

Tes *Vertical Jump* : Hubungan Ayunan Lengan dengan *Countermovement Jump* pada Pemain Bola Voli Active Movement Volleyball School

Nurrul Riyad Fadhli^{1✉}, Dona Sandy Yudasmar², Taufik³, Rida Hanania⁴, Eldiene Zaura I'tamada⁵

^{1,2,4,5} Universitas Negeri Malang, ³Universitas Negeri Yogyakarta

nurrul.riyad.fik@um.ac.id¹, dona.sandy.fik@um.ac.id², taufik.fik@um.ac.id³, 2206148@students.um.ac.id⁴, itamada012@gmail.com⁵

Article Info

History Articles

Received : 10 Oktober 2023

Accepted : 25 Oktober 2023

Published : 30 November 2023

Kata Kunci

Ayunan Lengan; Bola Voli; Lompatan Countermovement.

Keywords

Arm Swing; Countermovement Jump; Volleyball

Abstrak

Lompatan *countermovement* secara rutin digunakan pada kinerja atlet untuk mengukur adaptasi terhadap latihan, serta memantau kesiapan neuromuskular dan kelelahan. Banyak penelitian yang menyatakan ayunan lengan dan *countermovement* memberikan dampak terhadap performa lompatan pada pemain bola voli. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara ayunan lengan terhadap tingginya *countermovement jump* pada pemain bola voli. Subjek yang terlibat sebanyak 45 peserta meliputi 17 perempuan dan 28 laki-laki (mean = 12,06 ± 14,93 tahun) dengan teknik pengambilan data *total sampling*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes *Vertical Jump (Countermovement Jump with Arm Swing)*. Teknik pengambilan data menggunakan tes lompatan vertikal diukur dengan menggunakan sistem analisis dan pengukuran "*OptoJump*". Teknik analisis data yang digunakan adalah *pearson correlation*. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai korelasi 0.024 (sign <0.05) yang berarti ayunan lengan dengan tinggi lompatan *countermovement* memiliki hubungan. Namun berdasarkan jenis kelamin, hanya laki-laki saja yang memiliki hubungan antara ayunan lengan dengan *countermovement jump*, tidak ada hubungan pada perempuan. Berkaitan dengan pendaratan perempuan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki yang menumpu pada otot ekstremitas bawah sehingga semakin rendah maka resiko cedera ACL semakin kecil. Sehingga penelitian selanjutnya harus mendeteksi adalah faktor kelelahan pada perempuan pada gerak *countermovement* dan ayunan lengan.

Abstract

This study aims to determine the relationship between arm swing and the height of countermovement jump in volleyball players. The subjects involved were 45 participants including 17 women and 28 men (mean = 12.06 ± 14.93 years) with total sampling technique. The instrument used in this study was the Vertical Jump test (Countermovement Jump with Arm Swing). The data collection technique using the vertical jump test was measured using the "OptoJump" analysis and measurement system. The data analysis technique used is Pearson Correlation. The results of this study showed a correlation value of 0.024 (sign <0.05) which means that arm swing with countermovement jump height has a relationship. However, based on gender, only men have a relationship between arm swing and countermovement jump, there is no relationship in women. It is related to the relatively higher landing of women compared to men who rest on the lower extremity muscles so that the lower the risk of ACL injury is smaller. So further research must detect fatigue factors in women during countermovement and arm swings.

Alamat korespondensi :

Alamat : Perum Griya Permata Alam Blok EG-01 RT/RW 002/011 Kelurahan

Ngijo Kecamatan Karang Ploso, Kota Malang, 65152

E-mail : nurrul.riyad.fik@um.ac.id / +62 878-3696-0030

p-ISSN 2548-4885

e-ISSN 2548-706x

PENDAHULUAN

Diantara berbagai tindakan dalam permainan bola voli, peranan penting yaitu memperoleh keunggulan kompetitif atas lawan. Mencapai hasil yang maksimal memerlukan taktik dan tempo yang tepat dengan beberapa faktor kinematik, termasuk kinematik tubuh bagian atas, jarak pendekatan, kecepatan pendekatan, dan ketinggian pusat gravitasi (González-Silva et al., 2020; Lima et al., 2021). Bola voli merupakan olahraga anaerobik yang paling intens yang mencakup kombinasi gerakan eksplosif dengan periode pemulihan yang singkat (Gabbett & Georgieff, 2007; Smyth & Anderson, 2000). Kinerja fisik dalam bola voli mencakup berbagai perubahan arah dalam bidang sagittal dan frontal, sprint, dan berbagai jenis lompatan (Kim & Park, 2016; Trajković et al., n.d.). Meskipun semua orang dapat melakukan aksi melompat, namun pelaksanaan lompat yang tepat dan dapat memaksimalkan kinerja lompatan sekaligus meminimalkan cedera sangatlah sulit. Selain itu, bola voli merupakan permainan yang dianggap berbasis keterampilan dan kompleks yang membutuhkan tingkat koordinasi motorik yang berkembang dengan baik (Pion et al., 2015). Pentingnya pengoptimalan setiap perilaku motorik yang efektif dan pengambalikan keputusan dalam permainan motorik lainnya (Pic & Lavega-Burgués, 2019). Perempuan dan laki-laki menunjukkan perbedaan dalam keefektifan perilaku motorik dan memiliki respon yang berbeda ketika bertindak dalam struktur yang kompleks (Pic et al., 2019).

Lompatan *countermovement* secara rutin digunakan pada kinerja atlet untuk mengukur adaptasi terhadap latihan, serta memantau kesiapan neuromuskular dan kelelahan (A. D. Heishman et al., 2020). Lompat vertikal yang kompleks memberikan tuntutan yang besar pada *system neuromuscular* (Acero et al., 2012). Berdasarkan literatur, pengukuran tinggi lompatan vertikal dengan gerakan lengan dianggap sebagai protokol yang terstandarisasi dengan baik sehingga tujuan dari tindakan ayunan lengan untuk membakukan kondisi lompatan (Acero et al., 2012). Penilaian lompatan telah banyak dilakukan dengan berbagai metodologi yang menjadikan tinggi lompatan dan kekuatan puncak sebagai variabel yang umum dan menarik (R. Gathercole et al., 2015). Protokol yang paling umum digunakan saat penilaian *vertical jump* yaitu menggunakan ayunan lengan. Investigasi sebelumnya menunjukkan bahwa lompatan akan lebih besar ketika menggunakan ayunan lengan yang dibuktikan dengan pencapaian ketinggian yang lebih besar (Hara et al., 2008a; HARMAN et al., 1990a; A. Heishman et al., 2019). Ketika penilaian *vertical jump*, individu dapat menggunakan strategi ayunan lengan yang berbeda (A. Heishman et al., 2019). Penjelasan mengenai mekanisme lompatan yang lebih tinggi jika menggunakan ayunan lengan masih perlu ditinjau ulang. Peningkatan kinerja tersebut didasarkan pada beberapa mekanisme seperti neurofisiologis, mekanis, dan koordinatif (Lees et al., 2004). Gerakan ayunan lengan dan *countermovement* mempengaruhi kerja kaki secara mandiri, sehingga menggabungkan kedua tindakan tersebut mampu menghasilkan lompatan yang lebih tinggi (Hara et al., 2008b).

Meskipun ayunan lengan dan *countermovement* memberikan dampak terhadap performa lompatan telah diteliti, namun masih belum diketahui bagaimana kombinasi kedua gerakan tersebut mempengaruhi tingginya lompatan secara biomekanika dilihat dari seberapa besar sudut pada saat melakukan ayunan lengan terhadap tingginya gerak *countermovement* pada pemain bola voli. Namun, masih ada kontroversi mengenai apakah melakukan ayunan lengan atau tetap meletakkan tangan di pinggul yang akan memberikan tingkat kekhususan olahraga yang lebih tinggi dan meningkatkan kemampuan (A. D. Heishman et al., 2020). Penelitian ini berfokus pada seberapa besar sudut lengan yang dapat mempengaruhi tingginya lompatan. Pentingnya penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar ayunan lengan terhadap *countermovement* pada pemain Active Movement Volleyball School sebagai referensi program latihan selanjutnya.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode korelasional untuk mengukur sudut ayunan lengan dengan tingginya *countermovement jump*. Peserta dalam penelitian ini merupakan seluruh anggota klub Active Movement Volleyball School yang berusia 10-21 tahun sebanyak 45 orang dengan teknik pengambilan data *total sampling*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes *Vertical Jump (Countermovement Jump with Arm Swing)*. Teknik pengambilan data menggunakan tes lompatan vertikal diukur dengan menggunakan system analisis dan pengukuran “*OptoJump*” (Sattler et al., 2015).

Peserta diberitahu terkait prosedur dan implikasi (resiko dan manfaat) melalui lembar persetujuan penelitian. Sebelum pelaksanaan penelitian, melakukan pemanasan yang dipimpin oleh pelatih. Prosedur tes dijelaskan secara detail. Tahap pelaksanaannya setiap lompatan dimulai dari posisi berdiri, tidak melakukan gerakan tambahan lainnya. Ayunan lengan dilakukan dengan lengan yang pertama kali bergerak ke arah ekstensi pada sendi bahu, diikuti dengan gerakan ke arah fleksi. Subjek melakukan tiga lompatan dengan ayunan lengan dan diinstruksikan untuk melompat secara alami dan setinggi mungkin. Melakukan semua lompatan dengan upaya maksimal. Setiap lompatan terdapat sesi istirahat yang dilakukan minimal 30 detik yang bertujuan untuk meminimalisir efek bahaya dan kelelahan. Data hasil tes yang telah dicatat oleh tim, selanjutnya dikumpulkan dan dilakukan analisis. Teknik analisis data yang digunakan menggunakan *pearson correlational* menggunakan SPSS 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi dari penelitian berdistribusi normal sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan analisis. Subjek yang terlibat sebanyak 45 peserta meliputi 17 perempuan dan 28 laki-laki (mean = $12,06 \pm 14,93$ tahun). Untuk mengetahui hasil dari penelitian ini terkait terdapat hubungan atau tidaknya antara sudut ayunan lengan dengan tingginya lompatan melalui sajian tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Korelasi Variabel *Countermovement* dan Sudut Lengan

		<i>Countermovement Jump</i>	Sudut Lengan
<i>Countermovement Jump</i>	Pearson Correlation	1	.337*
	Sig. (2-tailed)		.024
	N	45	45
Sudut Lengan	Pearson Correlation	.337*	1
	Sig. (2-tailed)	.024	
	N	45	45

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa hasil korelasi sederhana menunjukkan sig 0.024 (kurang dari sig <0.05) sehingga dapat diartikan bahwa kedua variabel sudut lengan dengan *countermovement* memiliki hubungan. Sebelum mengkorelasikan berdasarkan jenis kelamin, berikut ini data mentah hasil penelitian yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Mentah Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	<i>Counter-movement</i> (cm)	Ayunan Lengan (derajat)	Jenis Kelamin	<i>Counter-movement</i> (cm)	Ayunan Lengan (derajat)
L	45	49	P	35	62
L	44	60	P	40	86
L	40	72	P	44	81
L	58	88	P	36	70
L	63	80	P	41	75
L	59	67	P	41	69
L	57	69	P	33	62
L	52	60	P	35	65
L	58	65	P	37	70
L	59	50	P	43	67
L	50	45	P	34	54
L	64	87	P	29	79
L	56	69	P	34	65
L	47	65	P	26	65
L	60	75	P	49	65
L	49	58	P	37	49
L	49	42	P	38	55
L	37	55			
L	42	45			
L	35	62			
L	54	69			
L	37	45			
L	57	80			
L	72	73			
L	58	65			
L	62	74			
L	73	90			
L	50	44			

Ayunan lengan meningkatkan performa lompatan sehingga semakin tinggi dan otot yang paling aktif saat melakukan lompatan adalah otot *trisep brachii* (Teoh et al., 2021). Sehingga korelasi berdasarkan jenis kelamin disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Korelasi Berdasarkan Jenis Kelamin

		Laki-laki (N=28)	
		<i>Countermovement</i>	Sudut Lengan
<i>Countermovement</i>	<i>Pearson Correlation</i>	1	.643
	<i>Sig. (2-tailed)</i>		.000
Sudut Lengan	<i>Pearson Correlation</i>	.643	1
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.000	
		Perempuan (N=17)	
		<i>Countermovement</i>	Sudut Lengan
<i>Countermovement</i>	<i>Pearson Correlation</i>	1	.187
	<i>Sig. (2-tailed)</i>		.473
Sudut Lengan	<i>Pearson Correlation</i>	.187	1
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.473	

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada laki-laki yaitu .000 (sign < 0.05) yang berarti memiliki hubungan yang kuat antara ayunan lengan dengan *countermovement jump*. Namun nilai sign pada perempuan menunjukkan angka .473 yang berarti tidak ada hubungan. Beberapa faktor yang berhubungan dengan teknik dan performa lompat dari sudut pandang berbeda, gerakan ayunan lengan telah terbukti dapat meningkatkan kinerja lompatan *countermovement* dengan meningkatkan gaya reaksi tanah dan ketinggian lompatan, namun hanya subjek laki-laki pada penelitian tersebut (Mosier et al., 2019; Shu et al., 2015). Tinggi lompatan laki-laki lebih besar dibandingkan perempuan dikarenakan saat lompat dengan ayunan, sudut fleksi lutut kiri bertambah pada laki-laki, sedangkan perempuan menurun (Teoh et al., 2021). Namun ketika melakukan lompatan, perempuan memiliki sudut fleksi kiri lebih besar dibandingkan laki-laki sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan, laki-laki lebih cenderung mendarat dengan sudut fleksi lutut kiri yang hampir sama dengan perempuan karena berfokus dan ketergantungan yang lebih tinggi pada otot pergelangan kaki untuk mengurangi kekuatan saat pendaratan (Hunter, 2017). Laki-laki memiliki sudut fleksi kiri yang lebih besar dibandingkan perempuan untuk melompat ke depan dan belakang sehingga berdampak pada pendaratan lebih cenderung ke otot ekstremitas bawah untuk meredam guncangan untuk mengurangi resiko cedera ACL (Yin et al., 2015). Namun posisi pendaratan pada perempuan lebih tegak dibandingkan laki-laki pada kontak pendaratan awal (Decker et al., 2003; Walsh et al., 2012).

Peningkatan ketinggian lompatan ini terjadi dengan penurunan gaya dorong rata-rata dan peningkatan waktu dorong serta waktu lepas landas (R. J. Gathercole, Stellingwerff, et al., 2015). Peningkatan tinggi lompatan dengan ayunan lengan terutama disebabkan oleh peningkatan kinerja ekstremitas bawah yang meliputi pinggul dan pergelangan kaki, sedangkan ayunana lengan merupakan tekanan tambahan sebagai beban sehingga ayunan lengan dengan *countermovement*

memiliki efek independent pada kerja ekstremitas bawah dan memiliki efek bersifat aditif untuk menghasilkan ketinggian lompatan yang lebih besar (Hara et al., 2008c). Selain itu, sendi pergelangan kaki yang lebih fleksibel dan kapasitas pembangkit torsi ekstensor lutut isokinetik yang lebih tinggi menghasilkan kinerja *countermovement jump* yang lebih tinggi, sehingga fleksibilitas kaki harus lebih ditekankan pada saat latihan (Panoutsakopoulos & Bassa, 2023). Pengaruh aktivitas latissimus dorsi persiapan pada kinetika kinerja melompat yang berpotensi melalui peningkatan stabilitas panggul, perbedaan yang signifikan pada puncak gaya reaksi tanah anterior antara kondisi lengan ayun sebelum *countermovement* dan tanpa *countermovement* untuk lompat horizontal, namun tidak ada perbedaan signifikan antara kondisi lengan ayun sebelum gerakan balasan dan tanpa gerakan balik pada kondisi lengan ayun sebelum gerakan balasan pada puncak gaya reaksi tanah vertikal baik melompat vertikal maupun horizontal (Kosek et al., 2023).

Meskipun ayunan lengan dapat memberikan tingkat validitas ekologis pada pengujian tersebut, jika seseorang mengalami kelelahan maka dapat ditutupi dengan menggunakan relatif ayunan lengan untuk menciptakan momentum peningkatan lompatan (Donahue et al., 2023). Temuan lain yang berbanding terbalik dengan hasil pada penelitian ini, kondisi atlet saat kelelahan menunjukkan perubahan signifikan yaitu seluruh peserta tidak konsisten mengayunkan lengan saat pendaratan, namun ketika tanpa ayunan lengan rata-rata daya dorong, impuls jaring dorong, tinggi lompatan, dan indeks kekuatan meningkatkan secara statistik (Donahue et al., 2023). Berbagai bentuk pengujian lompat vertikal dalam keadaan lelah memberikan hasil yang berbeda, kinerja lompat *countermovement* mengalami pengurangan ketinggian lompatan (Doeven et al., 2018; R. J. Gathercole et al., 2015). Peningkatan kekuatan pendorong rata-rata meningkat dan waktu untuk lepas landas menurun, menunjukkan adanya perubahan dalam strategi pergerakan selama keadaan lelah (Donahue et al., 2023). Perbandingan lompatan dengan ayunan lengan dan tanpa ayunan lengan, terdapat bukti empiris bahwa tinggi rata-rata lompatan lebih besar 10% jika menggunakan lengan (HARMAN et al., 1990b; Luhtanen & Komi, 1979; Shetty & Etnyre, 1989) dan kecepatan vertikal pusat juga lebih besar ketika tangan diayunkan (FELTNER et al., 1999).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil penelitian secara keseluruhan menunjukkan sig 0.024 (kurang dari sig <0.05) sehingga kedua variabel sudut lengan dengan *countermovement* memiliki hubungan. Ayunan lengan meningkatkan performa lompatan. Peningkatan ketinggian lompatan ini terjadi dengan penurunan gaya dorong rata-rata dan peningkatan waktu dorong serta waktu lepas landas. Namun saat kondisi kelelahan, melompat tanpa ayunan lebih disarankan. Nilai sign pada laki-laki yaitu .000 (sign < 0.05) yang berarti memiliki hubungan yang kuat antara ayunan lengan dengan *countermovement jump*. Namun nilai sign pada perempuan menunjukkan angka .473 yang berarti tidak ada hubungan. Teknik dan performa lompat dari sudut pandang berbeda, gerakan ayunan lengan telah terbukti dapat

meningkatkan kinerja lompatan *countermovement* dengan meningkatkan gaya reaksi tanah dan ketinggian lompatan pada laki-laki, sedangkan posisi pendaratan pada perempuan lebih tinggi dan bertumpu pada lutut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat, terutama kepada anggota klub Active Movement Volleyball School yang telah bersedia menjadi subjek dalam penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang yang telah mendanai penelitian ini dengan keputusan rektor UM NOMOR 5.4.1/UN32/KP/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Acero, R. M., Sánchez, J. A., & Fernández-del-Olmo, M. (2012). Tests of Vertical Jump. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 87–93. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318276c353>
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I., & Richard Steadman, J. (2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 662–669. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(03\)00090-1](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(03)00090-1)
- Doeven, S. H., Brink, M. S., Kosse, S. J., & Lemmink, K. A. P. M. (2018). Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000264.
- Donahue, P. T., McInnis, A. K., Williams, M. K., & White, J. (2023). Examination of Countermovement Jump Performance Changes in Collegiate Female Volleyball in Fatigued Conditions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(3), 137. <https://doi.org/10.3390/jfmk8030137>
- FELTNER, M. E., FRASCHETTI, D. J., & CRISP, R. J. (1999). Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *Journal of Sports Sciences*, 17(6), 449–466. <https://doi.org/10.1080/026404199365768>
- Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). PHYSIOLOGICAL AND ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF AUSTRALIAN JUNIOR NATIONAL, STATE, AND NOVICE VOLLEYBALL PLAYERS. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 21, Issue 3). <http://journals.lww.com/nsca-jscr>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2522–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>
- Gathercole, R. J., Stellingwerff, T., & Sporer, B. C. (2015). Effect of Acute Fatigue and Training Adaptation on Countermovement Jump Performance in Elite Snowboard Cross Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 37–46. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000622>
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative Countermovement-Jump Analysis to Quantify Acute Neuromuscular Fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- González-Silva, J., Fernández-Echeverría, C., Conejero, M., & Moreno, M. P. (2020). Characteristics of Serve, Reception and Set That Determine the Setting Efficacy in Men's Volleyball. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00222>
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2008a). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27(4), 636–648.

- <https://doi.org/10.1016/j.humov.2008.04.001>
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2008b). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27(4), 636–648. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2008.04.001>
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2008c). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27(4), 636–648. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2008.04.001>
- HARMAN, E. A., ROSENSTEIN, M. T., FRYKMAN, P. N., & ROSENSTEIN, R. M. (1990a). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 825. <https://doi.org/10.1249/00005768-199012000-00015>
- HARMAN, E. A., ROSENSTEIN, M. T., FRYKMAN, P. N., & ROSENSTEIN, R. M. (1990b). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 825. <https://doi.org/10.1249/00005768-199012000-00015>
- Heishman, A., Brown, B., Daub, B., Miller, R., Freitas, E., & Bembem, M. (2019). The Influence of Countermovement Jump Protocol on Reactive Strength Index Modified and Flight Time: Contraction Time in Collegiate Basketball Players. *Sports*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.3390/sports7020037>
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., Frantz, B. A., & Bembem, M. G. (2020). Countermovement Jump Reliability Performed With and Without an Arm Swing in NCAA Division 1 Intercollegiate Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 546–558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002812>
- Hunter, B. (2017). The effect of gender and load type on lower extremity biomechanics during jump landings.
- Kim, Y.-Y., & Park, S.-E. (2016). Comparison of whole-body vibration exercise and plyometric exercise to improve isokinetic muscular strength, jumping performance and balance of female volleyball players. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(11), 3140–3144. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3140>
- Kosek, J., Hill, I., Houde, H., Wilburn, C., & Weimar, W. (2023). INFLUENCE OF A PRE-COUNTERMOVEMENT ARM SWING ON HORIZONTAL AND VERTICAL JUMPING. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, 16(2), 207.
- Lees, A., Vanrenterghem, J., & Clercq, D. De. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1929–1940. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.021>
- Lima, R., Afonso, J., Silva, A. F., Silva, R., & Clemente, F. M. (2021). Relationships between ball speed and arm speed during the volleyball serve in youth elite male players, and why statistical significance might be misleading. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 235(2), 122–130. <https://doi.org/10.1177/1754337120971448>
- Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1979). Mechanical power and segmental contribution to force impulses in long jump take-off. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 41(4), 267–274. <https://doi.org/10.1007/BF00429743>
- Mosier, E. M., Fry, A. C., & Lane, M. T. (2019). Kinetic Contributions of The Upper Limbs During Counter-Movement Vertical Jumps With and Without Arm Swing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2066–2073. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002275>
- Panoutsakopoulos, V., & Bassa, E. (2023). Countermovement Jump Performance Is Related to Ankle Flexibility and Knee Extensors Torque in Female Adolescent Volleyball Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(2), 76. <https://doi.org/10.3390/jfkm8020076>
- Pic, M., & Lavega-Burgués, P. (2019). Estimating motor competence through motor games. [Estimar la competencia motriz mediante juegos motores]. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 15(55), 5–19. <https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05501>
- Pic, M., Lavega-Burgués, P., & March-Llanes, J. (2019). Motor behaviour through traditional games. *Educational Studies*, 45(6), 742–755. <https://doi.org/10.1080/03055698.2018.1516630>
- Pion, J. A., Fransen, J., Deprez, D. N., Segers, V. I., Vaeyens, R., Philippaerts, R. M., & Lenoir, M.

- (2015). Stature and Jumping Height Are Required in Female Volleyball, but Motor Coordination Is a Key Factor for Future Elite Success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1480–1485. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000778>
- Sattler, T., Hadžić, V., Dervišević, E., & Markovic, G. (2015). Vertical Jump Performance of Professional Male and Female Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1486–1493. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000781>
- Shetty, A. B., & Etnyre, B. R. (1989). Contribution of Arm Movement to the Force Components of a Maximum Vertical Jump. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(5), 198–201. <https://doi.org/10.2519/jospt.1989.11.5.198>
- Shu, Y., Sun, D., Hu, Q. L., Zhang, Y., Li, J. S., & Gu, Y. D. (2015). Lower Limb Kinetics and Kinematics during Two Different Jumping Methods. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, 22, 29–35. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JBBBE.22.29>
- Smyth, M. M., & Anderson, H. I. (2000). Coping with clumsiness in the school playground: Social and physical play in children with coordination impairments. *British Journal of Developmental Psychology*, 18(3), 389–413. <https://doi.org/10.1348/026151000165760>
- Teoh, L. M., Sakeran, H., Salleh, A. F., Salim, M. S., Wan Muhamad, W. Z. A., & Mohamed Shapie, M. A. (2021). Effect of Arm Swing Direction on Forward and Backward Jump Performance Based on Biomechanical Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2071(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2071/1/012018>
- Trajković, N., Krističević, T., & Baić, M. (n.d.). EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON SPORT-SPECIFIC TESTS IN FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS.
- Walsh, M., Boling, M. C., McGrath, M., Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2012). Lower Extremity Muscle Activation and Knee Flexion During a Jump-Landing Task. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 406–413. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.17>
- Yin, L., Sun, D., Mei, Q. C., Gu, Y. D., Baker, J. S., & Feng, N. (2015). The kinematics and kinetics analysis of the lower extremity in the landing phase of a stop-jump task. *The Open Biomedical Engineering Journal*, 9, 103.