

Hubungan Kekuatan Otot Quadriceps dan Posisi Patella terhadap Fungsi Lutut pada Olahragawan

Luh Gede Risma Yanti¹, I Putu Gde Surya Adhitya^{2*}, Ari Wibawa³, I Made Niko Winaya⁴

¹Program Studi Sarjana Fisioterapi dan Profesi Fisioterapi, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana

^{2,3,4}Departemen Fisioterapi, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana

surya_adhitya@unud.ac.id

Fungsi lutut merupakan kemampuan sendi lutut untuk melakukan gerakan atau aktivitas tanpa nyeri atau keterbatasan seperti berjalan, berlari, lompat atau naik turun tangga. Olahragawan menuntut kondisi lutut optimal dengan Gerakan kompleks membutuhkan kekuatan otot quadriceps dan posisi patella baik, apabila terjadi kelemahan otot quadriceps dapat menyebabkan tarikan tidak seimbang antara medial dan lateral lutut. Hal ini menyebabkan posisi patella mengalami tarikan atau tracking yang dapat meningkatkan sendi patellofemoral dan berdampak pada fungsi lutut karena nyeri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kekuatan otot quadriceps dan posisi patella terhadap fungsi lutut pada olahragawan. penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional* dengan 75 olahragawan usia 15-22 tahun yang dipilih dengan Teknik *purposive sampling*. Kekuatan otot quadriceps diukur dengan hand-held dynamometer, posisi patella melihat visual tendon patella menggunakan ultrasonografi dan fungsi lutut dengan Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). Analisis statistik menggunakan uji bivariat *Spearman's rho*. Ditemukan hubungan signifikan antara kekuatan otot quadriceps kiri dengan domain KOOS QOL ($p=0.031$, $r=0.250$), serta ditemukan hubungan signifikan posisi patella kanan dengan domain KOOS ADL ($p=0.042$, $r=-0.236$) namun tidak ada hubungan pada domain KOOS lainnya. Terdapat hubungan signifikan kekuatan otot quadriceps kiri dengan KOOS QOL, serta terdapat hubungan signifikan posisi patella kanan dengan KOOS ADL pada olahragawan. Temuan ini mendukung kekuatan otot quadriceps dan posisi patella optimal mempengaruhi fungsi lutut baik.

Kata Kunci: Fungsi lutut, kekuatan otot quadriceps, olahragawan, posisi patella.

Knee function is the ability of the knee joint to perform movements or activities without pain or limitations such as walking, running, jumping or going up and down stairs. Athletes demand optimal knee conditions with complex movements requiring quadriceps muscle strength and good patellar position, if there is weakness of the quadriceps muscle it can cause an unbalanced pull between the medial and lateral knee. This causes the patella position to experience pulling or tracking which can increase the patellofemoral joint and impact knee function due to pain. This study aims to determine the relationship between quadriceps muscle strength and patellar position to knee function in athletes. This study used a cross-sectional design with 75 athletes aged 15-22 years selected by purposive sampling technique. Quadriceps muscle strength was measured with a hand-held dynamometer, patellar position by visual inspection of the patellar tendon using ultrasonography and knee function with the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). Statistical analysis used the Spearman's rho bivariate test. A significant correlation was found between left quadriceps muscle strength and the KOOS QOL domain ($p=0.031$, $r=0.250$), and a significant correlation was found between right patellar position and the KOOS ADL domain ($p=0.042$, $r=-0.236$), but no correlation was found for the other KOOS domains. There was a significant correlation between left quadriceps muscle strength and KOOS QOL, and there was a significant correlation between right patellar position and KOOS ADL in athletes. These findings support the role of quadriceps muscle strength and optimal patellar position in improving knee function.

Keywords: Knee function, quadriceps muscle strength, athletes, patellar position.

Pendahuluan

Olahraga merupakan suatu wadah atau tempat bagi sekelompok orang untuk berkumpul, bertindak dan berekspresi. Olahraga membutuhkan fisik yang optimal dimana dalam berolahraga mereka harus memiliki kebebasan untuk bergerak baik secara individu maupun kelompok

(Mulyaningsih, F et al., 2023). Olahragawan merupakan individu yang memiliki tingkat aktivitas fisik yang tinggi terutama dengan adanya pembebanan pada regio lutut yang dilakukan secara terus menerus dan menyebabkan cedera muskuloskeletal yang paling sering dialami dalam aktivitas olahraga. Olahraga yang memiliki pembebanan di lutut seperti pada atlet futsal, sepak bola, basket, lari, voli dan atlet kabaddi harus memiliki kondisi fisik yang optimal terutama pada tungkai bawah (Chia, L et al., 2022). Olahragawan memiliki gerakan yang kompleks dan menuntut adanya mobilitas yang tinggi, maka dari itu seringnya cedera pada atlet atau olahragawan cukup tinggi. Lutut juga menerima tekanan maksimal dari berat badan olahragawan secara anatomis dan fungsional. Banyaknya faktor yang menyebabkan adanya cedera antara lain adalah terjatuh, terbentur benda keras, kurangnya pemanasan atau bahkan salah pendaratan ketika bermain (Falkowski et al., 2025).

Sendi lutut merupakan sendi terbesar dan kompleks dalam tubuh manusia. Fungsi utama dari lutut yaitu menjaga keseimbangan dan stabilitas tubuh. Sendi ini berperan penting dalam mendukung aktivitas sehari-hari dan olahraga karena menjadi penghubung utama antara tulang femur dan tibia serta melibatkan tulang patella yang berfungsi menopang tubuh, memungkinkan pergerakan fleksibel, dan aktivitas sehari-hari seperti berjalan, berlari, jongkok, melompat dan naik turun tangga. Dengan banyaknya aktivitas yang menggunakan lutut, sehingga fungsi lutut yang baik dan sehat sangat diperlukan (Wang, X et al., 2020). Fungsi lutut optimal dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kekuatan otot quadriceps dan posisi patella yang berada pada trochlear groove. Dalam olahraga, fungsi lutut yang optimal sangat penting dalam performa dan pencegahan cedera. Penurunan fungsi lutut bahkan gangguan kecil, dapat berdampak signifikan terhadap risiko overuse injury (Suchomel, T.J et al., 2016).

Otot quadriceps tidak hanya berfungsi sebagai penggerak utama ekstensi lutut, tetapi juga berperan penting dalam mengontrol pergerakan patella melalui mekanisme quadriceps patellar tendon sistem. Dalam kondisi normal, keseimbangan antara tarikan otot vastus medialis obliquus (VMO) di sisi medial dan vastus lateralis di sisi lateral menjaga patella tetap berada pada jalur trochlear groove secara optimal sehingga distribusi beban pada sendi patellofemoral tetap stabil dan seimbang (Lesnak, J et al., 2019). Penurunan kekuatan otot quadriceps, terutama pada komponen VMO, dapat menyebabkan gangguan keseimbangan gaya tarik pada patella. Ketidakseimbangan ini memicu terjadinya perubahan tracking patella, seperti lateral tracking atau maltracking, yaitu kondisi ketika patella bergerak tidak sesuai dengan alur trochlear. Perubahan ini menyebabkan gangguan biomekanika sendi patellofemoral, terutama pada fase fleksi dan ekstensi lutut yang berulang selama aktivitas fungsional. Kondisi ini menjadi dasar terjadinya peningkatan stres mekanik pada struktur sendi lutut (Morri, M et al., 2025).

Perubahan posisi patella yang tidak normal tersebut berdampak langsung pada distribusi tekanan di sendi patellofemoral. Dalam kondisi normal, tekanan sendi tersebar secara merata, namun pada kondisi maltracking, tekanan menjadi terpusat pada area tertentu sehingga meningkatkan beban kompresi pada kartilago artikular. Hal ini dapat memicu iritasi jaringan, trauma berulang, hingga peradangan ringan yang menyebabkan nyeri anterior lutut. Kondisi ini secara klinis sering dikaitkan dengan penurunan fungsi lutut, terutama pada individu yang aktif secara fisik maupun olahragawan (Li, J et al., 2025). Kekuatan quadiceps yang baik akan menjaga pergerakan patella tetap stabil dalam trochlear groove, sehingga mengoptimalkan distribusi beban sendi dan mencegah terjadinya deviasi patella medial atau lateral. Sebaliknya, kelemahan quadiceps akan mengganggu stabilitas tersebut sehingga meningkatkan risiko perubahan posisi patella yang pada akhirnya menurunkan fungsi lutut (Szybist et al., 2025). Dengan demikian, kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang saling memengaruhi dalam menjaga integritas fungsi sendi lutut secara keseluruhan.

Metode

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain studi *cross-sectional* untuk menganalisis hubungan kekuatan otot quadiceps dan posisi patella terhadap fungsi lutut pada olahragawan. Penelitian dilakukan di Gedung CVU pada ruang *Skill Lab* Program Studi fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Udayan pada bulan Maret hingga April 2026. populasi yang diambil merupakan olahragawan individu yang melakukan olahraga minimal 2x seminggu baik pada olahraga sepak bola, futsal, bulu tangkis, voli dan lainnya yang berada di wilayah Provinsi Bali. Teknik pengambilan sampel yaitu *purposive sampling* dengan kriteria inklusi olahragawan usia 15-22 tahun, berolahraga minimal 2kali seminggu dan bersedia menjadi sampel penelitian. Adapun kriteria eksklusi olahragawan dengan cedera fraktur dan sampek tidak mengisi kuesioner dengan lengkap. Besar sampel dihitung dengan aplikasi G*power, dengan jumlah sampel minimal 75 orang. Kekuatan otot diukur menggunakan *hand-held dynamometer*, posisi patella untuk melihat visualisasi tendon patella dengan ultrasonografi serta fungsi lutut dengan *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)* dengan 5 domain *pain, symptoms, ADL, sport/recreation, QOL*. Data yang sudah dikumpulkan kemudian dianalisis secara deskriptif dan bivariat. Analisis deskriptif pada masing-masing variabel dilakukan untuk mendeskripsikan variabel karakteristik secara umum meliputi variabel usia, jenis kelamin, bmi, cabang olahraga, kekuatan otot quadiceps, posisi patella dan fungsi lutut. Sedangkan analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan kekuatan otot quadiceps dan posisi patella terhadap fungsi lutut menggunakan uji non-parametrik *spearman rho* dengan nilai signifikan ($p < 0.05$). Komisi Etik Penelitian (KEP) Fakultas

Kedokteran Universitas Udayana telah menyatakan bahwa penelitian ini laik etik dengan No: 0942/UN14.2.2.VII.14/LT/2026.

Hasil

Pada penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah olahragawan individu yang berada di wilayah Provinsi Bali. Pengambilan subjek penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* dan berdasarkan karakteristik tertentu yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi didapat sebanyak 75 orang.

Analisis Deskriptif

Tabel 1. Distribusi Data Karakteristik Subjek Mean±SD atau n (%)

Karakteristik	Mean±SD atau n (%)
Usia, tahun	19.11±1.26
Jenis Kelamin	
Laki-laki	51 (68%)
Perempuan	24 (32%)
BMI kg/m ²	22.63±3.37
Cabang Olahraga	
Level 1	38 (50.7%)
Level 2	23 (30.7%)
Level 3	14 (18.7%)
Kekuatan Otot	
Kanan	245.78±81.11
Kiri	233.37±77.05
Posisi Patella	
Kanan	
-1	4 (5.3%)
-2	
-3	
0	2 (2.7%)
1	18 (24%)
2	45 (60%)
3	6 (8%)
Kiri	
-1	1 (1.3%)
-2	
-3	
0	2 (2.7%)
1	20 (26.7%)
2	44 (58.7%)
3	8 (10.7%)
Fungsi Lutut KOOS)	
KOOS <i>Pain</i>	95.57±7.64
KOOS <i>Symptom</i>	94.69±5.93
KOOS ADL	96.96±6.57
KOOS <i>Sport/recreation</i>	93.60±11.81
KOOS QOL	68.97±31.66

ADL, *Activities of Daily Living*; BMI, *Body Mass Index*; KOOS, *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*; QOL, *Quality of Life*

Subjek penelitian ini menunjukkan usia rata-rata adalah 19.11 tahun. Berdasarkan jenis kelamin didominasi oleh laki-laki sebanyak 51 (68%) orang dan perempuan sebanyak 24 (32%) orang. Subjek memiliki rata-rata BMI sebesar 22.63 berada pada kategori normal dengan berbagai tingkal level cabang olahraga yang diikuti dengan mayoritas cabang olahraga level 1 sebanyak 38 orang (50.7%), level 2 sebanyak 23 orang (30.7%) dan level 3 sebanyak 14 orang (18.7%). Adapun kekuatan otot quadricps dari subjek yang didominasi oleh otot kanan dengan rata-rata sebesar 245.78 dan otot kiri dengan rata-rata sebesar 233.37. Skala patella yang didapat pada subjek dengan skala negatif yaitu kearah lateral, nol sejajar dengan *trochlear groove* dan positif kearah medial. Skala patella yang didapatkan pada subjek pada tendon kaki kanan yaitu -1 sebanyak 4 orang (5.3%), 0 sebanyak 2 orang (2.7%), 1 sebanyak 18 orang (24%), 2 sebanyak 45 orang (60%) dan 3 sebanyak 6 oarang (8%). Pada tendon kaki kiri didapatkan skala -1 sebanyak 1 orang (1.3%), 0 sebanyak 2 orang (2.7%), 1 sebanyak 20 orang (26.7%), 2 sebanyak 44 orang (58.7%) dan 3 sebanyak 8 orang (10.7) Hasil pada penelitian ini terdiri dari nilai rata-rata skor KOOS yang menilai fungsi lutut dengan 5 item dengan hasil dalam rentan baik yang didapatkan adalah KOOS *pain* sebesar 95.57, *symptoms* sebesar 94.69, ADL sebesar 96.96, *sport* 93.60 dan QoL 68.97 dengan nilai yang lebih rendah daripada domain lainnya.

Analisis Bivariat

Analisis bivariat adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara kekuatan otot quadriceps dan posisi patella terhadap fungsi lutut. Uji analisis yang digunakan adalah dengan uji non-parametrik *spearman rho*. Hasil uji analisis dapat dilihat pada tabel 2. berikut:

Tabel 2. Hasil analisis Spearman’s Rho antara kekuatan otot quadriceps dan posisi patella dengan fungsi lutut (KOOS)

		Pain		Symptoms		ADL		Sport/rec		QOL	
		Korelasi	P-value	Korelasi	P-value	Korelasi	P-value	Korelasi	P-value	Korelasi	P-value
Kekuatan Otot Quadriceps	Kanan	0.055	0.638	0.058	0.623	0.013	0.909	0.004	0.974	0.137	0.240
	Kiri	0.216	0.063	0.175	0.134	0.109	0.350	0.158	0.175	0.250	0.031
Posisi Patella	Kanan	-0.076	0.517	-0.141	0.227	-0.236	0.042	-0.070	0.552	-0.023	0.846
	Kiri	0.015	0.901	0.057	0.626	0.016	0.891	0.059	0.615	-0.046	0.696

ADL, *Activities of Daily Living*; KOOS, *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*; QOL, *Quality of Life*

Analisis *spearman rho* menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara kekuatan otot quadriceps kiri dengan KOOS QoL yaitu nilai $p=0.031$ dan korelasi 0.240 dengan arah hubungan positif lemah. Sementara itu tidak terdapat hubungan signifikan antara kekuatan otot quadriceps kiri dengan domain skor KOOS *pain*, *symptoms*, ADL dan *sport* karena hasil nilai $p>0.05$. Kekuatan otot quadriceps kanan tidak ditemukan hubungan yang signifikan secara statistik dengan seluruh domain KOOS karena nilai $p>0,05$. Skala patella kanan menunjukkan

adanya hubungan yang signifikan dengan domain KOOS ADL dengan nilai $p=0.043$ dan korelasi -0.236 arah hubungan negatif lemah. Sementara skala patella kanan pada domain KOOS *pain*, *symptoms*, *Sport* dan *QoL* tidak menunjukkan hasil signifikan karena nilai $p>0,05$. Skala patella kiri tidak terdapat hubungan yang menyatakan signifikan dengan semua domain KOOS ($p>0,05$).

Pembahasan

Karakteristik Subjek

Penelitian ini dilakukan pada olahragawan individu baik pada olahraga sepak bola, basket, voli dan cabang olahraga lainnya yang berada pada wilayah Provinsi Bali. Berdasarkan karakteristik sampel penelitian didapatkan usia rata-rata subjek adalah 19.11 yang menunjukkan dominasi kelompok usia remaja akhir. Rentan usia tersebut menggambarkan populasi olahragawan aktif yang masih berada pada fase performa fisik optimal (Brennan J., et al 2018). Dominasi jenis kelamin laki-laki 68% (51 orang) sedangkan perempuan 32% (24 orang) laki-laki memiliki massa dan kekuatan otot lebih besar dan risiko PFPS lebih rendah dibandingkan dengan perempuan karena perbedaan biomekanik (Boling, M., et al 2021). Subjek memiliki rata-rata BMI sebesar 22.63 yang termasuk dalam kategori normal. Semakin tinggi BMI maka, semakin besar beban mekanik yang ditanggung oleh sendi lutut, sebaliknya individu dengan BMI normal cenderung memiliki distribusi beban yang lebih optimal dan fisiologis sehingga tekanan pada struktur lutut tetap dalam batas aman (Adouni, M., et al 2024). Tingkal level cabang olahraga yang diikuti dengan mayoritas cabang olahraga level 1 sebanyak 38 orang (50.7%), level 2 sebanyak 23 orang (30.7%) dan level 3 sebanyak 14 orang (18.7%). Aktivitas fisik ringan dapat menjaga kesehatan sendi sedangkan aktivitas berlebih justru meningkatkan risiko cedera (Zumstein, F., et al 2022). Kekuatan otot quadriceps subjek pada ekstremitas kanan dengan rata-rata sebesar 245.78 dan otot kiri dengan rata-rata sebesar 233.37. Perbedaan kekuatan otot antara kaki dominan dan non-dominan dipengaruhi oleh jenis olahraga yang dilakukan, dimana aktivitas yang bersifat unilateral dapat meningkatkan dominasi kekuatan pada salah satu sisi (Ravicavoli JL., et al 2025). Posisi patella pada penelitian ini yang didapat pada subjek dengan skala negatif yaitu kearah lateral, nol sejajar dengan *trochlear groove* dan positif kearah medial. Skala patella yang didapatkan pada subjek pada tendon kaki kanan yaitu -1 sebanyak 4 orang (5.3%), 0 sebanyak 2 orang (2.7%), 1 sebanyak 18 orang (24%), 2 sebanyak 45 orang (60%) dan 3 sebanyak 6 orang (8%). Pada tendon kaki kiri didapatkan skala -1 sebanyak 1 orang (1.3%), 0 sebanyak 2 orang (2.7%), 1 sebanyak 20 orang (26.7%), 2 sebanyak 44 orang (58.7%) dan 3 sebanyak 8 orang (10.7%). Ketidaksesuaian posisi patella dapat meningkatkan tekanan pada sendi patellofemoral dan memicu keluhan nyeri. Maltracking patella lebih sering ditemukan pada individu dengan nyeri patellofemoral, semakin tidak normal posisi patella maka semakin tinggi stres atau tekanan sendi

(Yasuma S., et al 2024). KOOS dengan hasil yang didapatkan adalah KOOS *pain* sebesar 95.57, *symptoms* sebesar 94.69, ADL sebesar 96.96, *sport* 93.60 dan QoL 68.97. Kualitas hidup merupakan aspek yang paling sensitif terhadap gangguan fungsi lutut, meskipun secara objektif nyeri dan fungsi lutut tidak terlalu terganggu (Hidayahtulloh,A., et al 2025).

Hubungan Kekuatan Otot Quadriceps dan Posisi Patella Terhadap Fungsi Lutut

Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan signifikan kekuatan otot quadriceps kiri dengan KOOS pada domain kualitas hidup (QOL) nilai $p=0.031$ dan nilai korelasi sebesar 0.250 yang menunjukkan arah hubungan positif dengan kekuatan korelasi lemah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa semakin baik kekuatan otot quadriceps kiri maka kualitas hidup yang berkaitan dengan fungsi lutut juga cenderung semakin baik. Otot quadriceps memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas dinamis sendi lutut, mengontrol gerakan fleksi-ekstensi, serta membantu distribusi beban pada sendi patellofemoral selama aktivitas fungsional seperti berjalan, berlari, naik turun tangga, dan aktivitas olahraga. Kekuatan otot quadriceps yang baik membantu menjaga tracking patella tetap stabil pada trochlear groove sehingga tekanan pada sendi patellofemoral menjadi lebih seimbang (Xiaofeng Wang., et al 2020). Otot quadriceps memiliki peran penting dalam stabilitas sendi lutut, kontrol gerak serta distribusi beban pada sendi patellofemoral. Kekuatan otot quadriceps yang baik berhubungan dengan peningkatan fungsi lutut dan kualitas hidup pada individu dengan gangguan patellofemoral (Li Z., et al 2023). Kekuatan otot quadriceps kanan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan pada seluruh domain KOOS ($p>0.05$). Adanya dominasi ekstremitas yang menyebabkan variasi penggunaan sehingga tidak semua sisi menunjukkan hubungan terhadap fungsi lutut (Yasuma S., et al 2024). Variasi penggunaan ekstremitas tersebut menyebabkan hubungan antara kekuatan otot dan fungsi lutut tidak selalu muncul secara konsisten pada kedua sisi (Zumstein, Et al.,2022).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi patella kanan memiliki hubungan signifikan dengan domain KOOS ADL ($p=0.043$) dengan korelasi -0.236 dengan arah korelasi negatif lemah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar deviasi posisi patella, maka fungsi aktivitas sehari-hari (ADL) cenderung menurun. posisi patella yang tidak normal dapat menyebabkan gangguan distribusi tekanan pada sendi patellofemoral, kondisi ini dapat meningkatkan stres mekanik pada kartilago patellofemoral, terutama saat melakukan aktivitas fungsional seperti berjalan, jongkok, naik turun tangga, maupun berlari. Akibatnya, individu dapat mengalami rasa tidak nyaman, penurunan efisiensi gerakan, hingga keterbatasan dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Li Z., et al 2024). Hubungan signifikan posisi patella kiri dengan seluruh domain KOOS ($p>0.005$) tidak semua perubahan alignment patella akan menimbulkan gangguan fungsional. Fungsi lutut dipengaruhi oleh berbagai faktor lainnya seperti kekuatan otot, kontrol neuromuskular, serta

adaptasi biomekanik lutut oleh karena itu tidak semua perubahan posisi patella akan berdampak langsung terhadap penurunan fungsi lutut (Liao T-C., et al 2024).

Kesimpulan

Secara keseluruhan, hasil penelitian dari uji analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menegaskan bahwa terdapat hubungan yang signifikan $p < 0.05$ antara kekuatan otot quadriceps kiri dengan domain KOOS QOL pada olahragawan, serta terdapat hubungan signifikan antara posisi patella kanan dengan domain KOOS ADL pada olahragawan. Penelitian ini memperkuat teori bahwa kekuatan otot quadriceps yang baik akan menjaga posisi patella dalam alur trochlear serta menjaga fungsi lutut tetap optimal dalam olahraga.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti berterima kasih kepada peserta yang secara sukarela menjadi sampel penelitian ini, serta kepada dosen pembimbing dan rekan sejawat di Program Studi Sarjana Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana yang memberikan dukungan selama penelitian ini berlangsung.

Referensi

- Adouni, M., Aydelik, H., Faisal, T.R. *et al.* The effect of body weight on the knee joint biomechanics based on subject-specific finite element-musculoskeletal approach. *Sci Rep* 14, 13777 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63745-x>
- Boling, M. C., Nguyen, A. D., Padua, D. A., Cameron, K. L., Beutler, A., & Marshall, S. W. (2021). Gender-Specific Risk Factor Profiles for Patellofemoral Pain. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 31(1), 49–56. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000719>
- Brennan J Thompson, Morgan Whitson, Eric J Sobolewski, Matt S Stock, The Influence of Age, Joint Angle, and Muscle Group on Strength Production Characteristics at the Knee Joint, *The Journals of Gerontology: Series A*, Volume 73, Issue 5, May 2018, Pages 603–607,
- Chia, L., Silva, D. O., Whalan, M., McKay, M. J., Sullivan, J., Fuller, C. W., & Pappas, E. 2022. Epidemiology of gradual-onset knee injuries in team ball-sports: A systematic review with meta-analysis of prevalence, incidence, and burden by sex, sport, age, and participation level. *Journal of science and medicine in sport*, 25(10), 834–844. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.08.016>
- Falkowski, Wojciech, Gaszyńska, Monika, Drzewiecka, Antonina, Drzewiecki, Artur, Korczak, Wiktor, Madejska, Maria, Rudzka, Aleksandra, Krysińska, Anna, Woźniak, Weronika And Magielski, Jakub. 2025. Physical Activity and Knee Joint Injuries -Risk Factors, Management and Prognosis. *Journal of Education, Health and Sport*;80:59973. eISSN 2391-8306.<https://doi.org/10.12775/JEHS.2025.80.59973>
- Hidayatulloh, A., & Oka Narasara, G. G. (2025). Analysis of the Quality of Life Domain in Knee Injury an Osteoarthritis Outcome Score as an Expansion of Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index for Evaluating Knee Osteoarthritis Therapy Outcomes. *Indonesian Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 14(2), 183 - 188.
- Lesnak, J., Anderson, D., Farmer, B., Katsavelis, D., & Grindstaff, T. L. 2019. Validity of hand-held dynamometry in measuring quadriceps strength and rate of torque development. *International journal of sports physical therapy*, 14(2), 180–187.

- Li, J., Chen, Y., Yuan, M. *et al.* 2025. Lateral patellar maltracking and patella alta in the absence of increased TT-TG_{dynamic} distance in isolated patellofemoral pain: a dynamic kinematic CT study. *BMC Med Imaging* 25, 446. <https://doi.org/10.1186/s12880-025-01999-1>
- Liao T-C, Padoia V, Link TM, Majumdar S, Souza RB. Association of patella alignment with cartilage relaxation times and self-reported symptoms in individuals with patellofemoral degeneration. *J Orthop Res.* 2023;41:562-569. doi:10.1002/jor.25384
- Morri, M., Contri, A., Peccerillo, V. *et al.* 2025. Conservative treatment of patellofemoral pain: effectiveness of strength exercises compared to other treatments. a systematic review with meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 17, 303. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01297-x>
- Mulyaningsih, F., Suryobroto, A. S., Pertiwi, N. C., & Utama, A. B. 2023. Hubungan antara aktivitas fisik dan pola hidup sehat dengan tingkat kebugaran jasmani peserta ekstrakurikuler olahraga di smp negeri 2 mlati. *Majalah Ilmiah Olahraga (MAJORA)*, 29(1), 15–21. <https://doi.org/10.21831/majora.v29i1.64506>
- Rapicavoli JL, Feigenbaum LA, Roach KE, Milian EK. Comparing the Dominant and Non-Dominant Leg Strength of Division I Collegiate Female Cutting Athletes to Jumping Athletes: A Pilot Study. *IJSPT.* 2025;20(6):793-800. doi:10.26603/001c.137955
- Suchomel, T.J., Nimphius, S. & Stone, M.H. 2016. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med* 46, 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Szybist, Sarah DO1; Houser, Alex DO, FAAFP1; Corletto, John MD2; Maloy, Wyatt MD, MS1. 2025. Patellofemoral Biomechanics Considerations: Analysis of Factors Contributing to Patellofemoral Pain. *Current Sports Medicine Reports* 24(9):p 275-280. |DOI: 10.1249/JSR.0000000000001284
- Wang, X., & Cheng, Z. 2020. Cross-Sectional Studies: Strengths, Weaknesses, and Recommendations. *Chest*, 158(1S), S65–S71. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>
- Xiaofeng Wang, Zhenshun Cheng, 2020, Cross-Sectional Studies: Strengths, Weaknesses, and Recommendations, *Chest*, Volume 158, Issue 1, Supplement, Pages S65-S71, ISSN 0012-3692, <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>.
- Yasuma, S., Kato, S., Usami, T. *et al.* Internal rotational patellar resection and patella alta induced patellar maltracking in total knee arthroplasty: intraoperative measurement of the patellofemoral pressure. *Knee Surg & Relat Res* 36, 25 (2024).
- Zumstein, F., Centner, C. & Ritzmann, R. How limb dominance influences limb symmetry in ACL patients: effects on functional performance. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 14, 206 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00579-y>