

ИНТЕГРИРАН АНАЛИЗ НА ПОСТУРАЛНАТА СТАБИЛНОСТ ПРИ ДЕЦА И ЮНОШИ: ВЛИЯНИЕ НА РОТАЦИОННИТЕ ДВИЖЕНИЯ И СПОРТНАТА АКТИВНОСТ

Николина Димитрова

*Професор, доктор на науките, Катедра „Чужди езици и информационни технологии“,
Национална спортна академия „Васил Левски“, София, България.
Email: ninansa@abv.bg / <https://orcid.org/0000-0003-2224-2409>*

АБСТРАКТ

Постуралната стабилност е ключов компонент в развитието на двигателния контрол при подрастващите, като ротационните движения представляват специфично натоварване, което може да разкрие особености в сензомоторната регулация. Цел: Да се изследва влиянието на ротационните движения и спортната активност върху постуралната стабилност при деца и юноши чрез анализ на центъра на натиск (CoP) и стабилограмните параметри. Методология: В изследването участват деца и юноши на възраст 10–16 години, разделени в две групи: трениращи спортове с изразени ротационни елементи и контролна група. Постуралната стабилност се оценява чрез стабилоплатформа при условия на статичен стоеж с отворени и затворени очи, както и след изпълнение на серия ротационни движения. Регистрирани са линейни показатели на CoP (амплитуда на отклоненията, дължина на траекторията, средна скорост) и честотни характеристики чрез спектрален анализ (FFT). Данните са обработени със статистически тестове за сравнение между групи и условия при ниво на значимост $\alpha = 0,05$. Резултати и заключение: Очаква се ротационното натоварване да разкрие различия в постуралната регулация между трениращи и нетрениращи деца, като предостави ценна информация за механизмите на адаптация и възможностите за оптимизиране на тренировъчните програми.

Ключови думи: *Постурална стабилност; Център на натиск (CoP); ML амплитуда; Ротационно натоварване.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Постуралната стабилност представлява ключов компонент на човешката моторика и е в основата на ефективното движение, превенцията на травми и успешното участие в спортни и ежедневни дейности. Развитието на умения за контрол на равновесието е тясно свързано със сензомоторната интеграция, когнитивните процеси и адаптивните механизми на централната нервна система (16, 17, 26, 32). В детска и младежка възраст тези процеси са особено чувствителни към влиянието на физическата активност, структурираното обучение и средовите фактори (2, 5, 23, 24)

В последните години нараства интересът към връзката между уелнес културата, психофизиологичната устойчивост и двигателното развитие. Изследванията на Димитрова и съавтори подчертават значението на уелнес ориентирания начин на живот за психичното благополучие, емоционалната интелигентност и устойчивостта към стрес (12-15, 18,). Социалната значимост на уелнес практиките и тяхната роля за развитието на младите хора са подробно разгледани в трудовете на Dimitrova et al. (9-11), които подчертават, че системната двигателна активност и здравословните поведенчески модели подпомагат цялостното физическо и психично развитие.

Паралелно с това, изследванията в областта на двигателното обучение и бойните спортове показват, че дисциплини като джудо развиват саморегулация, концентрация, устойчивост и сложни постурални механизми (6, 7, 8). Джудо тренировките включват динамични ротации, промени в равновесието и бързи корекции на центъра на натиск, което ги прави подходящ модел за изследване на постуралната адаптация (22, 29). Международната федерация по джудо също подчертава образователните и социалните ползи от ранното включване в бойните спортове (1, 3, 4, 17).

Постуралният контрол често се оценява чрез анализ на центъра на натиск (CoP), който предоставя чувствителни показатели за стабилност, включително дължина на траекторията, средна скорост и амплитуда на колебанията в медно-латерална посока. Тези параметри позволяват да се проследят компенсаторните стратегии на тялото при различни условия, включително след ротационни натоварвания, които предизвикват вестибуларната система и изискват бърза сензомоторна адаптация (21, 35).

Допълнителни изследвания показват, че природните и динамични среди подпомагат развитието на двигателни умения и устойчивост (6, 31), а психофизиологичната устойчивост е ключов фактор за ефективно справяне със стрес и натоварване (34). В този контекст уелнес подходите, включително рекреативни и терапевтични практики, имат доказан ефект върху здравето и функционалното състояние (2, 19, 20).

На този фон настоящото изследване има за цел да анализира постуралната стабилност при трениращи и нетрениращи участници в условия на базов стоеж и след ротационно натоварване, като се фокусира върху ключови CoP показатели и спектрален анализ на постуралните колебания. Очакването е, че системната спортна подготовка, особено в дисциплини с ротационни елементи, ще бъде свързана с по-ефективни компенсаторни механизми и по-стабилни постурални стратегии.

МЕТОДИКА

Цел на материала е да се изследва влиянието на ротационните движения и спортната активност върху постуралната стабилност при деца и юноши чрез анализ на центъра на натиск (CoP) и стабилограмните параметри, с цел идентифициране на ключови механизми за подобряване на баланса и двигателния контрол.

Дизайн на изследване: Изследването е проведено сред деца и юноши на възраст 10–16 години, разделени в две групи – трениращи спортове с изразени ротационни елементи и контролна група без системна двигателна активност, с цел да се оцени влиянието на ротационните натоварвания върху постуралната стабилност. Постуралният контрол е регистриран чрез стабилноплатформа при стандартен стоеж с отворени и затворени очи, както и непосредствено след изпълнение на серия ротационни движения около вертикалната ос. Всеки участник изпълнява по няколко опита с продължителност 30–60 секунди, като условията са стандартизирани по отношение на време на деня, визуални стимули и почивка между опитите. От

стабилограмите са извлечени линейни показатели на центъра на натиск (амплитуда на отклоненията, дължина на траекторията и средна скорост на колебанията), както и честотни характеристики чрез спектрален анализ (FFT) за определяне на доминиращите честоти и разпределението на енергията в различни диапазони. Данните са обработени статистически чрез тестове за нормалност и сравнителни анализи между групите и експерименталните условия при ниво на значимост $\alpha = 0,05$, което позволява надеждна оценка на ефектите от ротационното натоварване върху постуралната регулация.

РЕЗУЛТАТИ

Резултатите от изследването показват ясно изразени различия в постуралната стабилност между трениращите и нетрениращите участници както в статични условия, така и след ротационно натоварване. В условия на стандартен стоеж с отворени очи трениращите демонстрират значително по-малка амплитуда на медио-латералните отклонения на центъра на натиск (CoP) ($p < 0,05$), както и по-къса обща дължина на траекторията (Таблица 1). Това отразява по-ефективен и икономичен контрол на равновесието.

Таблица 1. Описателни статистики на постуралните показатели (средна $\pm$ SD)

Група	Условие	Дължина CoP (mm)	Средна скорост (mm/s)	ML амплитуда (mm)
Трениращи	<i>Baseline</i>	418,3 $\pm$ 62,7	6,9 $\pm$ 1,1	6,4 $\pm$ 1,0
Трениращи	<i>Post-rotation</i>	472,9 $\pm$ 71,5	7,7 $\pm$ 1,3	7,3 $\pm$ 1,1
Нетрениращи	<i>Baseline</i>	523,6 $\pm$ 74,2	8,7 $\pm$ 1,4	8,2 $\pm$ 1,3
Нетрениращи	<i>Post-rotation</i>	691,4 $\pm$ 93,8	11,3 $\pm$ 1,9	10,5 $\pm$ 1,8

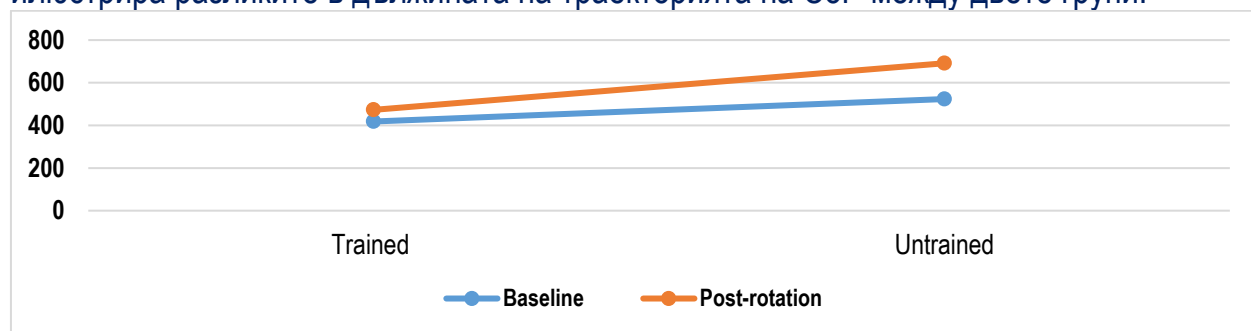
$n = 25$ трениращи, $n = 25$ нетрениращи

Таблица 2. Междугрупови и вътрегрупови сравнения

Показател	Сравнение	Разлика (Δ)	р-стойност	Ефект (Cohen's d)
Дължина CoP baseline	Трениращи vs нетрениращи	≈ 105 mm	$p = 0.004$	$d \approx 0.9$
Дължина CoP post	Трениращи vs Нетрениращи	≈ 219 mm	$p < 0.001$	$d > 1.2$
Δ дължина CoP	<i>Baseline</i> $\rightarrow$ <i>Post</i> (трениращи)	$\approx +55$ mm	$p = 0.021$	$d \approx 0.5$
Δ дължина CoP	<i>Baseline</i> $\rightarrow$ <i>Post</i> (нетрениращи)	$\approx +168$ mm	$p < 0.001$	$d > 1.0$
Средна скорост post	Трениращи vs Нетрениращи	$\approx +3.6$ mm/s	$p < 0.001$	$d \approx 1.1$
ML амплитуда post	Трениращи vs Нетрениращи	$\approx +3.2$ mm	$p < 0.001$	$d \approx 1.0$

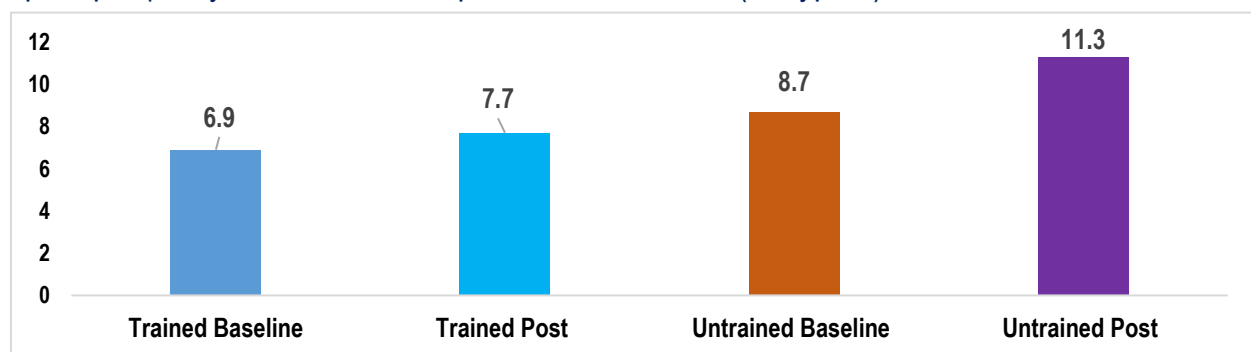
Графичната визуализация на тези резултати е представена на Фигура 1, която

илюстрира разликите в дължината на траекторията на CoP между двете групи.



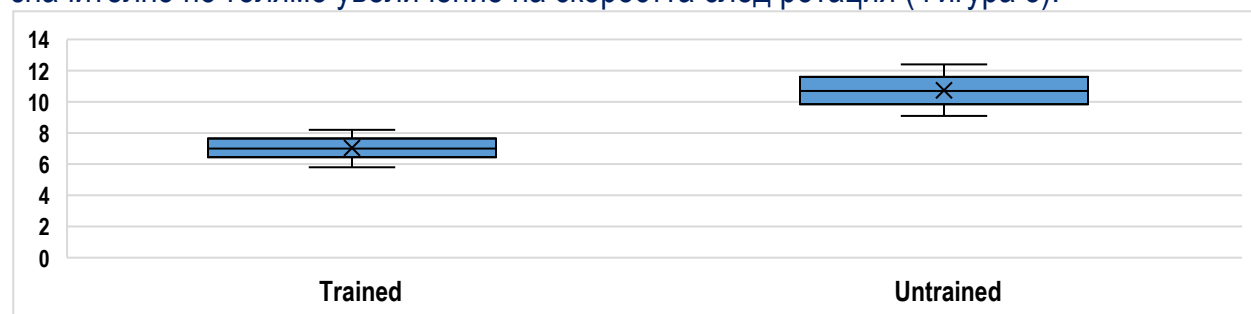
Фигура 1. Дължина на траекторията CoP

Фигура 1. Средна дължина на траекторията на центъра на натиск (CoP) при трениращи и нетрениращи участници в условия на базов стоеж и след ротационно натоварване. Нетрениращите показват по-големи стойности във всички условия и по-изразено увеличение след ротация. След изпълнение на ротационни движения и двете групи показват увеличение на постуралните колебания, но ефектът е по-силно изразен при нетрениращите. При тях средната скорост на CoP се повишава с над 30%, докато при трениращите увеличението е приблизително 12% (Фигура 2).



Фигура 2. Средна скорост на CoP

Фигура 2 онагледява средната скорост на CoP при трениращи и нетрениращи участници в базови условия и след ротационно натоварване. При нетрениращите се наблюдава значително по-голямо увеличение на скоростта след ротация (Фигура 3).



Фигура 3. ML амплитуда post-rotation

Аналогично, ML амплитудата след ротация е значително по-висока при нетрениращите ($p < 0,001$), което показва по-нестабилни компенсаторни механизми. Фигура 3 Амплитуда на медно-латералните колебания (ML) на CoP след ротационно натоварване при трениращи и нетрениращи участници. Нетрениращите демонстрират по-големи и по-вариабилни отклонения. Спектралният анализ (FFT) разкрива, че при трениращите енергията остава концентрирана в нискочестотния диапазон, характерен за стабилни и добре организирани постурални корекции. При нетрениращите се наблюдава изместване към по-високи честоти, което е индикатор за по-хаотични и по-малко ефективни стратегии за поддържане на равновесие. Обобщено, резултатите потвърждават, че системната спортна подготовка, особено в дисциплини с ротационни елементи, води до по-добра сензомоторна адаптация и по-висока устойчивост на постуралната система при динамични натоварвания.

ДИСКУСИЯ

Резултатите от изследването показват ясно изразени различия в постуралната стабилност между трениращи и нетрениращи участници. Трениращите демонстрират по-къса дължина на траекторията на CoP, по-ниска средна скорост и по-малка ML амплитуда както в базови условия, така и след ротационно натоварване, което отразява по-ефективни компенсаторни механизми и по-добра сензомоторна интеграция. Тези данни съответстват на утвърдените модели за развитие на моторния контрол, според които системната физическа активност подобрява постуралните стратегии и намалява вариабилността на колебанията (23, 27). По-силно изразеното увеличение на постуралните колебания при нетрениращите след ротация показва по-ограничена адаптация към вестибуларни смущения. Спектралният анализ потвърждава това, като при тях се наблюдава изместване към по-високи честоти – индикатор за по-хаотични и енергийно неикономични стратегии. При трениращите енергията остава концентрирана в нискочестотния диапазон, характерен за стабилни и добре организирани постурални корекции (28, 30, 36). Получените резултати са в съответствие с изследванията върху бойните спортове, които подчертават ролята на ротационните движения и динамичните промени в равновесието за развитието на постуралния контрол (25, 33). Тренировъчните практики, включващи чести промени в позицията на тялото и бързи корекции на CoP, вероятно обясняват по-ефективните стратегии, наблюдавани при трениращите. В по-широк контекст резултатите подкрепят концепцията, че активният начин на живот и уелнес ориентираните практики допринасят за по-добра психофизиологична устойчивост и функционално здраве. Това подчертава значението на системната двигателна подготовка за поддържане на стабилност, превенция на травми и оптимално функциониране при динамични натоварвания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящото изследване показва, че системната спортна подготовка оказва

съществено влияние върху постуралната стабилност и способността за адаптация към ротационни натоварвания. Трениращите участници демонстрират по-къса траектория на СоР, по-ниска средна скорост и по-малка ML амплитуда както в базови условия, така и след ротация, което отразява по-ефективни компенсаторни механизми и по-добра сензомоторна интеграция. За разлика от тях, нетрениращите показват по-големи колебания и изместване към по-високи честоти в спектралния анализ, характерни за по-нестабилни постурални стратегии.

Получените резултати подчертават значението на редовната двигателна активност и тренировъчните практики, включващи ротационни елементи, за поддържане на стабилност, превенция на травми и оптимално функционално представяне. В този контекст спортните и уелнес ориентираните програми могат да бъдат ефективен инструмент за подобряване на постуралния контрол и общото психофизиологично състояние.

***Бележка:**

Конфликт на интереси: Авторът и институцията декларират, че не съществува конфликт на интереси.

Финансиране: Статията е разработена в рамките на проект BG16RFPR002-1.014-0011 „Устойчиво развитие на Центъра за върхови постижения „Наследство БГ“, финансиран по процедура за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ BG16RFPR002-1.014 „Устойчиво развитие на центровете за върхови постижения и центровете за компетентност, включително на конкретни инфраструктури или техни обединения от Националната пътна карта за научна инфраструктура“. **Информирано съгласие:** Подписани са декларации за информирано съгласие относно публикуването на данните от проучването.

Използване на изкуствен интелект: Инструменти с изкуствен интелект (ChatGPT) са използвани единствено за езикова редакция и превод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aleksandrova, V. (2021). *Adaptirano pluvane za detsa s uvrezhdaniya* [Adapted swimming for children with disabilities] [Monograph, in Bulgarian]. IPRESS.
2. Aleksandrova, V. (2021a). The effect of swimming on health and physical activity in children with visual disabilities. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 22(2), 847–857.
3. Aleksandrova, V. (2022). Wellness aqua programs through adapted physical activity and sports for children with special needs. *Research Announcements Heritage BG*, 3, 82–89.
4. Angelcheva, M. (2019). Effects of combination between relax massage and Dr Bach flower remedies on everyday stress. In *Proceedings of the International Scientific Congress "Applied Sports Sciences" & Balkan Scientific Congress "Physical Education, Sports, Health"* (p.348–352). NSA Press.
5. Angelcheva, M., & Petkova, S. (2019). Effects of combination between relax massage and Dr Bach flower remedies on everyday stress. In *Proceedings of the International Scientific Congress "Applied Sports Sciences" and Balkan Scientific Congress "Physical Education, Sports, Health"* (pp. 348–352). NSA Press.
6. Becker, C., Lauterbach, G., Spengler, S., Dettweiler, U., & Mess, F. (2017). Effects of regular classes in

- outdoor education settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5), 485.
7. Biedrzycki, J., & Laskowski, R. (2024). The impact of judo training on cognitive functions. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 16(4).
 8. Council of Europe. (1988). *EUROFIT: Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness*.
 9. Dimitrova, B., Polomenov, M., Treneva, V., Nesheva, I., Ivanova, V., & Trendafilov, D. (2018). *Sotsialna znachimost na uelnes kulturata*. Avangard.
 10. Dimitrova, B., Geshev, P., Treneva, V., Nesheva, I., Aleksandrova, V., Ivanova, V., & Trendafilov, D. (2020). *Wellness lifestyle and youth development*. Avangard.
 11. Dimitrova, B., et al. (2020). *Dynamics of well-being and happiness indices: Comparative analysis based on global databases and United Nations reports* [Monograph, in Bulgarian]. Avangard Prima.
 12. Dimitrova, B., Izov, N., Aleksandrova, V., Iosifov, R., & Trendafilov, D. (2021). *Smart cognitive toolkit: External assessment of professional competencies for specialised staff in niche tourism* [Monograph, in Bulgarian]. NSA Press.
 13. Dimitrova, B., & Nesheva, I. (2021a). Research to improve health care for women with normal pregnancy applying recreational wellness activity. *Trakia Journal of Sciences*, 19(Suppl. 1), 684–690.
 14. Dimitrova, B. (2023). Educational policy, specialised staff, innovations and the recreational industry. *Strategies for Policy in Science and Education*, 31(5), 532–546. <https://doi.org/10.53656/str2023-5-6-imp>
 15. Dimitrova, B. (2024). The role of wellness, SPA and thalassotherapy in stress management. *Smart Innovations in Recreation, Wellness Industry and Niche Tourism*, 6(2), 7–14.
 16. Dimitrova, B. (2025). Mechanical and energy efficiency in wellness programs with cyclical movements. *Series on Biomechanics*, 39(1), 59–67. <https://doi.org/10.7546/SB.01.08.2025>
 17. Dimitrova, B. (2025a). Niche tourism: Innovations and quality culture in specialized workforce development. *German International Journal of Modern Science*, 101, 88–93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15124768>
 18. Dimitrova, B., & Tomova, T. (2025). Wellness lifestyle, emotional intelligence, workplace and leadership success. *Smart Innovations in Recreation, Wellness Industry and Niche Tourism*, 6(2), 51–56.
 19. Dimitrova, B., et al. (2025). Scientific evidence for personalisation of SPA services at the cellular level. *German International Journal of Modern Science*, 100, 42–46. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15061591>
 20. Dimitrova, B. (2026). Assessing the health benefits of forest art therapy: Evidence from Bulgaria. *Forestry Ideas*, 32(1), 16–18.
 21. Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage.
 22. Franchini, E., Del Vecchio, F., Julio, U. F., Matheus, L., & Candau, R. (2015). Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 67–72.
 23. Gallahue, D., & Ozmun, J. (2012). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. McGraw-Hill.
 24. Getchell, N., Tortella, P., Fumagalli, G. F., & Sääkslahti, A. (2022). Promoting motor development in children in the COVID-19 era. *Frontiers in Public Health*, 10, 988085.
 25. Gresham, F., & Elliott, S. (2008). *Social Skills Improvement System (SSIS) rating scales*. Pearson.
 26. Haywood, K., & Getchell, N. (2018). *Life span motor development* (7th ed.). Human Kinetics.
 27. International Judo Federation. (2020). *Judo for children: Educational and social benefits*. IJF Education Department.
 28. Janssen, I., & LeBlanc, A. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity in youth.

- International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 40.
29. Kons, R. L., Detanico, D., Costa, F. E., Franchini, E., Dopico-Calvo, X., Morales Aznar, J., Loturco, I., & Weldo, A. (2024). Strength and conditioning practices of judo coaches. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 19(2), 573–585.
 30. Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., Kelly, P., Smith, J., Raine, L., & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth. *Pediatrics*, 138(3), e20161642.
 31. Mygind, L., Mygind, E., Kjeldsted, E., Hartmeyer, R. D., Bølling, M., & Bentsen, P. (2019). Mental, physical and social health benefits of immersive nature experience. *Health & Place*, 58.
 32. Payne, G. V., & Isaacs, L. (2020). *Human motor development: A lifespan approach* (10th ed.). Routledge.
 33. Shi, P., & Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in youth. *Frontiers in Psychology*, 13.
 34. Sterkowicz-Przybycień, K., Miarka, B., & Fukuda, D. (2017). Sex and weight category differences in time-motion analysis of elite judo athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 817–825.
 35. Tabachnick, B., & Fidell, L. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
 36. World Health Organization. (2020). *Guidelines on physical activity*. WHO.