

# СПОРТИВНА ТРАВМАТОЛОГІЯ, ФАКТОРИ РИЗИКУ СПОРТИВНИХ ТРАВМ, ЇХ ПРОФІЛАКТИКА

DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2019.2.24-28>

## Стабілометричні показники рівноваги у дітей 7–14 років з різним станом склепінчастого апарату стопи

УДК 617.586-053.2

**А. Т. Данищук**

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
Івано-Франківськ, Україна

**Анотація.** *Мета.* Виявити стабілографічні особливості рівноваги дітей шкільного віку в залежності від стану склепінчастого апарату стопи. *Методи.* За допомогою системи оцінки функціонального стану опорно-рухового апарату тіла людини «DIERS FAMUS» (Німеччина) досліджували показники швидкості та величини відхилення загального центру ваги тіла і центрів тиску на кожному стопу дітей 7–14 років з порушенням і без порушення склепінчастого апарату стопи. *Результати.* Представлено дані про показники рівноваги у дітей шкільного віку, що мають різний стан склепіння стопи. Встановлено, що існують вірогідні відмінності показників середнього відхилення загального центру тиску в сагітальній площині у дітей з нормальним станом склепінчастого апарату стопи і плоскостопістю, які виражаються у більшій нестабільності тіла у вертикальній стійці дітей з плоскостопістю. При цьому виявляється тенденція до зменшення показників середньоквадратичного відхилення загального центру тиску у фронтальній площині у дітей з порушенням склепінчастого апарату стопи. *Висновок.* Функція рівноваги у дітей з нормальним станом склепінчастого апарату стопи більш виражена, ніж у їхніх однолітків, які страждають на плоскостопість.

**Ключові слова:** склепінчастий апарат стопи, стабілографія, плоскостопість, школярі.

### Stabilometrical indices of equilibrium in children aged 7–14 years with different condition of the vaulted apparatus of the foot

**A. T. Danyshchuk**

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

**Abstract.** *Objective.* To identify stabilographic features of equilibrium of school-age children depending on the state of the vaulted apparatus of the foot. *Methods.* Using the «DIERS FAMUS» (Germany) system for assessing the functional state of human musculoskeletal system, the speed and magnitude of deviations of the general center of the body mass and pressure centers on each foot of children aged 7–14 years with or without the vaulted foot apparatus disorder have been examined. *Results.* The presented data on equilibrium indices in school-age children with a different foot arch state indicate that there are possible differences in the mean deviations of the total center of pressure in the sagittal plane in children with a normal condition of the vaulted apparatus of the foot and flat-footedness, which are manifested in greater body instability in the vertical stance of flat-footed children. In this

case, there is a tendency to a decrease in the indices of the standard deviation of the total center of pressure in the frontal plane in children with impaired vaulted apparatus of the foot. *Conclusion.* The balance function in children with a normal condition of the vaulted apparatus of the foot is more pronounced than that of their flat-footed peers.

**Keywords:** vaulted apparatus of the foot, posturography, flatfoot, schoolchildren.

**Потановка проблеми.** Плоскостопість вважається однією з найпоширеніших деформацій опорно-рухового апарату людини, при якій відбувається стійке сплюснення, тобто зменшення висоти поздовжнього склепіння стопи, аж до його повного зникнення [1, 5]. Як правило, плоскостопість є результатом дефектів розвитку або набуті деформації дитячої стопи і спостерігається у 50,0 % випадків [2, 3]. Це диктує необхідність ранньої діагностики, профілактики і своєчасного застосування засобів фізичної терапії для лікування цього небезпечного захворювання [3, 14].

Під час вивчення розподілу тиску на сплюснену стопу К. Г. Некрасов [10] і V. Voloban [13] встановили, що передній відділ такої стопи при однаковому навантаженні відчуває більший тиск і тому знаходиться в більш несприятливих умовах, ніж стопа з більш вираженим склепінням. Встановлено також, що розподіл тиску має індивідуальні особливості і змінюється залежно від характеру постановки стопи [6, 15].

Так, при напруженому стані, коли вертикаль опущена із загального центру ваги (ЗЦВ) тіла і проходить ближче до переднього краю стопи, сила тиску на головки плесневих кісток збільшується, а при основній стійці, коли лінія ЗЦВ проходить ближче до заднього краю стопи, тиск на передню частину стопи зменшується [16]. Перерозподіл тиску на ту чи іншу частину стопи впливає на її склепінчастий апарат у цілому [19]. В роботах В. В. Гаркавенко і співав. [4], Д. В. Скворцова [11] і В. Н. Чернова [12] встановлено, що висота склепіння стопи постійно змінюється при різних положеннях тіла і рухах у суглобах, залежить від сили м'язів, що його підтримують, від положення вертикалі ЗЦВ тіла по відношенню до суглобів нижньої кінцівки, від постановки стопи при різних видах стояння, ходьби, бігу, стрибків і різноманітних за формою фізичних вправ тощо.

Діагноз різко вираженої плоскостопості, як правило, не викликає ускладнень [2]. Однак на ранніх, початкових його стадіях, коли деформацію не можна виявити звичайним оглядом зовнішнього рельєфу стопи і коли лікування особливо ефективно, розпізнавання часто буває досить складним [6, 8]. Порівняно з візуальним оглядом стопи більш об'єктивними для визначення того чи іншого ступеня їх сплюснення є: метод

плантографії; подометричний метод, в основі якого лежить вимірювання довжини і висоти підйому стопи. Дуже ефективним є використання стабілографії (визначення точки проєкції ЗЦВ на горизонтальну площину, розподіл навантаження на стопу в цілому, на передній, середній, задній відділи кожної стопи) і подографії (оцінка параметрів ходьби) [4, 7, 17]. Кожен з цих способів дослідження має позитивні і негативні сторони, тому при діагностиці плоскостопості доцільно застосовувати комплексне обстеження [1, 5].

**Мета дослідження:** виявити стабілографічні особливості рівноваги дітей шкільного віку залежно від стану склепінчастого апарату стопи.

**Методи та організація дослідження.** Досліджували швидкість зміщення загального центру тиску (ЗЦТ) та його середньоквадратичне відхилення у фронтальній і сагітальній площинах.

Було обстежено 50 дітей, з яких 20 не мали відхилень у будові стопи (нормальна стопа) чи мали незначні відхилення функціонального характеру (гіперсупінація), а 30 дітей мали плоскостопість I–II ступеня. За допомогою системи для визначення функціонального стану опорно-рухового апарату «DIERS FAMUS» (Німеччина) досліджували положення і коливання проєкції ЗЦВ у площині опори при європейській (у положенні п'ятки разом, носки розведені під кутом 30°) та американській (стопи розташовані паралельно) системах постановки стопи (рис. 1).

Відстань між стопами відповідала власній фізіолого-біомеханічній площі опори (відстань між центрами кульшових суглобів). Досліджуваний обирав основну стійку, при якій, згідно з інструкцією, стопи пацієнта встановлені на стабілометричній платформі в одному з вищевказаних положень, ноги випрямлені в суглобах (наскільки це можливо для даного пацієнта), тулуб випрямлений (відповідно до можливостей обстежуваного), голова – рівно, прямо, погляд спрямований вперед, руки вільно опущені вздовж тулуба. Положення основної стійки використовується для стандартизації проведення клінічної стабілометрії. При цьому погляд фокусується на зображенні монітора комп'ютера, встановленого навпроти випробуваного за допомогою спеціальної стійки. Потім на комп'ютері проводилася реєстрація відхилення ЗЦТ у фронтальній і сагітальній площинах (рис. 2).

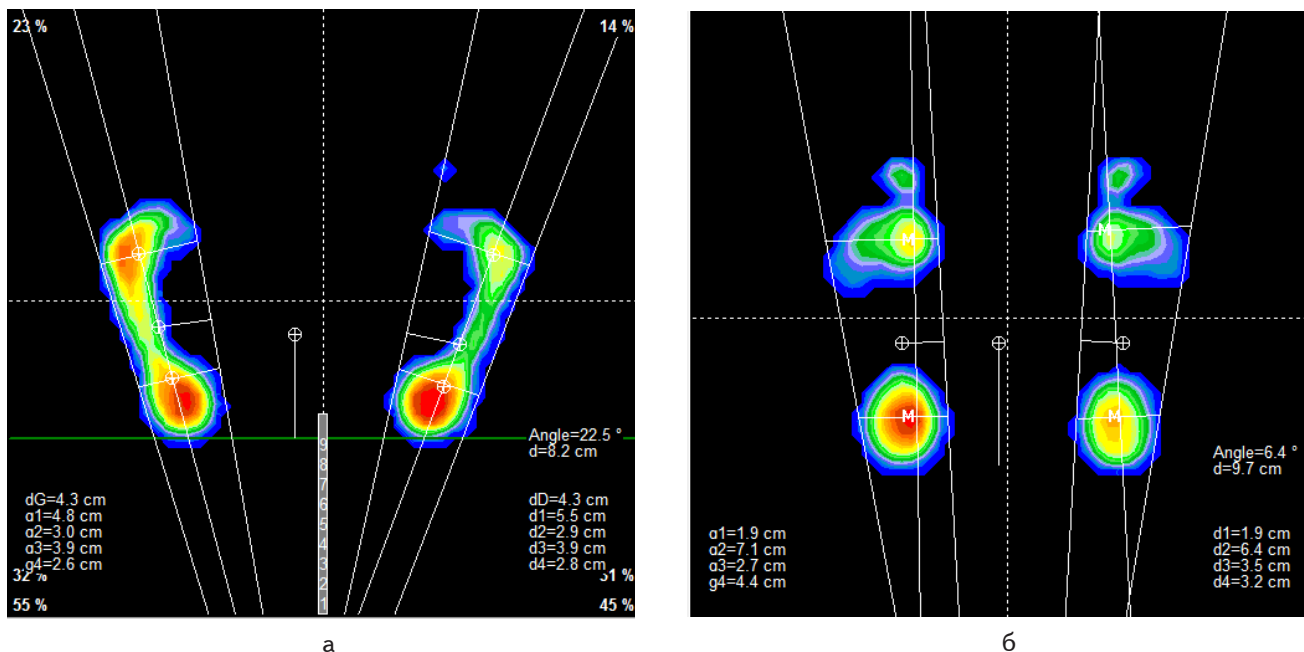


Рисунок 1 – Характер постановки стопи при європейському (а) та американському (б) способах

Отримані дані обробляли методами параметричної і непараметричної статистики за допомогою пакета програм «Statistika 6».

**Результати дослідження.** Було встановлено, що показники середньоквадратичного відхилення ЗЦТ у сагітальній площині у дітей з нормальним станом значно нижче ( $p < 0,05$ ), ніж у дітей, котрі мають плоскостопість (табл. 1). Так, середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у фронтальній площині у школярів 7–9 років з плоскостопією на 21,7 % менше, ніж у дітей цього ж віку з нормальним склепінчастим апаратом стопи (САС).

У дітей 10–12 років з плоскостопією цей показник менший на 23,9 %, а в юнаків 13–14 років збільшується до 33,3 % ( $p < 0,05$ ). Також було встановлено, що середньоквадратичне відхилення ЗЦТ у сагітальній площині у дітей з плоскостопією, навпаки, має тенденцію до збільшення.

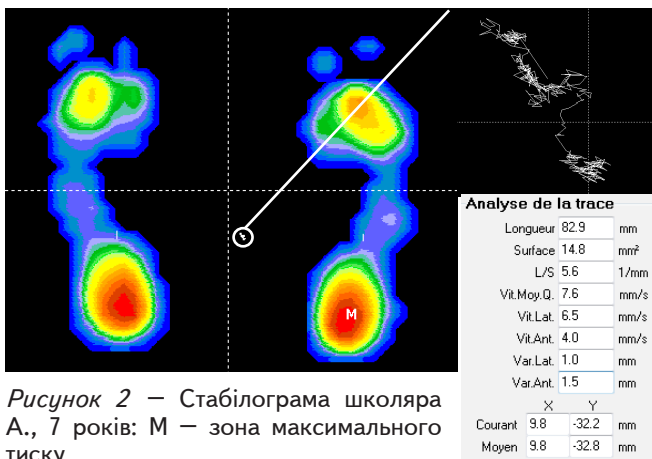


Рисунок 2 – Стабілограма школяра А., 7 років: М – зона максимального тиску

**Дискусія.** За даними І. І. Мацейко і співавт. [9], руховий стереотип – це відносно стійка індивідуальна своєрідність рухів і положень тіла. Порушення вертикального положення тіла людини свідчить про низький рівень розвитку статичної складової рухового стереотипу і може бути наслідком як структурних диспропорцій, так і зворотних патобіомеханічних змін опорно-рухового апарату [18]. На сьогодні оцінка статичної складової рухового стереотипу ґрунтується переважно на візуальній діагностиці, що дозволяє оцінити оптимальність статичної складової рухового стереотипу в цілому тільки у фронтальній і сагітальній площинах [11].

Вибір «американської» системи розташування кожної стопи пацієнта був обумовлений такими міркуваннями: у цьому положенні стопи опорно-руховий апарат чутливіше реагує на функціональні асиметрії у фронтальній площині, а нормативне положення ЗЦТ можна порівняти з даними візуальної діагностики оптимальності статичної складової рухового стереотипу [13, 14].

У дітей без порушення САС положення проєкції ЗЦТ у фронтальній і сагітальній площинах збігається з розрахунковим, що співпадає з даними інших авторів [7, 17]. І, навпаки, у дітей з плоскостопією існує менше відхилення ЗЦВ, але зміщення ЗЦТ у фронтальній і сагітальній площинах більше, ніж у дітей з нормальним САС. Це свідчить про низький рівень оптимальності статичної складової рухового стереотипу у цих площинах при плоскостопості [4]. При цьому спостерігаються різні варіанти асиметрії розташування

центру тиску кожної стопи у фронтальній і сагітальній площинах як відносно осі балансу стопи, так і відносно проекції ЗЦТ.

Ротація проекцій центрів тиску кожної стопи щодо проекції ЗЦТ корелює з клінічними проявами ротації відділів хребта і поясу верхніх та нижніх кінцівок і, на нашу думку, відображає загальну результуючу суму осьових ротацій опорно-рухового апарату в цілому, що свідчить про неоптимальність статичної складової рухового стереотипу в горизонтальній площині [2, 6].

Таке положення ЗЦТ може вказувати на порушення однієї з ділянок міофасціального кінематичного ланцюга [5]. За даними окремих авторів [9], найбільш частою ділянкою враження міофасціального кінематичного ланцюга при плоскостопості є м'язи гомілки. Це може бути зменшення силових показників усіх м'язів гомілки чи окремих м'язових груп або асиметрія їх тону тощо.

Так, В. П. Лукьяненко і В. Г. Петрякова [8], вказують, що частою причиною плоскостопості є не слабкість активних «затяжок» стопи, а порушення тону м'язів вищерозташованих кінематичних ланок тіла людини.

Статокінезіограми центрів тиску кожної стопи у дітей без порушення САС у фронтальній площині симетрично проектується щодо статокінезіограми ЗЦТ вздовж осі балансу тіла людини. У сагітальній площині статокінезіограми центрів тиску кожної стопи розташовані на лінії, котра перетинає статокінезіограму ЗЦТ і паралельна осі F (осі абсцис), що відображає відсутність ротації проекцій центрів тиску кожної стопи щодо ЗЦТ і свідчить про оптимальність статичної складової рухового стереотипу в горизонтальній площині.

Нами встановлено, що величина середньоквадратичного відхилення ЗЦТ у фронтальній площині як при нормальному стані САС, так і при його сплюсненні з віком зменшується. Однак інтенсивність цього процесу значно вища у дітей з плоскостопістю. При цьому з віком вона посилюється. Подібну закономірність спостерігали інші автори [7].

Отже стабілографічний аналіз дає можливість об'єктивно виявляти оптимальність статичної скла-

ТАБЛИЦЯ 1 – Показники відхилення і швидкості загального центру ваги тіла дітей 7–14 років з нормальною і плоскою стопою

Показники	Нормальна стопа	Плоска стопа	t	p
7–9 років				
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у фронтальній площині, мм	6,9 ± 1,53	5,4 ± 0,62	1,7	< 0,05
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у сагітальній площині, мм	17,3 ± 3,41	26,9 ± 1,41	2,5	< 0,05
Швидкість ЗЦВ мм · с <sup>-1</sup>	16,8 ± 1,54	15,3 ± 1,04	1,9	< 0,05
10–12 років				
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у фронтальній площині, мм	6,7 ± 0,61	5,1 ± 0,57	1,9	< 0,05
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у сагітальній площині, мм	15,8 ± 2,12	24,1 ± 1,29	2,2	< 0,05
Швидкість ЗЦВ мм · с <sup>-1</sup>	14,3 ± 1,77	12,1 ± 1,03	2,9	< 0,05
13–14 років				
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у фронтальній площині, мм	5,6 ± 0,52	4,2 ± 0,12	2,1	< 0,05
Середньоквадратичне відхилення ЗЦВ у сагітальній площині, мм	14,1 ± 1,51	22,9 ± 1,07	2,8	< 0,05
Швидкість ЗЦВ мм · с <sup>-1</sup>	11,5 ± 1,23	10,4 ± 0,88	2,1	< 0,05

дової рухового стереотипу в різних площинах і дозволяє диференційовано проводити фізичну терапію у дітей з порушенням САС.

**Висновок.** Результати дослідження свідчать про вірогідні відмінності показників середнього відхилення ЗЦТ в сагітальній площині у дітей з нормальним станом САС і плоскостопістю, а також про тенденції до зменшення показників середньоквадратичного відхилення ЗЦТ у фронтальній площині у дітей з порушенням САС. Все це вказує на те, що функція рівноваги у дітей з нормальними стопами більш виражена, ніж у їхніх однолітків, які страждають на плоскостопість.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у вивченні стабілографічних показників у дітей з плоскостопістю при ходьбі і бігу, а також при виконанні окремих елементів вправ таеквондо (наприклад, опора на праву чи ліву стопу).

## Література

1. Батенкова ГИ. Сравнительная оценка методов диагностики плоскостопия у детей [Comparative evaluation of methods for the diagnosis of flatfoot in children]. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2009;6:28-30.
2. Беленький АГ. Плоскостопие [Flatfoot]. *Справочник поликлинического врача*. 2006;9:59-62.

3. Галкин ЮП. *Двигательная реабилитация при уплощении стопы [Motor rehabilitation during flattening feet]*. Смоленск: [Б.И.]; 2006. 40 с.

4. Гаркавенко ВВ, Колосова ОВ, Максимова ВД. Стабілографічні показники у людини в позиціях нахилів тіла вперед і назад [Stabilographical indices in person in body forward-

backward bent positions]. *Фізіологічний журнал*. 2016;62(1): 62-67.

5. Жарникова НА. Дифференцированный подход к лечению плоскостопия у детей [Differentiated approach to treatment of flatfoot in children]. *Медработник дошкольного образовательного учреждения*. 2008;1:66-72.

6. Карташова ТЮ. Диагностика плоскостопия у детей дошкольного возраста [Diagnosis of flatfoot in preschool children]. В кн.: Иванова И, редактор. *Современные проблемы физической культуры и спорта. Материалы VII науч. конф. молодых ученых Дальневосточ. гос. акад. физ. культуры; 2004 Июнь 14-15; Хабаровск*. Хабаровск: Дальневосточная государственная академия физической культуры; 2004; с. 123-5.

7. Крамцов PI, Курганский AM. Функциональная устойчивость вертикальной позы у детей в зависимости от состояния свода стопы [The functional stability of the vertical posture in children depending on the state of the arch of the foot]. *Вестник российской академии медицинских наук*. 2009;5: 41-43.

8. Лукьяненко ВП, Петрякова ВГ. Влияние гипотонии мышц голени и стопы на формирование плоскостопия у детей дошкольного возраста [Effect of hypotonia of the muscles of the leg and foot on the formation of flat-footedness in children of preschool age]. *Адаптивная физическая культура*. 2011;48(4): 27-29.

9. Мацейко II, Тиднюк ДВ, Бекас ВА. Про вивчення теорії міофасціальних ланцюгів при підготовці фізичних терапевтів [On the study of theory of myofascial chains during preparation of physical therapists]. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. 2018;5: 397-403.

10. Некрасов КГ. Изменения свода стопы при различных положениях тела в процессе занятий физической культурой и спортом [Changes in the arch of the foot in different body positions in the process of physical culture and sport engagement]. *Развитие двигательных функций у человека: учен. записки*. 2007;79: 74-81.

11. Скворцов ДВ. *Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабиллометрия [Diagnosis of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry]*. Москва: Изд-во Т.М. Андреева; 2007. 618 с.

12. Чернова ВН. Новые технологии в лаборатории кафедры анатомии и биомеханики [New technologies in the laboratory of the Department of Anatomy and Biomechanics]. *Физическая культура и спорт Северо-Запада России*. 2010;1: 69-72.

13. Boloban V. Systemic stabilography: methodology of measuring, estimating and controlling sportsman body balance and the system of bodies. *Coordination motor abilities in scientific research*. Biala Podlaska. 2005;5:102-109.

14. Boloban V, Sadowski J, Niżnikowski T, Wiśniowski W. Didactic technology in mastering complex motor tasks. *Coordination motor abilities in scientific research*. Biala Podlaska. 2010;17: 112-129.

15. Demura S, Kitabayashi T. Comparison of power spectrum characteristics of body sway during a static upright standing posture in healthy elderly people and young adults. *Percept Mot Skills*. 2006;102(2): 467-476.

16. Heuvel MR, Balasubramaniam R, Daffertshofer A. Delayed visual feedback reveals distinct time scales in balance control. *Neurosci Lett*. 2009;452(1): 37-41.

17. Kruczkowski D, Kochanowicz K, Kucharska E, Niżnikowski T. Effects of programmed physical activity of girls and boys aged 11-13 measured by the level of keeping body balance. *Coordination motor abilities in scientific research*. Biala Podlaska. 2010; 10:142-151.

18. Sadowski J, Boloban W, Niznikowski T, Wiszniowski W, Mastalerz A, Niznikowska E. Center of Pressure and Center of Mass Estimation during Athletes' Equilibrium Regulation. *Research Yearbook*. 2006;12(1): 80-84.

19. Zhang Y, Kiemel T, Jeka J. The influence of sensory information on two-component coordination during quiet stance. *Gait Posture*. 2006;26(2): 263-271.