop Trauma*. 2010;24(2):84-91.
7. Schween R, Gehring D, Gollhofer A. Immediate effects of an elastic knee sleeve on frontal plane gait biomechanics in knee osteoarthritis. *PLoS One*. 2015;10(1):1-11.
8. McQuade KJ, De Oliveira AS. Effects of progressive resistance strength training on knee biomechanics during single leg step-up in persons with mild knee osteoarthritis. *Clin Biomech*. 2011;26(7):741-748.
9. Thorp LE, Wimmer MA, Foucher KC, Sumner DR, Shakoor N, Block JA. The biomechanical effects of focused muscle training on medial knee loads in OA of the knee: A pilot, proof of concept study. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2010;10(2):166-173.
10. Fathi HM. Unilateral versus bilateral primary knee osteoarthritis: Relation to the Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), C-reactive protein and radiological assessment in Egyptian patients. *Egypt Rheumatol*. 2019;41(4):271-276.
11. Long MJ, Papi E, Duffell LD, McGregor AH. Predicting knee osteoarthritis risk in injured populations. *Clin Biomech*. 2017;47(March 2016):87-95.
12. Favre J, Jolles BM. Gait analysis of patients with knee osteoarthritis highlights a pathological mechanical pathway and provides a basis for therapeutic interventions. *EFORT Open Rev*. 2016;1(10):368-374.

13. Farrokhi S, O'Connell M, Gil AB, Sparto PJ, Fitzgerald GK. Altered gait characteristics in individuals with knee osteoarthritis and self-reported knee instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(5):351-359.
14. Jones R. NIH Public Access. *Bone.* 2014;23(1):1-7.
15. Na A, Piva SR, Buchanan TS, et al. HHS Public Access. Published online 2018:439-444.
16. Bensalma F, Mezghani N, Ouakrim Y, et al. A multivariate relationship between the kinematic and clinical parameters of knee osteoarthritis population. *Biomed Eng Online.* 2019;18(1):1-12.
17. Zeng X, Ma L, Lin Z, et al. Relationship between Kellgren-Lawrence score and 3D kinematic gait analysis of patients with medial knee osteoarthritis using a new gait system. *Sci Rep.* 2017;7(1):1-8.
18. Bijlsma JWJ, Berenbaum F and Lafeber FPJG. Osteoarthritis: An update with relevance for clinical practice. *Lancet.* 2011;377(9783):2115-2126.
19. McLean SG, Lucey SM, Rohrer S, Brandon C. Knee joint anatomy predicts high-risk in vivo dynamic landing knee biomechanics. *Clin Biomech.* 2010;25(8):781-788.
20. Kean CO, Hinman RS, Bowles KA, Cicuttini F, Davies-Tuck M, Bennell KL. Comparison of peak knee adduction moment and knee adduction moment impulse in distinguishing between severities of knee osteoarthritis. *Clin Biomech.* 2012;27(5):520-523.
21. Heidari B. Knee osteoarthritis prevalence, risk factors, pathogenesis and features: Part I. *Casp J Intern Med.* 2011;2(2):205-212.
22. Heijink A, Gomoll AH, Madry H, et al. Biomechanical considerations in the pathogenesis of osteoarthritis of the knee. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2012;20(3):423-435.
23. Rice DA, McNair PJ, Lewis GN. Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: The effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. *Arthritis Res Ther.* 2011;13(5).
24. Hasiibi W. Prevalensi Dan Distribusi Osteoarthritis Lutut Berdasarkan Karakteristik Sosio-Demografi Dan Faktor Risiko Di Wilayah Kerja Puskesmas Susut I, Kecamatan Susut, Kabupaten Bangli Pada Tahun 2014. *Intisari Sains Medis.* 2015;4(1):32.
25. Cho HJ, Chang CB, Kim KW, et al. Gender and Prevalence of Knee Osteoarthritis Types in Elderly Koreans. *J Arthroplasty.* 2011;26(7):994-999.
26. Anggraini NE, Hendrati LY. Hubungan Obesitas dan Faktor-Faktor Pada Individu dengan Kejadian Osteoarthritis Genu The Relation of Obesity and Individual Factors with Knee Osteoarthritis. *J Berk Epidemiol.* 2014;1(1):94.
27. Sinusas K. Osteoarthritis: Diagnosis and treatment. *Am Fam Physician.* 2012;85(1):49-56.