

Pengaruh *Upper- Extremity Elastic Resistance Training* Terhadap *Power* Otot Lengan Pemain Bulu Tangkis Usia 13-16 Tahun

Anisa Trihapsari, Dede Rohmat Nurjaya, Yopi Kusdinar*

Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: yopikusdinar@upi.edu

Paper received: 10-04-2026; revised: 22-04-2026; accepted: 24-04-2026

Abstract

Badminton is a sport that requires a combination of technique, strategy, and physical condition to achieve optimal performance. However, in players aged 13–16 years, there are still limitations in producing strong and consistent overhead shots, especially in smash and clear techniques, which are influenced by low arm muscle power. This study aims to analyze the effect of upper-extremity elastic resistance training on increasing arm muscle power in badminton players aged 13–16 years. The research method used was an experiment with a pretest–posttest one group design. The subjects of the study were 23 athletes at the Sangkuriang Graha Sarana PLN Bandung Club who were selected using a total sampling technique. The instrument used was a medicine ball throw test with a load of 2 kg. Treatment was given through an upper-extremity elastic resistance training program using a resistance band for 6 weeks with a frequency of 2 times per week (12 sessions). Data analysis included the Shapiro–Wilk normality test and a paired sample t-test hypothesis test at a significance level of 0.05. The results showed an increase in the average score from 4.9261 in the pretest to 5.7783 in the posttest. The results of the hypothesis test showed a significance value of 0.000 ($p < 0.05$), which means there is a significant effect. In addition, the effect size value (Cohen's d) shows a large category, which indicates that the exercise has a strong impact on increasing arm muscle power. Thus, it can be concluded that upper-extremity elastic resistance training is effective in increasing arm muscle power in badminton players aged 13–16 years and can be used as an alternative practical and appropriate training method to support the improvement of adolescent athlete performance.

Keywords: badminton; arm muscle power; upper-extremity; resistance band

Abstrak

Bulu tangkis merupakan cabang olahraga yang membutuhkan kombinasi teknik, strategi, dan kondisi fisik untuk mencapai performa optimal. Namun, pada pemain usia 13–16 tahun, masih ditemukan keterbatasan dalam menghasilkan pukulan *overhead* yang kuat dan konsisten, khususnya pada teknik *smash* dan *clear*, yang dipengaruhi oleh rendahnya *power* otot lengan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *upper-extremity elastic resistance training* terhadap peningkatan *power* otot lengan pada pemain bulu tangkis usia 13–16 tahun. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan desain *pretest–posttest one group design*. Subjek penelitian berjumlah 23 atlet di Club Sangkuriang Graha Sarana PLN Bandung yang dipilih menggunakan teknik *total sampling*. Instrumen yang digunakan adalah tes *medicine ball throw* dengan beban 2 kg. Perlakuan diberikan melalui program latihan *upper-extremity elastic resistance training* menggunakan *resistance band* selama 6 minggu dengan frekuensi 2 kali per minggu (12 sesi). Analisis data meliputi uji normalitas *Shapiro–Wilk* dan uji hipotesis *paired sample t-test* pada taraf signifikansi 0,05. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari 4,9261 pada *pretest* menjadi 5,7783 pada *posttest*. Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Selain itu, nilai *effect size* (Cohen's d) menunjukkan kategori besar, yang mengindikasikan bahwa latihan memberikan dampak yang kuat terhadap peningkatan *power* otot lengan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *upper-extremity elastic resistance training*

efektif dalam meningkatkan *power* otot lengan pada pemain bulu tangkis usia 13–16 tahun dan dapat dijadikan sebagai alternatif metode latihan yang praktis serta sesuai untuk mendukung peningkatan performa atlet remaja.

Kata kunci : bulu tangkis; *power* otot lengan; upper-extremity; resistance band

1. Pendahuluan

Bulu tangkis merupakan cabang olahraga yang memerlukan kombinasi antara teknik, strategi, dan kondisi fisik untuk mencapai performa yang optimal (Komarudin and Sartono 2016; Purnama and Kusdinar 2024). Dalam permainan bulu tangkis, masih banyak pemain yang belum mampu menghasilkan pukulan *overhead* yang kuat dan konsisten, khususnya pada teknik *smash* dan *clear* (Ramasamy et al., 2024). Kondisi ini umumnya disebabkan oleh keterbatasan *power* otot lengan sehingga kecepatan ayunan raket serta kualitas pukulan yang dihasilkan menjadi kurang optimal (Indora et al., 2022). Permasalahan tersebut sering ditemukan pada pemain usia remaja, di mana meskipun penguasaan teknik dasar sudah cukup baik, kemampuan kondisi fisik pemain belum sepenuhnya mampu mendukung performa permainan secara maksimal (Ma et al., 2025). *Power* otot lengan merupakan komponen penting dalam menghasilkan pukulan *smash* yang efektif, karena berkaitan langsung dengan kecepatan shuttlecock dan kualitas pukulan yang dihasilkan (Ferreira et al., 2020; Mark King et al., 2020). Penelitian ini diperkuat oleh (Awatani et al. 2018) yang menunjukkan bahwa *power* otot lengan berhubungan signifikan dengan hasil pukulan *smash* pada pemain bulu tangkis. Beberapa penelitian juga menyatakan bahwa kekuatan dan *power* otot lengan, khususnya otot yang berperan dalam rotasi internal bahu, berkaitan signifikan dengan kecepatan raket dan efektivitas pukulan *smash* dalam bulu tangkis, sehingga *power* otot lengan menjadi komponen penting yang perlu diperhatikan dalam latihan atlet bulu tangkis (Guo 2026; Pan et al. 2024; Wang and Zhou 2024). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan *power* otot lengan adalah latihan menggunakan *resistance band* yang bersifat praktis, fleksibel dan memungkinkan peningkatan resistensi secara bertahap sesuai prinsip *progressive overload* sehingga efektif diterapkan pada pemain usia remaja yang masih dalam tahap perkembangan fisik (Armstrong et al. 2022; Lee et al. 2021; Santos et al. 2019). Namun, penelitian mengenai penerapan *upper-extremity elastic resistance training* secara spesifik pada atlet bulu tangkis usia 13-16 tahun masih terbatas, karena sebagian besar penelitian sebelumnya lebih fokus pada konteks rehabilitasi cedera ekstremitas atas dan berfokus pada populasi remaja secara umum, sehingga belum secara khusus mengkaji efektivitas metode ini dalam meningkatkan *power* otot lengan pada atlet bulu tangkis usia remaja (Gaamouri et al. 2023; Seguin et al. 2022). Usia 13-16 tahun merupakan fase penting dalam perkembangan kondisi fisik dan keterampilan olahraga, sehingga diperlukan metode latihan yang tepat untuk mendukung peningkatan performa (Lloyd et al. 2016). Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada atlet klub atau tingkat prestasi, sehingga kajian pada kelompok usia remaja dalam konteks pembinaan dasar masih relatif kurang mendapat perhatian (Granacher et al. 2016).

Berdasarkan keterbatasan tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan *upper-extremity elastic resistance training* pada atlet bulu tangkis usia 13–16 tahun untuk meningkatkan *power* otot lengan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris sebagai metode latihan yang efektif dan aplikatif dalam mendukung peningkatan performa pemain bulu tangkis usia remaja. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis pengaruh *upper-extremity elastic resistance training* terhadap *power* otot lengan pemain bulu tangkis usia 13–16 tahun.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel penelitian dalam kondisi yang terkontrol (Patten and Newhart 2023). Penelitian ini menggunakan desain *pretest-posttest one group design*, yaitu rancangan penelitian yang melibatkan satu kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan dan diukur sebelum serta sesudah perlakuan (Capili and Anastasi 2024). Pemilihan desain ini berdasarkan pada tujuan penelitian untuk mengidentifikasi perubahan kemampuan *power* otot lengan sebelum dan sesudah perlakuan pada subjek yang sama, sehingga lebih efektif dalam melihat pengaruh latihan secara langsung tanpa ada variasi antar kelompok. Selain itu, desain ini sesuai dengan kondisi lapangan yang memiliki keterbatasan jumlah sampel dan tidak memungkinkan pembentukan kelompok kontrol. Desain ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kemampuan *power* otot lengan sebelum dan setelah diberikan latihan *upper-extremity elastic resistance training* melalui pengukuran *pre-test* dan *post-test* (Seguin et al. 2022). Penelitian dilaksanakan di Club Sangkuriang Graha Sarana PLN Bandung selama 6 minggu dengan frekuensi latihan 2 kali dalam 1 minggu, sehingga total terdapat 12 sesi latihan. Populasi penelitian ini adalah atlet bulu tangkis klub Sangkuriang Graha Sarana PLN Bandung yang pernah mengikuti pertandingan, berusia 13–16 tahun dan masih aktif mengikuti latihan setiap minggunya yang berjumlah 23 sampel. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik total sampling, sehingga seluruh atlet yang memenuhi kriteria dijadikan subjek penelitian (Winata et al. 2025).

Instrumen penelitian yang digunakan mengukur *power* otot lengan dilakukan menggunakan tes *medicine ball throw* menggunakan *medicine ball* 2 kg, yang dilaksanakan sebelum dan sesudah perlakuan, (Borms Ann 2018). Tes ini dilakukan sebanyak tiga kali dengan jeda istirahat selama satu menit antar percobaan untuk menghindari kelelahan otot dan nilai terbesar dari ketiga lemparan tersebut dijadikan data untuk analisis kekuatan *power* otot lengan peserta (Narang et al. 2022). Perlakuan yang diberikan berupa program latihan *upper-extremity elastic resistance training* menggunakan *resistance band*. Program latihan dilaksanakan selama 6 minggu dengan frekuensi 2 kali per minggu. Setiap sesi latihan terdiri dari empat jenis gerakan, yaitu *shoulder internal rotation* pada posisi abduksi 90°, *elbow extension*, *horizontal adduction*, dan *shoulder sagittal adduction*. Latihan dilakukan sebanyak 3 set pada setiap gerakan dengan waktu istirahat 90 detik antar set. Intensitas latihan meningkat secara bertahap dengan penggunaan *resistance band* warna merah (ringan), hitam (sedang), dan hijau (berat) (Joy et al. 2016; Picha et al. 2019).

Data penelitian diperoleh melalui hasil *pre-test* dan *post-test* menggunakan tes *medicine ball throw* (Narang et al. 2022). Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *statistical product and service solution* (SPSS) yang mencakup analisis deskriptif, uji normalitas, dan uji hipotesis (Cvetkov 2024; Stanley et al. 2024). Uji normalitas *shapiro-wilk* digunakan untuk menguji distribusi data (Yaghoubi et al. 2025), dengan kriteria nilai signifikan $< 0,05$ menunjukkan data tidak distribusi normal dan $> 0,05$ menunjukkan data berdistribusi normal (Habibzadeh 2024). Pengujian hipotesis dilakukan untuk menganalisis pengaruh *upper-extremity elastic resistance training* terhadap *power* otot lengan pemain bulu tangkis usia 13–16 tahun (Tapio 2025). Apabila data berdistribusi normal, digunakan uji t, sedangkan jika tidak

berdistribusi normal digunakan uji nonparametrik *wilcoxon signed-rank test* untuk membandingkan data berpasangan (Rumpoko et al. 2025; Toros 2024)

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *upper-extremity elastic resistance training* terhadap *power* otot lengan pemain bulu tangkis usia 13-16 tahun.

1.1. Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui nilai *power* otot lengan sebelum dan sesudah *perlakuan upper-extremity elastic resistance training* pada pemain bulu tangkis usia 13-16

Tabel 1. Hasil Analisis Deskriptif Pre-test Dan Post-test *Power* Otot Lengan

| | N | Minimum | Maximum | Sum | Mean | Std. Deviation |
|-------------------------------|----|---------|---------|--------|--------|----------------|
| Pre-test Medicine Ball Throw | 23 | 3.60 | 6.90 | 113.30 | 4.9261 | .95880 |
| Post-test Medicine Ball Throw | 23 | 4.60 | 7.50 | 132.90 | 5.7783 | .89998 |

Berdasarkan tabel 1, hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa nilai minimum dan maksimum pada *pretest* masing-masing sebesar 3,60 dan 6,90, sedangkan pada *posttest* sebesar 4,60 dan 7,50. Jumlah total nilai (sum) mengalami peningkatan dari 113,30 pada *pretest* menjadi 132,90 pada *posttest*. Nilai rata-rata (mean) *pretest* sebesar 4,9261 meningkat menjadi 5,7783 pada *posttest*, dengan standar deviasi masing-masing sebesar ,95880 dan ,89998. Peningkatan nilai rata-rata ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan *power* otot lengan setelah diberikan perlakuan latihan menggunakan *resistance band*. Selain itu, peningkatan nilai minimum dan maksimum menunjukkan bahwa perbaikan kemampuan terjadi pada seluruh rentang data, tidak hanya nilai rata-rata. Penurunan standar deviasi dari *pretest* ke *posttest* mengindikasikan data semakin kecil, sehingga peningkatan kemampuan terjadi secara relatif homogen pada seluruh sampel penelitian. Hasil diperkuat oleh uji hipotesis yang menunjukkan perbedaan signifikan antara *pretest* dan *posttest*, sehingga *latihan upper-extremity elastic resistance training* menggunakan *resistance band* berpengaruh terhadap peningkatan *power* otot lengan.

1.2. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan metode *shapiro-wilk* yang digunakan untuk sampel berukuran kecil ($n < 50$)

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*

| | Shapiro-Wilk | | | Keterangan |
|-------------------------------|--------------|----|------|------------|
| | Statistic | df | Sig. | |
| Pre-test Medicine Ball Throw | .927 | 23 | .093 | Normal |
| Post-test Medicine Ball Throw | .936 | 23 | .147 | Normal |

Berdasarkan tabel 2 yang menunjukkan hasil uji normalitas data menggunakan teknik *shapiro-wilk*, dapat dilihat bahwa hasil *pretest* memperoleh nilai statistik sebesar

0,927 dengan df 23 dan nilai signifikan sebesar 0,093 dengan df 23 dan nilai signifikan sebesar 0,147. Data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikan lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, nilai signifikan *pretest* dan *posttest* lebih besar dari 0,05 ($p > 0,05$) maka data dinyatakan berdistribusi normal.

2.1.1. Uji Effect Size (Cohen's d)

Perhitungan *effect size* dalam penelitian ini menggunakan rumus *cohen's d* yang mengacu pada konsep yang dikemukakan oleh (Cohen 1988), yaitu selisih rata-rata *pretest* dan *posttest* yang dibagi dengan standar deviasi gabungan (*pooled standard deviation*).

$$d = \frac{M_{post} - M_{pre}}{SD_{pooled}}$$

Gambar. 1 rumus dasar *Cohen's d* (hasil akhir)

Keterangan :

d = effect size

M_{post} = rata-rata *posttest*

M_{pre} = rata-rata *pretest*

SD_{pooled} = standar deviasi gabungan

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{SD_{pre}^2 + SD_{post}^2}{2}}$$

Gambar. 2 rumus penjabaran atau Langkah perhitungan

Keterangan :

SD_{pooled} = standar deviasi gabungan

SD_{pre} = standar deviasi *pretest*

SD_{post} = standar deviasi *posttest*

1.3. Uji Paired Sample T-Test

Uji hipotesis menggunakan *paired sampel t-test* menunjukkan nilai signifikan 0,000 ($0 < 0,05$), sehingga terdapat perbedaan signifikan antara *pretest* dan *posttest*. Dengan demikian, *upper-extremity elastic resistance training* berpengaruh terhadap peningkatan *power* otot lengan.

Tabel 3. Hasil Uji Paired Sample T-Test

| Variable | Mean | Std. Deviation | t | df | Sig. (2-tailed) | Keterangan |
|--------------------|---------|----------------|---------|----|-----------------|-------------------|
| Pretest - Posttest | -.85217 | .15917 | -25.676 | 22 | .000 | Terdapat Pengaruh |

Berdasarkan tabel 3, uji *paired sampel t-test* menunjukkan nilai signifikan $p = 0,000$ ($p < 0,05$), yang menandakan adanya perbedaan signifikan antara *pretest* dan *posttest* berpengaruh terhadap peningkatan *power* otot. Bahwa rata-rata *posttest* lebih tinggi dari *pretest*, sesuai dengan perhitungan (*pretest-posttest*). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengaruh *upper-extremity elastic resistance training* dengan latihan menggunakan *resistance band* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan *power* otot

1.4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *upper-extremity elastic resistance training* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan *power* otot lengan pada pemain bulu tangkis usia 13-16 tahun. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai rata-rata dari 4,9261 pada *pretest* menjadi 5,7783 pada *posttest*, serta hasil uji *paired sampel t-test* yang memperoleh nilai signifikan sebesar 0,000 ($p < 0,05$), sehingga terdapat perbedaan yang signifikan setelah diberikan perlakuan. Besarnya peningkatan nilai rata-rata dari 4,9261 menjadi 5,7783 menunjukkan bahwa respon adaptasi latihan pada subjek tergolong cukup tinggi. Hal ini dapat dijelaskan melalui karakteristik usia remaja 13-16 tahun yang masih berada pada fase perkembangan, sehingga memiliki plastisitas neuromuscular yang lebih baik dan respon adaptasi yang lebih cepat terhadap stimulus latihan. Selain itu, kondisi awal kemampuan *pretest* yang belum optimal memungkinkan terjadinya peningkatan yang lebih signifikan setelah diberikan perlakuan.

Peningkatan *power* otot lengan dapat dijelaskan melalui adaptasi fisiologis akibat latihan menggunakan *resistance band* yang memberikan resistensi elastis secara bertahap sehingga mampu meningkatkan kekuatan otot, khususnya pada otot ekstremitas atas seperti bahu, lengan atas, dan lengan bawah yang berperan dalam menghasilkan *power* (Lopes et al. 2019; Seguin Rachel et al. 2022). Adaptasi yang terjadi meliputi peningkatan aktivasi unit motorik serta koordinasi antar otot selama pelaksanaan latihan (Lecce et al. 2026). Selain itu, *upper-extremity elastic resistance training* berperan dalam meningkatkan kemampuan otot untuk menghasilkan gaya secara cepat sebagai komponen utama *power* yang berdampak pada peningkatan kemampuan pemain bulu tangkis dalam menghasilkan pukulan yang lebih kuat dan efektif khususnya pada teknik *smash* dan *clear* yang memerlukan kombinasi kekuatan dan kecepatan gerak (Suchomel et al. 2018; Vecchio et al. 2024).

Temuan penelitian ini sejalan dengan prinsip *progressive overload*, yaitu peningkatan beban latihan secara bertahap yang berdampak terhadap peningkatan kapasitas kerja otot. Penggunaan *resistance band* sebagai media latihan memberikan resistensi yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kemampuan individu, sehingga sesuai untuk diterapkan pada pemain usia remaja yang masih berada dalam tahap perkembangan fisik (Bompa and Buzzichelli 2019). Hasil penelitian ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa latihan menggunakan *resistance band* efektif dalam meningkatkan *power* otot lengan (Lee et al. 2021; Lopes et al. 2019; Seguin et al. 2022). Selain itu (Bauer et al., 2021) menyakatan bahwa latihan berbasis *resistance band* mampu meningkatkan performa fisik yang berkaitan dengan aktivitas olahraga yang memerlukan kekuatan dan daya ledak otot.

Namun, meskipun terjadi peningkatan hasil ini belum tentu sepenuhnya disebabkan oleh latihan yang diberikan, karena penelitian ini tidak menggunakan kelompok kontrol. Oleh karena itu, peningkatan yang terjadi juga bisa dipengaruhi oleh factor lain seperti latihan diluar program, motivasi subjek, atau karena subjek sudah lebih terbiasa saat melakukan tes. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa latihan beban konvensional atau intensitas tinggi cenderung menghasilkan peningkatan *power* yang lebih besar, terutama pada atlet dengan kondisi fisik yang baik, sehingga efektivitas resistance band dipengaruhi oleh kondisi awal dan karakteristik subjek. Penelitian ini juga memiliki keterbatasan pada jumlah sampel yang relatif kecil (n=23), sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas.

Dengan demikian, *upper-extremity elastic resistance training* dapat dipertimbangkan sebagai salah satu metode latihan yang relatif mudah diterapkan, aman untuk digunakan sesuai dengan karakteristik perkembangan fisik remaja dan dapat meningkatkan *power* otot lengan pada pemain bulu tangkis usia 13-16 tahun untuk mengganti beban konvensional. sehingga relevan untuk digunakan dalam proses pembinaan bulu tangkis. Namun dalam penerapannya metode latihan ini sebaiknya dikombinasikan dengan bentuk latihan lain agar peningkatan performa dapat lebih optimal.

4. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat di simpulkan bahwa *upper-extremity elastic resistance training* meningkatkan *power* otot lengan pada pemain bulu tangkis usia 13-16 tahun. Peningkatan ini ditunjukkan oleh adanya kenaikan nilai rata-rata hasil pretest dan posttest serta hasil uji statistik yang menunjukkan perbedaan signifikan setelah perlakuan. Latihan ini dapat dijadikan alternatif dalam penyusunan program latihan yang lebih bervariasi dan sesuai dengan kebutuhan atlet, khususnya untuk meningkatkan kemampuan pukulan. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu tidak menggunakan kelompok kontrol sehingga pengaruh perlakuan tidak dapat dibandingkan secara langsung, serta jumlah sampel yang relatif kecil sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol, dengan jumlah sampel yang lebih besar, serta variasi metode latihan lain untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif dan akurat. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai rujukan bagi pelatih dan penelitian selanjutnya untuk mengembangkan dan menyusun program latihan yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan.

Daftar Rujukan

- Armstrong, L. E., Bergeron M. F., Lee E. C., Mershon, J. E., & Armstrong, E. M. 2022. Overtraining syndrome as a complex systems phenomenon. 1, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnetp.2021.794392>
- Awatani, T., Morikita, I., Urata, T., Shinohara, J., & Tatsumi, Y., (2018). Correlation between isometric shoulder strength and racket velocity during badminton forehand smash movements: Study of valid clinical assessment methods. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(6): 850–54. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.850>
- Bauer, J., Schwiertz, G., & Muehlbauer. T., (2021). Effects of an elastic resistance band intervention in adolescent handball players. *Sports medicine international open* 5 (2): E65–72. <https://doi.org/10.1055/a-1541-2916>
- Bompa, T.O., & Buzzichelli. C. A., (2019). *Periodization: Theory and Methodology of Training* (6th ed.). Human Kinetics
- Borms, D., & Cools, A. (2018). Upper-extremity functional performance tests: Reference values for overhead athletes. *Int Journal Sports Medicine* 39(6): 433–41. <https://doi.org/10.1055/a-0573-1388>.

- Capili, B., & Anastasi, J. K., (2024). An introduction to types of quasi-experimental designs. *The American journal of nursing*, 124(11): 50–52. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0001081740.74815.20>.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* (2nd ed). New York: 13 May 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>.
- Cvetkov, Vasil. 2024. "Mathematical Sciences." : 19–24.
- Ferreira, A., Górski, M., & Gajewski, J. (2020). Gender differences and relationships between upper extremity muscle strength, lower limb power and shuttle velocity in forehand smash and jump smash in badminton. *Acta of bioengineering and biomechanics* 22(4): 41–49.
- Gaamouri, N., Hammami, M., Cherni, Y., Oranchuk, D. J., Bragazzi, N., Knechtle, B., Chelly, M. S., & van den Tillaar, R. (2023). The effects of upper and lower limb elastic band training on the change of direction, jump, power, strength and repeated sprint ability performance in adolescent female handball players." *Frontiers in Sports and Active Living*, 5-2023. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1021757>.
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A., & Behm, D. G (2016). Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. *Frontiers in Physiology* 7-2016. <http://doi.org/10.3389/fphys.2016.00164>.
- Guo, Xiao-pei. 2026. Kinematic analysis of badminton smash techniques of badminton players. 21(2): 667–81.
- Habibzadeh, Farrokh. 2024. "Data Distribution : Normal or Abnormal ?" 39(3): 1–8.
- Indora, N. K., Anand, P., Chettri, S., & Kumar, V. 2022. Correlation of upper limb explosive power with smash velocity and performance in badminton players: a cross-sectional study. : 10–12. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/53088.16381>.
- Joy, Jordan M, Lowery, Souza, E. O. D., & Wilson, J. M. (2016). Elastic bands as a component of periodized resistance training. *Journal of strength and conditioning research* 30(8): 2100–2106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182986bef>.
- Komarudin, K., Sartono, H. (2016). "(Jurnal Kepelatihan Olahraga, Volume 8, No. 2 Desember 2016)." 8(2): 11–24.
- Lecce, Edoardo, Amoruso, P., Felici, F., & Bazzucchi, I. (2026). Resistance training-induced adaptations in the neuromuscular system: physiological mechanisms and implications for human performance. *The Journal of physiology* 604(1): 81–115. doi:10.1113/JP289716.
- Lee, Yu-Hao, Lee, P., Lin, L., Liao, C., Liou, T., & Huang, S. (2021). Effects of progressive elastic band resistance exercise for aged osteosarcopenic adiposity women. *Experimental gerontology* 147: 111272. <http://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111272>.
- Lloyd, Rhodri S, John B Cronin, Avery D Faigenbaum, G Gregory Haff, Rick Howard, William J Kraemer, Lyle J Micheli, Gregory D Myer, & Jon L Oliver. (2016). "National Strength and conditioning association position statement on long-term athletic development." *Journal of strength and conditioning research* 30(6): 1491–1509. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001387>.
- Lopes, Jaqueline Santos Silva, Aryane Flauzino Machado, Jéssica Kirsch Micheletti, Aline Castilho de Almeida, Allysiê Priscila Cavina, & Carlos Marcelo Pastre. (2019). "Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: a systematic review and meta-analysis." *SAGE Open Medicine* 7. <https://doi.org/10.1177/2050312119831116>.
- Ma, Shuzhen, Weijia Xue, Kim Geok Soh, Huange Liu, Fan Xu, Min Sun, & Xijie Shi. (2025). "Effects of physical training programs on healthy badminton players ' performance : a systematic review and meta - analysis."
- Mark King, Harley Towler, Romanda Dillon & Stuart McErlain-Naylor. (2020). "Applied sciences a correlational analysis of shuttlecock speed kinematic determinants in the badminton jump smash." : 1–14.
- Narang, Simran, Pratik Phansopkar, Neha Chitale, & Sakshi P. Arora. (2022). "Efficacy of upper limb plyometric training in a badminton player." *Journal of medical pharmaceutical and allied sciences* 11(1): 4382–84. <https://doi.org/10.55522/jmpas.v11i1.1347>.
- Pan, Zhengye, Lushuai Liu, Xingman Li, & Yunchao Ma. (2024). "An analysis of the effect of motor experience on muscle synergy in the badminton jump smash." *Human Movement Science* 95: 103209. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103209>.
- Patten, Mildred L., & Michelle Newhart. (2023). "Understanding Research Methods. *Understanding Research Methods*. <https://doi.org/10.4324/9781003092049>.

- Picha, Kelsey J, Muataz R Almaddah, Jordan Barker, Tavis Ciochetty, W Scott Black, & Tim L Uhl. (2019). "Elastic resistance effectiveness on increasing strength of shoulders and hips." *Journal of strength and conditioning research* 33(4): 931–43. doi:10.1519/JSC.0000000000002216.
- Purnama, Ardianto Rifki, & Yopi Kusdinar. (2024). Journal of physical education , health and sport the relationship between wrist flexibility and arm muscle strength with the accuracy and speed of smash for badminton ath- Letes Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)." 11(2): 75–78.
- Ramasamy, Yuvaraj, Usman, J., Sundar, V., Towler, H, & Mark King. (2024). Kinetic and Kinematic Determinants of Shuttlecock Speed in the Forehand Jump Smash Performed by Elite Male Malaysian Badminton Players." *Sports Biomechanics* 23(5): 582–97. <https://doi.org//10.1080/14763141.2021.1877336>.
- Rumpoko, Satrio Sakti, Vera Septi Sistiasih, Kodrad Budiyono, & Maharani Fatima Gandasari. (2025). "Evaluating the Effectiveness of a Virtual Reality-Based Training Method for Basic Scuba Diving Skills." : 105–11. <https://doi.org//10.15561/26649837.2025.0204>.
- Seguin Rachel C, Alan C Cudlip, & Michael W R Holmes. (2022). The efficacy of upper-extremity elastic resistance training on shoulder strength and performance : a systematic review."
- Stanley, Marvin, Kumaidah, E., Mas, R., Adji, S., & Widodo, S. (2024). The effect of hiit training (high intensity interval training) on upper body muscle strength undip fk students." 5(2): 73–76.
- Suchomel, Timothy J, Sophia Nimphius, Christopher R Bellon, & Michael H Stone. (2018). "The importance of muscular strength: training considerations." *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 48(4): 765–85. <https://doi.org//10.1007/s40279-018-0862-z>.
- Tapio, Rachelle P. (2025).The role of data assumptions in selecting between parametric and nonparametric tests. 27(11): 127–35.
- Toros, Turhan. (2024). Eeffect of verbal feedback on lay-up and dribbling during." 2(2): 123–33.
- Del, V, Alessandro, Enoka, R. M., & Farina, D. (2024). Specificity of early motor unit adaptations with resistive exercise training. *The Journal of physiology* 602(12): 2679–88. <https://doi.org//10.1113/JP282560>.
- Wang, Bingke, & Zhou, H., (2024). Study on the impact of shoulder flexibility training on smash speed mechanics in badminton using machine learning." 21(2): 1–20.
- Winata, B., Brochhagen, J., Apriantono, T., & Matthias Wilhelm Hoppe. (2025). Do Anthropometric Characteristics and Physical Capacities of Highly Trained Junior Badminton Players Differ According to Age and Sex?" *Frontiers in sports and active living* 7: 1713157. <https://doi.org//10.3389/fspor.2025.1713157>.
- Yaghoubi, Mohsen, Ramezani, S., Dehnou, V. V., Eston, R., Lundberg, T. R., & Gorzi, A., (2025). Random-order ballistic training improves throwing distance in resistance-trained males. *European journal of sport science* 25(11): e70079. <http://doi.org10.1002/ejsc.70079>.