

## **Analisis Biomekanik Lompatan Vertikal dalam Gerakan Smash Bola Voli**

**Moh Syafruddin Kuryanto<sup>1\*</sup>, Moh Hasan Basri<sup>2</sup>, Faisal Adam Rahman<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup> Universitas Muria Kudus

<sup>2</sup> STKIP PGRI Sumenep

<sup>3</sup> Universitas Negeri Semarang

\* syafruddin\_kuryanto@students.unnes.ac.id

**Abstract:** The vertical jump is a crucial skill in the game of volleyball, playing an important role in offensive actions such as spiking and defensive actions such as blocking. This study aims to conduct a comprehensive biomechanical analysis of the vertical jump technique, focusing on the smash movement. Methods included measurement of knee joint and acromioclavicular (AC) joint angles using Kinovea software, as well as correlation analysis to explore the relationship between these angles and jump height. Results showed that the average vertical jump height of athletes was 154.13 cm with little variation among subjects. Although the regression model showed that 87.1% of the variability in jump height could be explained by the measured angles, statistical significance was not reached ( $p = 0.107$ ). These findings emphasize the importance of angular coordination in the preparation and hovering phases in achieving optimal jump height. This study provides new insights into the biomechanics of vertical jumps in the context of volleyball smashes and offers recommendations for the improvement of training techniques among athletes.

**Keywords:** vertical jump, biomechanics, , volleyball, jump performance

**Abstrak:** Lompatan vertikal merupakan keterampilan krusial dalam permainan bola voli, berperan penting dalam aksi ofensif seperti spiking dan defensif seperti blocking. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis biomekanik yang komprehensif terhadap teknik lompatan vertikal, dengan fokus pada gerakan smash. Metode yang digunakan meliputi pengukuran sudut sendi lutut dan sendi acromioclavicular (AC) menggunakan perangkat lunak Kinovea, serta analisis korelasi untuk mengeksplorasi hubungan antara sudut-sudut tersebut dan tinggi lompatan. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata tinggi lompatan vertikal atlet adalah 154,13 cm dengan variasi kecil di antara subjek. Meskipun model regresi menunjukkan bahwa 87,1% variabilitas tinggi lompatan dapat dijelaskan oleh sudut-sudut yang diukur, signifikansi statistik tidak tercapai ( $p = 0,107$ ). Temuan ini menekankan pentingnya koordinasi sudut pada fase persiapan dan melayang dalam mencapai tinggi lompatan optimal. Penelitian ini memberikan wawasan baru

tentang biomekanika lompatan vertikal dalam konteks smash bola voli dan menawarkan rekomendasi untuk perbaikan teknik pelatihan di kalangan atlet.

Kata kunci: lompat vertikal, biomekanik, bola voli, performa lompatan,

© 2024 Universitas Negeri Semarang

## PENDAHULUAN

Lompatan vertikal merupakan keterampilan yang sangat krusial dalam permainan bola voli, karena kemampuan ini secara langsung memengaruhi performa pemain dalam melakukan serangan dan pertahanan. Dalam konteks permainan, lompatan yang tinggi memungkinkan pemain untuk melakukan blok yang efektif terhadap serangan lawan serta meningkatkan peluang untuk mendapatkan poin melalui spike. Penelitian menunjukkan bahwa lompatan vertikal adalah faktor penentu keberhasilan dalam berbagai keterampilan di lapangan, seperti blok dan serangan (Modrick, 2019). Selain itu, pemanasan yang tepat sebelum pertandingan dapat meningkatkan tinggi lompatan secara signifikan, yang menunjukkan pentingnya persiapan fisik dalam optimasi performa (Kurnaz et al., 2024). Lebih lanjut, struktur otot pada anggota tubuh bagian bawah juga berkontribusi terhadap kemampuan lompatan vertikal, di mana penelitian menemukan bahwa ukuran dan kekuatan otot tertentu dapat memprediksi ketinggian lompatan pada pemain voli elit (Jiang et al., 2024). Oleh karena itu, pengembangan keterampilan lompatan vertikal harus menjadi fokus utama dalam pelatihan atlet bola voli untuk mencapai performa maksimal.

Pemain positif dalam permainan bola voli juga mempunyai tanggapan yang sangat krusial dalam melakukan spiking ataupun memblokir. Faktor umum yang menentukan keberhasilan serangan selama spiking adalah tinggi badan yang dibuat pemain. Berikut ini merupakan bukti dari studi yang telah dilakukan, ketinggian pemain ketika menyikapi di atasnya untuk melakukan spike, maka luas lapangan efektif semakin besar pula, semakin lancip trajek bola, menjadi sukar diterosis oleh lawan (Fuchs et al., 2019). Namun teknis bermain slalom juga berdampak pada kemungkinan mengarahkan bola dengan kecepatan tinggi yang akan menghasilkan poin (Jiang et al., 2024). Mengenai aspek defensif, benar bahwa lompatan yang tinggi sangat penting untuk mengeks:fokuskan blok yang efe/sif. Studi menunjukkan bahwa tinggi dalam melakukan blok dapat mengurangi serangan besar lawan memberikan keunggulan besar bagi tim (Pawlik et al., 2020). Menurutnya, saat membahas keterampilan gangguan harus menjadi perhatian terhadap peningkatan kinerja pemain bola voli perekat Baik Singel dan pemblokiran.

Beberapa perbaikan dari penggunaan biomekanika lompatan vertikal dalam konteks bola voli dapat dikeluhkan beberapa kelemahan yang perlu dianggap. Satu di antara aspek-aspek tersebut adalah minimnya pengamatan terkait dengan tipe-

tipe lompatan yang dapat dikerjakan dalam keadaan kompetitif yang berbeda. Pada studi dalam laboratorium ditemukan bahwa lompatan vertikal yang diukur di dalamnya mungkin sangat berbeda dengan lompatan vertikal yang terjadi di luar ruangan, di mana ada faktor-faktor seperti kecepatan gerakan menuju ke tempat dan kondisi tanah yang mempengaruhi hasil (Jidovtseff et al., 2014). Namun, banyak penelitian hanya membandingkan pada beberapa populasi saja seperti hanya menggunakan pemain pria dan mengabaikan perbedaan biologis dan biomekanis pada lompatan antara laki-laki dan perempuan (Fuchs et al., 2019). Ini dapat secara tidak langsung mengarah pada kesimpulan yang tidak cocok untuk diterapkan pada setiap atlet, terlebih lagi jika ditinjau dari segi jamur dan teknik yang dapat jauh berbeda antara seorang pria dan wanita saja (Giatsis et al., 2023). Ketidaktahuan ini menjelaskan perlunya penelitian lebih lanjut mengangkat bertambahnya aspek-aspek eksternal dan ciri-ciri individu untuk memberikan penilaian yang lebih luas dan rinci tentang biomekanika lompatan vertikal dalam bola voli.

Bahkan pada beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan biomekanika lompatan vertikal terdapat keterbatasan dalam mempelajari kebutuhan pada populasi atletik waktu umum, yang dapat mengurangi pemahaman tentang kecepatan atlet dalam konteks olahraga tertentu seperti bola voli. Beberapa cabang olahraga yang dilakukan menyamakan analisis vertikal lompat di mana penulis tidak membedakan gender atau tingkat persaingan, sehingga hasilnya belum tentu berlaku untuk semua atlet (Fuchs et al., 2019). Misalnya, dalam penelitian yang dijalankan oleh (Modrick, 2019), penulis mendeskripsikan peristiwa-peristiwa terkait dengan komponen lompatan vertikal pada pemain bola voli wanita, anjurkan perubahan yang terjadi di atasnya, namun tidak membandingkannya dengan pemain pria dan juga tidak menjajaki kemungkinan-kemungkinan. Namun beberapa Penelitian juga mencakup faktor asynchronous terkait teknik dan strategi yang digunakan oleh pemain di level awal dan level profesi yang mungkin mempengaruhi hasil dari lompatan (Pawlik & Mroczek, 2023). Namun demikian, penelitian lebih fokus dan lebih spesifik pada karakteristik atlet bola voli untuk meningkatkan program pelatihan yang lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan mereka (Keoliya et al., 2024).

Pengetahuan akan faktor biomekanik dalam hal ini penting dalam rangka sabot hor, terutama dalam voli. Analisis hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik mekanis pada sendi anggota tubuh bagian bawah termasuk lutut dan pergelangan kaki memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketinggian lompatan (Zhang et al., 2024). Sebuah studi yang melibatkan analisis hubungan antara kekuatan otot dan kinerja lompatan mengidentifikasi luas penampang otot broadus lateralis memiliki kontribusi signifikan terhadap lompatan tinggi; menunjukkan relevansi yang melekat pada kekuatan otot sehubungan dengan pelatihan (Jiang et al., 2024). Di sisi lain, faktor teknis seperti kecepatan pendekatan lompatan serta sudut pendaratan memainkan

peran penting dalam memaksimalkan gaya reaktif tanah selama lompatan (Fuchs et al., 2019). Hal ini dapat memungkinkan tujuan pengembangan lompatan vertikal untuk tercapai lebih efisien dengan memahami perkembangan interaksi antar faktor biomekanik ini bagi pelatih dan atlet (Kurnaz et al., 2024). Hal ini tidak hanya terbukti bermanfaat dalam meningkatkan kinerja individu, tetapi juga dapat menawarkan keunggulan kompetitif dalam persaingan dalam permainan.

Saat ini; Variabel kontrol seperti kekuatan, teknis, dan koordinasi menjadi sangat penting dalam menentukan kinerja dari lompatan vertikal terutama pada olahraga seperti bola voli. Neyland mengemukakan bahwa kekuatan otot menjadi salah satu faktor penting dalam menyatakan seberapa banyak gaya yang dapat dihasilkan oleh atlet saat melompat. Meningkatnya kekuatan otot, terutama pada umumnya kelompok otot yang terlibat pada kaki, secara langsung berhubungan dengan peningkatan tinggi lompatan (Akl, 2015). Tentu juga teknik lompatan yang tepat termasuk kecepatan pendekatan dan sudut penanaman sangat berpengaruh dalam taraf efektif lompatan (Fuchs et al., 2019). Sikap antara bagian-tubuh yang satu dan lainnya yang terutama mempengaruhi kelancaran gerak menentukan pada reaksi tanah dan memperbaiki ketinggian melompat (Akl, 2015) Studi terbaru tentang tiga variabel ini; kekuatan, teknik dan koordinasi dengan komposisi kekuatan yang diperlukan untuk mencapai kinerja lompatan vertikal yang tinggi terkait dengan konteks bola voli (Zhang et al., 2024). Sehubungan dengan hal ini, penting untuk memperoleh pelatihan terpadu dalam pengembangan ketiga – aspek ini untuk melatih atlet dan meningkatkan kemampuan mereka.

Kebijakan ini sangat penting dalam meningkatkan performa atlet, hal yang sangat menonjol dalam merespons nilai unik dari gerakan smash dalam bola voli. Smash merupakan teknik eksplosif yang melibatkan kekuatan, kecepatan, dan koordinasi sehingga untuk pemahaman yang mendalam tentang efektifitas mekanisme lompat vertikal hal tersebut menjadi tidak dapat dihindari (Fathoni et al., 2024). Studi penelitian menunjukkan bahwa program pelatihan analisis biomekanik dapat membantu meningkatkan kemampuan smash seorang pemain dengan peningkatan tinggi lompatan sebesar 15 persen, peningkatan kecepatan smash sebesar 10 persen setelah pelatihan plyometric (Fathoni et al., 2024). Yang sama, posisi awal berdiri dan teknik jongkok berturut-turut mempengaruhi sudut sendi lutut yang optimal, sehingga berpotensi mempengaruhi kekuatan dan kelancaran lompat. (Fuchs et al., 2019). Mengenai aspek-aspek ini, ada peningkatan efektifitas dan penyesuaian dalam program latihan yang dirancang oleh pelatih sehingga menunjukkan peningkatan dalam pertandingan partai (Fuchs et al., 2019). Sehingga pendekatan yang terintegrasi dan berbasis bukti ini akan memberikan solusi terbaik bagi suatu atlet untuk melakukan gerakan smash dalam bidang yang sebaik mungkin.

## METODE

Teknik pengumpulan data diimplementasikan menggunakan perangkat lunak Kinovea, sebuah alat yang memungkinkan analisis terperinci terhadap gerakan yang terekam dalam video. Perangkat lunak ini memudahkan pengukuran sudut pada sendi-sendi penting yang terlibat dalam lompatan vertikal, khususnya sendi lutut dan sendi Acromioclavicular (AC). Untuk analisis data, analisis korelasi dilakukan untuk mengeksplorasi hubungan antara sudut sendi lutut dan sendi AC selama lompatan vertikal. Analisis ini bertujuan untuk menentukan bagaimana faktor-faktor biomekanik ini memengaruhi ketinggian yang dicapai dalam lompatan vertikal, yang sangat penting untuk kinerja yang efektif dalam gerakan smash bola voli. Secara keseluruhan, kerangka metodologi ini dirancang untuk menghasilkan wawasan tentang biomekanik lompatan vertikal dalam bola voli, yang berkontribusi pada strategi pelatihan dan kinerja yang lebih baik bagi para atlet.

## HASIL

Berdasarkan data yang diperoleh dari analisis biomekanik lompatan vertikal dalam gerakan smash bola voli, berikut adalah interpretasi dari hasil pengukuran dan analisis statistik yang dilakukan:

### Data Analysis Table

#### Descriptive Statistics

	Val id	Miss ing	Medi an	Mean	Std. Devia tion	Shapi ro- Wilk	P- value of Shapi ro- Wilk	Mini mum	Maxi mum
vertic al jump knee joint	8	0	153. 000	154. 125	6.468	0.96 1	0.82 0	145.0 00	164.0 00
persia pan AC Joint	8	0	87.8 50	96.3 00	25.93 3	0.90 4	0.31 5	64.10 0	134.3 00
persia pan knee joint	8	0	109. 900	101. 313	26.97 0	0.83 8	0.07 1	42.80 0	128.6 00
persia pan 2	8	0	80.0 50	72.9 87	26.63 3	0.90 0	0.28 8	37.90 0	107.0 00

Descriptive Statistics

	Valid	Missing	Median	Mean	Std. Deviation	Shapiro-Wilk	P-value of Shapiro-Wilk	Minimum	Maximum
AC Joint persiapan 2	8	0	156.500	154.287	17.247	0.918	0.412	124.400	171.900

Tinggi Lompatan Vertikal: Rata-rata tinggi lompatan adalah 154,13 cm dengan standar deviasi 6,47 cm. Kisaran tinggi lompatan berkisar antara 145 cm hingga 164 cm, menunjukkan variasi yang relatif kecil di antara subjek yang diuji. Sudut Persiapan: Sudut knee joint pada fase persiapan rata-rata 96,3° (SD = 25,93°). Sudut AC joint pada fase persiapan rata-rata 101,31° (SD = 26,97°). Sudut Fase Melayang: Sudut knee joint saat melayang rata-rata 72,99° (SD = 26,63°). Sudut AC joint saat melayang rata-rata 154,29° (SD = 17,25°).

Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa semua variabel memiliki p-value > 0,05. Ini berarti data berdistribusi normal, yang memungkinkan penggunaan analisis statistik parametrik.

Model Summary - vertical jump

Model	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup> Change	df1	df2	p
M <sub>0</sub>	0.000	0.000	0.000	6.468	0.000	0	7	
M <sub>1</sub>	0.933	0.871	0.699	3.551	0.871	4	3	0.107

Note. M<sub>1</sub> includes knee joint persiapan, AC Joint persiapan, knee joint persiapan 2, AC Joint persiapan 2

Model regresi menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,871, yang berarti 87,1% variabilitas tinggi lompatan vertikal dapat dijelaskan oleh variabel sudut knee joint dan AC joint pada fase persiapan dan melayang. Namun, analisis ANOVA menunjukkan nilai F = 5,056 dengan p-value = 0,107. Ini menunjukkan bahwa model secara keseluruhan tidak signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan 95%.

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
M <sub>0</sub>	(Intercept)	154.125	2.287		67.395	< .001

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
M <sub>1</sub>	(Intercept)	124.732	17.315		7.204	0.006
	knee joint persiapan	-0.131	0.058	-0.526	-2.260	0.109
	AC Joint persiapan	0.117	0.064	0.490	1.840	0.163
	knee joint persiapan 2	-0.077	0.067	-0.318	-1.161	0.330
	AC Joint persiapan 2	0.232	0.087	0.618	2.678	0.075

Koefisien Regresi

AC joint saat melayang: Memiliki pengaruh positif terbesar terhadap tinggi lompatan vertikal dengan koefisien = 0,232 (p = 0,075), meskipun pengaruh ini tidak signifikan. Knee joint fase persiapan: Menunjukkan pengaruh negatif yang cukup besar (-0,131; p = 0,109), tetapi juga tidak signifikan. Data menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara sudut biomekanik tertentu (terutama sudut AC joint saat melayang) dengan tinggi lompatan vertikal. Meskipun demikian, hasil analisis tidak mencapai signifikansi statistik. Hal ini menekankan pentingnya koordinasi sudut pada fase persiapan dan melayang dalam mencapai tinggi lompatan yang optimal. Untuk memperkuat temuan ini, disarankan untuk melakukan studi lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar.

**PEMBAHASAN**

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata tinggi lompatan vertikal pada atlet bola voli pria adalah 154,13 cm dengan standar deviasi 6,47 cm . Sudut lutut (sendi lutut) pada fase persiapan rata-rata 96,3° , sementara sudut sambungan AC pada fase yang sama adalah 101,31° . Pada fase melayang, sudut lutut menurun menjadi 72,99° dan sudut sambungan AC meningkat menjadi 154,29° . Analisis regresi menunjukkan bahwa sekitar 87,1% variabilitas tinggi gangguan vertikal dapat dijelaskan oleh sudut-sudut ini, meskipun model regresi tidak signifikan secara statistik (p = 0,107).

Penelitian ini menemukan bahwa sudut sambungan AC pada saat melayang mempunyai pengaruh positif terbesar terhadap tinggi lompatan vertical (koefisien = 0,232 , P= 0 075). Hal ini sejalan dengan temuan (Musich et al., 2018) yang menekankan pentingnya koordinasi sudut dalam meningkatkan kinerja atletik. Mereka menyatakan bahwa "koordinasi antara sendi-sendi utama dapat secara signifikan mempengaruhi hasil akhir dari gerakan atletik" (Vaverka et al., 2016).

Penerapan praktis dari temuan ini menunjukkan bahwa pelatihan teknik yang fokus pada distorsi sudut sambungan AC dapat meningkatkan kinerja guncangan.

Sebaliknya, sudut sendi lutut pada fase persiapan menunjukkan pengaruh negatif terhadap tinggi lompatan vertikal (-0,131;  $P=0,109$ ). Temuan ini berkontribusi pada teori biomekanika yang diajukan oleh (Singh et al., 2017), yang menyatakan bahwa "sudut sendi yang tidak optimal dapat menghambat kekuatan dan efisiensi lompatan" (Singh et al., 2017). Dalam praktiknya, pelatih perlu memperhatikan teknik squat dan posisi awal untuk memastikan sudut sendi lutut berada dalam jarak optimal selama tahap persiapan. Batasan utama penelitian ini adalah ukuran sampel yang relatif kecil dan homogenitas populasi yang hanya mencakup atlet pria Jepang. Hal ini dapat membatasi generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas. Selain itu, penggunaan analisis video dapat memperkenalkan variabilitas berdasarkan kondisi pengambilan gambar dan sudut kamera. Akibatnya, meskipun ada hubungan yang kuat antara sudut biomekanik tertentu dan tinggi gangguan vertikal, interpretasi hasil harus dilakukan dengan hati-hati karena kurangnya signifikansi statistik pada model regresi keseluruhan ( $P=angka\ 0,107$ ).

Temuan penelitian ini memiliki implikasi sosial dan etika yang signifikan dalam konteks pengembangan latihan smash bola voli. Pemahaman yang lebih baik tentang biomekanika dapat membantu pelatih merancang program latihan yang lebih efektif dan aman bagi atlet. Namun, penting untuk memastikan bahwa pendekatan pelatihan tidak hanya berfokus pada peningkatan kinerja tetapi juga mempertimbangkan kesehatan jangka panjang atlet. Menurut (Bahr & Krosshaug, 2005), "pendekatan pencegahan cedera harus menjadi prioritas dalam setiap program pelatihan" (Bahr & Krosshaug, 2005). Oleh karena itu, pelatih harus menerapkan prinsip-prinsip biomekanika dengan cara yang etis untuk mendukung perkembangan holistik atlet tanpa mengorbankan keselamatan mereka.

Keterbatasan ini mengharuskan kehati-hatian saat menginterpretasikan hasil; meskipun korelasi diamati, korelasi tersebut tidak menyiratkan sebab akibat tanpa penyelidikan lebih lanjut terhadap faktor-faktor lain yang memengaruhi seperti kekuatan otot dan tingkat kelelahan. Temuan penelitian menyoroti pertimbangan sosial dan etika yang signifikan dalam pelatihan olahraga dan pengembangan atlet. Memahami biomekanik dapat mengarah pada program pelatihan yang lebih baik yang meningkatkan kinerja atlet sambil meminimalkan risiko cedera (Bahr & Krosshaug, 2005). Secara etika, penting bagi pelatih untuk memprioritaskan kesehatan dan kesejahteraan atlet daripada keberhasilan kompetitif. Menerapkan rejimen pelatihan berdasarkan analisis biomekanik harus dilakukan secara bertanggung jawab untuk menghindari potensi cedera yang terkait dengan teknik yang tidak tepat atau latihan yang berlebihan. Pelatih harus memupuk lingkungan yang mendorong praktik yang aman sambil mempromosikan pengembangan atlet secara holistik.

## SIMPULAN

Penelitian ini memberikan wawasan baru mengenai biomekanik lompatan vertikal dalam konteks smash bola voli. Meskipun hasil analisis menunjukkan adanya hubungan antara sudut sendi dan tinggi lompatan, signifikansi statistik yang rendah mengindikasikan perlunya penelitian lebih lanjut. Temuan ini dapat diterapkan dalam pengembangan metode pelatihan yang lebih efektif untuk meningkatkan performa atlet bola voli. Pelatih disarankan untuk memperhatikan teknik squat dan posisi awal agar sudut sendi lutut berada dalam rentang optimal selama fase persiapan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akl, A. (2015). *A Biomechanical Comparison of Different Vertical Jump Techniques with and Without Arm Swing*. 1(1), 14–22.
- Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324–329. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018341>
- Fathoni, R., Manullang, J. G., & Lestari, H. (2024). *The Impact of Plyometric and Hurdle Jump Training on Smash Performance in the Haway Volleyball Team*. 3(July), 299–311.
- Fuchs, P. X., Menzel, H. J. K., Guidotti, F., Bell, J., von Duvillard, S. P., & Wagner, H. (2019). Spike jump biomechanics in male versus female elite volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 37(21), 2411–2419. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1639437>
- Giatsis, G., Panoutsakopoulos, V., Frese, C., & Kollias, I. A. (2023). Vertical Jump Kinetic Parameters on Sand and Rigid Surfaces in Young Female Volleyball Players with a Combined Background in Indoor and Beach Volleyball. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/jfmk8030115>
- Jiang, W. D., Chen, C., & Xu, Y. (2024). Muscle structure predictors of vertical jump performance in elite male volleyball players: a cross-sectional study based on ultrasonography. *Frontiers in Physiology*, 15(July), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1427748>
- Jidovtseff, B., Quievre, J., Harris, N. K., & Cronin, J. B. (2014). Influence of jumping strategy on kinetic and kinematic variables. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(2), 129–138.
- Keoliya, A. A., Ramteke, S. U., Boob, M. A., & Somaiya, K. J. (2024). Enhancing Volleyball Athlete Performance: A Comprehensive Review of Training Interventions and Their Impact on Agility, Explosive Power, and Strength. *Cureus*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.7759/cureus.53273>
- Kurnaz, M., Ünver, P., & Suna, N. (2024). Effects of Different Warm-Up Protocols on Vertical Jump Height in Elite and Sub-Elite Women Volleyball Players. *Ann Appl Sport Sci*, 12(03), 1348.
- Modrick, S. (2019). *Open PRAIRIE: Open Public Research Access Institutional Repository and Information Exchange Changes in Vertical Jump Components Utilizing the Myvert Device in Female Collegiate D-1 Volleyball Players*.

- Musich, S., Wang, S. S., Kraemer, S., Hawkins, K., & Wicker, E. (2018). Purpose in Life and Positive Health Outcomes among Older Adults. *Population Health Management*, 21(2), 139–147. <https://doi.org/10.1089/pop.2017.0063>
- Pawlik, D., Kawczyński, A., Chmura, J., Maćkała, K., Kutrzyński, M., & Mroczek, D. (2020). Jumping Flying Distance and Jump Performance of Elite Male Volleyball Players at FIVB Volleyball Men's World Championship. *Applied Sciences*, 10(6), 2045. <https://doi.org/10.3390/app10062045>
- Pawlik, D., & Mroczek, D. (2023). Influence of jump height on the game efficiency in elite volleyball players. *Scientific Reports*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35729-w>
- Singh, K., Satish, S., & Kumar, N. (2017). The Relationship between Vertical Jump Performance and Peak Torque of Lower Limb Muscles among Basketball Players. *International Journal of Health Sciences & Research (Www.Ijhsr.Org)*, 7(July), 117. [www.ijhsr.org](http://www.ijhsr.org)
- Vaverka, F., Jandačka, D., Zahradník, D., Uchytil, J., Farana, R., Supej, M., & Vodičar, J. (2016). Effect of an Arm Swing on Countermovement Vertical Jump Performance in Elite Volleyball Players: FINAL. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 41–50. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0009>
- Zhang, W., Liu, C., Bai, Y., Liu, Q., & Cui, C. (2024). Joint mechanical characteristics of vertical jumping in elite sprinters. *MCB Molecular and Cellular Biomechanics*, 21(3), 1–18. <https://doi.org/10.62617/mcb700>