

KORELASI LOWER LIMB LEAN MASS TERHADAP DAYA LEDAK OTOT TUNGKAI PADA ATLET RENANG SUB-ELIT

Nur Muhammad Ibrahim Satya Haq¹, Mokhamad Nur Bawono², Noortje Anita Kumaat³, Andun Sudijandoko⁴, Awang Firmansyah⁵

Abstrak: Lower Limb Lean Mass (LLLM) merepresentasikan massa otot bebas lemak pada tungkai bawah yang berperan penting dalam menghasilkan daya ledak. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara LLLM dengan daya ledak otot tungkai pada atlet renang sub-elit. Subjek penelitian terdiri dari 33 atlet (22 laki-laki, 11 perempuan; usia 17.36 ± 1.55 tahun, tinggi badan 164.3 ± 7.57 cm, massa tubuh 56.39 ± 7.58 kg, BMI 20.84 ± 2.1 kg/m²). Pengukuran LLLM dilakukan menggunakan InBody 270, sedangkan daya ledak dievaluasi melalui tes Countermovement Jump (CMJ) dengan Force-decks. Hasil analisis menunjukkan korelasi signifikan antara LLLM dengan jump height ($p = 0.001$; $r = 0.553$), peak power ($p = 0.001$; $r = 0.821$), dan takeoff peak force ($p = 0.001$; $r = 0.805$). Temuan ini menegaskan bahwa LLLM berperan penting dalam mendukung performa eksplosif, khususnya pada fase start dan balikan. Dengan demikian, LLLM dapat dijadikan indikator fungsional dalam perancangan program latihan renang.

Kata Kunci: : *Lower Limb Lean Mass, Countermovement Jump*

Abstract: Lower Limb Lean Mass (LLLM) represents the fat-free muscle mass in the lower extremities, which plays a crucial role in generating explosive power. This study aimed to analyze the relationship between LLLM and lower-limb explosive power in sub-elite swimmers. Thirty-three athletes participated (22 males, 11 females; age 17.36 ± 1.55 years, height 164.3 ± 7.57 cm, body mass 56.39 ± 7.58 kg, BMI 20.84 ± 2.1 kg/m²). LLLM was assessed using an InBody 270 body composition analyzer, while explosive power was evaluated through the Countermovement Jump (CMJ) test with Force-decks. Results demonstrated significant correlations between LLLM and jump height ($p = 0.001$; $r = 0.553$), peak power ($p = 0.001$; $r = 0.821$), and takeoff peak force ($p = 0.001$; $r = 0.805$). These findings indicate that LLLM contributes substantially to explosive performance, particularly during the start and turn phases in swimming. Therefore, LLLM may serve as a functional indicator for monitoring and designing training programs to enhance swimmers explosive capacity.

Keywords: *Lower, Limb, Lean, Mass, Countermovement, Jump*

¹ Prodi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

² Prodi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

³ Prodi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

⁴ Prodi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

⁵ Prodi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

PENDAHULUAN

Kemampuan eksplosif merupakan salah satu komponen penting dalam menunjang performa atlet, termasuk dalam cabang olahraga renang. Daya eksplosif tungkai bawah berhubungan erat dengan performa renang pada semua gaya (Carvalho et al., 2023). Meskipun olahraga renang dilakukan di dalam air, beberapa fase krusial seperti start dan balikan sangat bergantung pada daya ledak otot tungkai. Dalam cabang olahraga renang, efisiensi kekuatan dan daya ledak gerakan juga sangat diperlukan untuk menjaga stabilitas streamline dan efektivitas dorongan, khususnya pada fase start (Matúš et al., 2021). Kemampuan tersebut dapat mempengaruhi kecepatan awal, efisiensi perpindahan, dan momentum, yang akan berdampak terhadap hasil akhir perlombaan (Keiner et al., 2021). Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengukur kemampuan eksplosif otot tungkai adalah Countermovement Jump (CMJ) (Petrigna et al., 2019). Melalui CMJ, dapat diperoleh parameter kemampuan neuromuskular seperti tinggi lompatan, peak power, serta gaya awal saat fase take-off (Pimentel, 2024). Tes seperti CMJ telah terbukti relevan sebagai indikator kemampuan ledakan otot untuk start dalam cabang olahraga renang yang lebih cepat (García-Ramos et al., 2016). Dengan kemajuan teknologi, alat seperti Force-decks dari Vald Performance memungkinkan analisis yang lebih rinci, termasuk informasi seberapa besar daya yang dihasilkan, yang dapat digunakan untuk menilai efisiensi gerak dan risiko cedera yang dapat dialami seorang atlet.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan antara Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan kekuatan, kecepatan, dan daya ledak otot, namun IMT tidak mampu merepresentasikan komponen otot spesifik yang berkontribusi terhadap performa eksplosif (Lilić et al., 2022). IMT yang dihitung dari rasio berat badan dan tinggi badan sering digunakan dalam olahraga sebagai gambaran kasar proporsi tubuh atlet, namun nilai tinggi pada atlet dengan massa otot besar kerap dianggap sebagai risiko obesitas. Hal ini disebabkan karena IMT tidak membedakan antara massa otot dan lemak tubuh (Campa et al., 2021; Popadić Gaćeša et al., 2011), sehingga atlet berotot sering dikategorikan ke dalam klasifikasi overweight atau obesitas meskipun memiliki tubuh yang sangat atletis. Dalam konteks penilaian kemampuan eksplosif pada ekstremitas bawah, diperlukan parameter yang lebih spesifik dan valid. Penelitian serupa pada cabang olahraga renang masih tergolong terbatas, sedangkan keberadaan daya ledak otot juga penting untuk diperhatikan, karena ketidakseimbangan daya ledak otot tungkai dapat menurunkan efisiensi gerak dan meningkatkan potensi risiko cedera pada atlet.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, muncul kebutuhan mendesak untuk mengevaluasi secara lebih spesifik kontribusi otot tungkai terhadap performa renang. Peningkatan pemahaman terhadap kontribusi neuromuskular ekstremitas bawah menjadi penting dalam menunjang performa atlet renang sub-elit (Ruiz-Navarro et al., 2025). Hal ini dapat digunakan sebagai indikator potensial dalam mengarahkan program pembinaan menuju level elit. Diperlukan pendekatan evaluatif yang lebih spesifik dan fungsional dibandingkan metode konvensional seperti pengukuran indeks massa tubuh. Evaluasi komposisi otot secara spesifik menjadi krusial karena peran massa otot ekstremitas bawah sangat menentukan dalam momen-momen penting perlombaan seperti start dan balikan (Keiner et al., 2021). Sebagai alternatif, pengukuran Lower Limb Lean Mass (LLLM) yang diperoleh melalui alat pengukuran seperti InBody 270 menjadi parameter yang lebih relevan dan akurat dalam menilai kemampuan eksplosif ekstremitas bawah pada atlet. LLLM mengacu pada jumlah massa bebas lemak, khususnya otot, yang berada di ekstremitas bawah tubuh. Parameter ini mencerminkan kapasitas otot fungsional yang berkontribusi langsung terhadap daya ledak gerakan tungkai (Reid et al., 2008). Penggunaan pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai kondisi fisik atlet dan menjadi dasar pengembangan

program latihan yang lebih efektif. Pendekatan ini juga relevan dalam konteks pengembangan strategi pelatihan yang terpersonalisasi sekaligus sebagai dasar mitigasi risiko cedera terkait ketidakseimbangan otot dan defisiensi kekuatan fungsional (Wang et al., 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara Lower Limb Lean Mass (LLLM) dengan daya ledak otot tungkai menggunakan tes Countermovement Jump (CMJ) pada atlet renang sub-elit untuk menilai seberapa besar LLLM berpengaruh terhadap daya ledak otot tungkai yang secara biomekanis dapat menginterpretasikan gerakan start dan balikan pada cabang olahraga renang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah mengenai pemanfaatan parameter komposisi tubuh fungsional sebagai indikator performa eksploif dalam cabang olahraga renang, serta mendukung pendekatan evaluatif yang lebih presisi dalam pengembangan performa atlet secara optimal. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan program pelatihan dasar daya ledak otot tungkai berbasis data yang lebih akurat dan adaptif terhadap kebutuhan atlet.

METODE

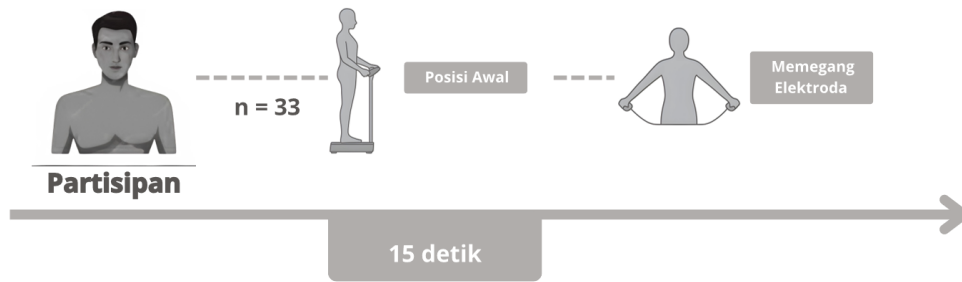
1. Subjek

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan studi cross-sectional. Subjek terdiri dari 33 atlet renang sub-elit aktif dengan komposisi subjek mencakup 22 atlet laki – laki dan 11 atlet perempuan, dengan karakteristik (usia 17.36 ± 1.55 tahun, tinggi badan 164.3 ± 7.57 cm, massa tubuh 56.39 ± 7.58 kg, BMI 20.84 ± 2.1 kg/m²). Serta terdapat kriteria inklusi dalam penelitian ini mencakup: (1) subjek merupakan atlet cabang olahraga renang sub-elit (2) berada dalam rentang usia 16 hingga 23 tahun; serta (3) berada dalam kondisi sehat secara fisik saat pelaksanaan pengukuran. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi: (1) atlet yang sedang mengalami cedera atau kondisi tidak sehat yang dapat memengaruhi hasil tes; (2) atlet yang berada di luar rentang usia yang ditentukan (<16 tahun atau >23 tahun); serta (3) atlet yang sedang menjalani pengobatan medis atau berada dalam fase rehabilitasi pasca cedera.

2. Prosedur

a. Tes Komposisi Tubuh

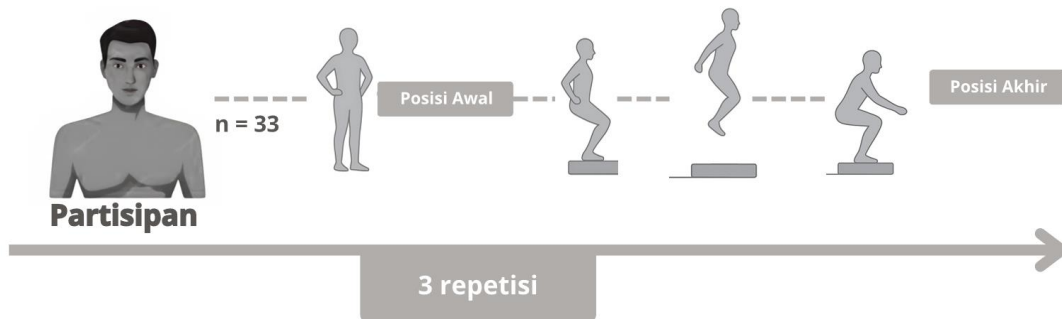
Pengukuran komposisi tubuh yang akurat sangat penting dilakukan agar mendapatkan parameter yang valid, pengukuran dilakukan menggunakan bioelectrical impedance analysis (BIA) dengan alat InBody 270 (Seoul, South Korea), yang secara khusus digunakan untuk memperoleh data massa otot bebas lemak pada ekstremitas bawah (LLLM). Prosedur standar telah dilakukan di mana subjek penelitian diinstruksikan untuk melepas alas kaki, melepas aksesoris berbahan logam, dan mengosongkan kantong saku. Posisi awal, subjek berdiri diatas InBody 270 dengan posisi tumit sejajar dengan elektroda belakang dan kaki dengan elektroda tunggal, alat akan mengukur berat badan, setelahnya di minta untuk mengisi ID atau nomor handphone, tinggi badan, usia, jenis kelamin. Protokol, subjek memegang elektroda dengan posisi ibu jari diletakkan pada elektroda oval dan jari – jari lainnya di sekitar elektroda bawah, memposisikan lengan tetap lurus menjauh dari badan pada sudut 45° dan rileks selama 15 detik. InBody 270 akan secara otomatis memberikan hasil pengukuran komposisi tubuh secara keseluruhan. Hasil pengukuran salah satunya berupa pembagian massa otot bebas lemak untuk dianalisis lebih lanjut.



Gambar 1. Prosedur tes komposisi tubuh

b. Tes Countermovement Jump (CMJ)

Daya ledak otot tungkai dikumpulkan melalui tes CMJ dengan perangkat Force-Decks (Vald Performance Albion, Australia). Dalam (Collings et al., 2024) telah melakukan uji validitas dan reliabilitas perangkat Force-Decks Vald dan terbukti parameter yang dihasilkan reliabel dengan laboratory force plate. Parameter yang digunakan sebagai representasi daya ledak otot tungkai menggunakan jump height, peak power dan takeoff peak force yang dihasilkan melalui tes CMJ. Peak Power dapat digunakan sebagai variabel yang mewakili daya ledak otot tungkai (Ha et al., 2025; Wingate, 2018). Tes ini menggunakan protokol yang ada pada panduan support vald. Posisi awal, postur berdiri normal, tangan di pinggul, dada terangkat dan melihat ke depan. Protokol: (1) Nalkan pelat, pastikan tidak ada yang menyentuh pelat selama langkah ini; (2) Subjek mengambil posisi awal di atas pelat; (3) Pengukuran berat badan; (4) Posisi diam sepenuhnya selama 2-3 detik sebelum dan di antara setiap repetisi dalam tes; (5) Dada tetap tegak dan lihat ke depan, membungkuk, lalu lompat ke atas, mendarat dengan lembut, ambil posisi awal lagi; (6) Ulangi langkah 5 untuk mencatat jumlah repetisi yang diinginkan (penulis menggunakan 3 repetisi); serta (7) Selesaikan tes dan memeriksa hasil. Nilai yang dihitung adalah rata – rata tiga pengukuran dan dicatat sebagai data akhir.



Gambar 2. Prosedur tes *countermovement jump*

Statistical Analysis

Data dari tes pengukuran komposisi tubuh dan daya ledak otot tungkai dikumpulkan sesuai kebutuhan dalam Microsoft Excel. Data terpilih diolah menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistik versi 27 dan analisis statistik. Analisis data statistik pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji statistik deskriptif untuk menggambarkan data. Uji Shapiro-Wilk untuk menguji normalitas data dengan nilai signifikansi (p-value, $p > 0.05$ = data berdistribusi normal). Uji korelasi Pearson untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dengan nilai signifikansi (p-value, $p < 0.05$ = ada hubungan signifikan), serta r-value sebagai nilai koefisien korelasi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antar variabel (interval koefisien : 0.00-0.199 = sangat rendah; 0.20-0.39 = rendah; 0.40-0.59 = sedang; 0.60-0.79 = tinggi; 0.80-1.00 = sangat tinggi).

HASIL

Tabel 1 menunjukkan uji normalitas data antropometri dasar dan variabel bebas (LLLM) atlet renang sub-elit menggunakan metode Shapiro – Wilk. Hasil menunjukkan yang mana tinggi badan (p-value 0.236), berat badan (p-value 0.086), BMI (p-value 0.465), dan LLLM (p-value 0.821). Dari keseluruhan data tersebut dapat dinyatakan sebagai data yang berdistribusi normal karena memenuhi ketentuan nilai signifikansi (p-value, $p > 0.05$ = data berdistribusi normal).

Tabel 1. Statistik Uji Normalitas

Variable	Mean $\pm$ SD	p-value
Height	164.3 $\pm$ 7.57	0.236
Body Mass	56.39 $\pm$ 7.58	0.086
BMI	20.84 $\pm$ 2.1	0.465
LLLM	14.04 $\pm$ 2.74	0.821

Tabel 2 menunjukkan uji normalitas variabel terikat atlet renang sub-elit berupa parameter yang merupakan representasi dari variabel daya ledak otot tungkai. Hasil menunjukkan yang mana *jump height* (p-value 0.855), *peak power* (p-value 0.973), dan *takeoff peak force* (p-value 0.714). Dari keseluruhan data tersebut dapat dinyatakan sebagai data yang berdistribusi normal karena memenuhi ketentuan nilai signifikansi (p-value, $p > 0.05$ = data berdistribusi normal).

Tabel 2. Statistik Uji Normalitas Parameter Variabel Terikat

Variable	Mean $\pm$ SD	p-value
Jump Height	30.16 $\pm$ 6.42	0.855
Peak Power	2689.84 $\pm$ 603.3	0.973
Takeoff Peak Force	195.69 $\pm$ 182.28	0.714

Tabel 3 menunjukkan hasil uji korelasi antara LLLM dengan jump height, peak power, dan takeoff peak force. Hasil uji korelasi menunjukkan terdapat hubungan yang sangat signifikan yang mana LLLM dengan Jump Height (p-value 0.001 dan r-value 0.553), LLLM berkorelasi dengan Peak Power (p-value 0.001 dan r-value 0.821), dan LLLM dengan Takeoff Peak Force (p-value 0.001 dan r-value 0.805). Pada nilai r-value dari LLLM dengan jump height menunjukkan hubungan yang sedang dan bernilai positif, artinya semakin tinggi nilai LLLM maka semakin tinggi juga nilai jump height. Pada nilai r-value LLLM dengan peak power dan takeoff peak force menunjukkan hubungan yang sangat tinggi dan bernilai positif, artinya semakin tinggi nilai LLLM maka semakin tinggi nilai peak power dan takeoff peak force. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan massa otot tanpa lemak ekstremitas bawah berkorelasi positif dengan peningkatan daya ledak otot tungkai pada atlet renang sub-elit.

Tabel 3. Statistik Korelasi LLLM dengan Parameter Daya Ledak Otot Tungkai

	<i>Jump Height</i>	<i>Peak Power</i>	<i>Takeoff Peak Force</i>
LLLM	<i>0.001</i> <i>r= 0.553</i>	<i>0.001</i> <i>r= 0.821</i>	<i>0.001</i> <i>r= 0.805</i>

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang sangat kuat dan signifikan secara statistik antara LLLM dengan daya ledak otot tungkai. Korelasi signifikan antara LLLM dengan jump height ($p < 0.001$; $r = 0.553$), peak power ($p < 0.001$; $r = 0.821$) dan takeoff peak force ($p < 0.001$; $r = 0.805$) menunjukkan bahwa semakin tinggi LLLM dapat digunakan sebagai acuan dan prediktor efektivitas daya ledak otot tungkai. Implikasi ini relevan dalam olahraga renang, di mana performa neuromuskular yang bersifat eksplosif, sebagaimana terlihat dalam aktivitas lompatan vertikal yang secara biomekanis menyerupai fase start dan balikan dalam renang sangat penting dalam menunjang stabilitas streamline dan efektivitas dorongan saat melakukan start pada atlet renang sub-elit (Matuš et al., 2021).

Secara fisiologis, massa otot yang lebih besar menunjukkan adanya peningkatan ukuran serabut otot (Roberts et al., 2023). Hal ini berkaitan langsung dengan kemampuan otot menghasilkan gaya. Di antara jenis serabut otot, serabut tipe II (fast-twitch fibers) memiliki peran utama dalam aktivitas eksplosif karena mampu berkontraksi dengan sangat cepat dan menghasilkan gaya yang lebih besar dibanding serabut tipe I (slow-twitch fibers) yang lebih berorientasi pada ketahanan (Hopwood et al., 2023). Pada aktivitas eksplosif seperti lompat vertikal atau start renang, serabut tipe II sangat dominan karena keduanya membutuhkan gaya besar dalam waktu singkat. Kemampuan otot untuk menghasilkan gaya secara cepat disebut rate of force development (RFD). Semakin tinggi proporsi serabut tipe II dalam otot tungkai, semakin besar pula RFD yang dihasilkan. RFD merupakan indikator fisiologis yang mendasari manifestasi dari daya ledak otot tungkai, sehingga mendukung performa eksplosif atlet (Kavvoura et al., 2018). Dalam konteks renang, hal ini sangat relevan karena fase start dan balikan menuntut dorongan tungkai yang eksplosif untuk mempercepat tubuh ke dalam streamline. Dengan demikian, peningkatan LLLM bukan hanya mencerminkan adaptasi morfologis otot, tetapi juga mendukung peningkatan performa neuromuskular yang penting bagi atlet renang sub-elit.

Temuan ini sejalan dengan studi oleh (Li et al., 2025), yang menemukan bahwa persentase massa otot bebas lemak tungkai berkorelasi positif dengan performa lompatan, serta berperan penting dalam meningkatkan kekuatan eksplosif otot tungkai pada atlet sprinter. Penelitian ini memperkuat literatur yang menyatakan massa otot bebas lemak berkorelasi signifikan dengan daya ledak otot tungkai, terutama dalam cabang olahraga renang. Hasil penelitian ini memberikan dukungan empiris terhadap pentingnya LLLM untuk menunjang aktivitas eksplosif, serta merekomendasikan penggunaannya sebagai indikator fungsional dalam perancangan program latihan dan faktor lainnya yang menunjang peningkatan LLLM atlet renang secara optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mendukung hasil temuan sebelumnya, yang menunjukkan bahwa LLLM memiliki hubungan yang sangat signifikan dengan kemampuan daya ledak otot tungkai pada atlet renang sub-elit. Parameter jump height, peak power dan takeoff peak force menunjukkan korelasi kuat dengan LLLM, temuan ini mengindikasikan bahwa komponen otot aktif di

tungkai berperan penting dalam mendukung performa eksplosif, khususnya pada fase start dan balikan dalam renang. Oleh karena itu, kualitas LLLM yang baik dapat digunakan sebagai indikator fungsional untuk memantau, serta merancang program latihan yang bertujuan meningkatkan performa eksplosif. Tidak menutup kemungkinan LLLM juga dapat ditingkatkan melalui beberapa faktor lainnya. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan pendekatan longitudinal dan mempertimbangkan analisis berdasarkan pelatihan pada LLLM.

DAFTAR PUSTAKA

- Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A., & Coratella, G. (2021). Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*, 13(5), 1620. <https://doi.org/10.3390/nu13051620>
- Carvalho, D. D., Monteiro, A. S., Fonseca, P., Silva, A. J., Vilas-boas, P., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2023). Swimming sprint performance depends on upper / lower limbs strength and swimmers level. *Journal of Sports Sciences*, 41(8), 747–757. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2239610>
- Collings, T. J., Lima, Y. L., Dutailis, B., & Bourne, M. N. (2024). Concurrent validity and test–retest reliability of VALD ForceDecks’ strength, balance, and movement assessment tests. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(8), 572–580. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.04.014>
- García-Ramos, A., Tomazin, K., Feriche, B., Strojnik, V., de la Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., Strumbelj, B., & Štirn, I. (2016). The Relationship Between the Lower-Body Muscular Profile and Swimming Start Performance. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 157–165. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0152>
- Hopwood, H. J., Bellinger, P. M., Compton, H. R., Bourne, M. N., & Minahan, C. (2023). The Relevance of Muscle Fiber Type to Physical Characteristics and Performance in Team-Sport Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(3), 223–230. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2022-0235>
- Jakovljević, D. K., Eric, M., Jovanovic, G., Dimitric, G., Cupic, M. B., & Ponorac, N. (2018). Explosive Muscle Power Assessment In Elite Athletes Using Wingate Anaerobic Test. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24(2), 107–111. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182402183151>
- Kavvoura, A., Zaras, N., Stasinaki, A.-N., Arnaoutis, G., Methenitis, S., & Terzis, G. (2018). The Importance of Lean Body Mass for the Rate of Force Development in Taekwondo Athletes and Track and Field Throwers. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(3), 43. <https://doi.org/10.3390/jfmk3030043>
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2021). The Influence of Upper- and Lower-Body Maximum Strength on Swim Block Start, Turn, and Overall Swim Performance in Sprint Swimming. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(10), 2839–2845. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003229>
- Li, Y., Guo, Q., Shao, J., Gan, Y., Zhao, Y., & Zhou, Y. (2025). Neuromuscular factors predicting lower limb explosive strength in male college sprinters. *January*, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1498811>
- Lilić, A., Petković, E., Stanković, M., & Hadžović, M. (2022). Influence Of Body Composition Parameters On Explosive Power In Female Adolescent Football Players. *January 2023*. <https://doi.org/10.22190/FUPES220826016L>
- Matúš, I., Ružbarský, P., Vadašová, B., & Čech, P. (2021). Leg Dominance and OSB12 Kick Start Performance in Young Competitive Swimmers. *International Journal of*

- Environmental Research and Public Health, 18(24), 13156. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413156>
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527–1533. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.5.1527>
- Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A., & Bianco, A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384>
- Pimentel, R. (2024, Oktober 1). Validating Countermovement Jump: Uplift vs VALD ForceDecks. Uplift Labs. <https://www.uplift.ai/validations/validating-countermovement-jump-uplift-vs-vald-forcedecks>
- Popadić Gaćeša, J., Barak, O., Karaba Jakovljevic, D., Klačnja, A., Galic, V., Drapšin, M., Lukač, D., & Grujić, N. (2011). Body mass index and body fat content in elite athletes. *Exercise and Quality of Life*, 3(2), 43–48. <https://doi.org/10.31382/EQOL201102065P>
- Reid, K. F., Naumova, E. N., Carabello, R. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2008). Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *The Journal of nutrition, health and aging*, 12(7), 493–498. <https://doi.org/10.1007/BF02982711>
- Roberts, M. D., McCarthy, J. J., Hornberger, T. A., Phillips, S. M., Mackey, A. L., Nader, G. A., Boppart, M. D., Kavazis, A. N., Reidy, P. T., Ogasawara, R., Libardi, C. A., Ugrinowitsch, C., Booth, F. W., & Esser, K. A. (2023). Mechanisms of mechanical overload-induced skeletal muscle hypertrophy: current understanding and future directions. *Physiological Reviews*, 103(4), 2679–2757. <https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2022>
- Ruiz-Navarro, J. J., Santos, C. C., Born, D.-P., López-Belmonte, Ó., Cuenca-Fernández, F., Sanders, R. H., & Arellano, R. (2025). Factors Relating to Sprint Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 55(4), 899–922. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02172-4>
- Wang, J., Qin, Z., Zhang, Q., & Wang, J. (2025). Lower limb dynamic balance, strength, explosive power, agility, and injuries in volleyball players. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 20(1), 211. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05566-w>