

Д. Р. Яворський, З. І. Коритко

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського,
Львів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ СКОЛІОЗАХ

Резюме

Вступ. У статті проаналізовані сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації, які стосуються дослідження ефективності фізичної терапії (ФТ) при сколіозах. Фізична терапія є одним із ключових методів лікування сколіозу, стану, який характеризується аномальною кривизною хребта. Сколіоз є поширеною проблемою, яка може виникнути у будь-якому віці, але частіше він виявляється у дітей та підлітків. Однак, не зважаючи на його поширеність, багато людей мають обмежене розуміння про ефективність та значення ФТ у лікуванні цієї хвороби. Зважаючи на це, висвітлення важливості ФТ у лікуванні сколіозу, зокрема її ролі в поліпшенні стану хворого, запобіганні прогресуванню кривизни хребта та підвищенні якості життя пацієнтів, є актуальним.

Мета дослідження – є вивчення ефективності фізичної терапії при сколіозах для з'ясування оптимальних підходів до лікування цієї хвороби та покращення якості життя пацієнтів.

Висновки. Сколіоз є поширеною проблемою, особливо серед дітей та підлітків, і його лікування є важливою медичною проблемою. Оскільки сколіоз може призводити до серйозних наслідків для здоров'я, включаючи біль, деформацію хребта та обмеження функцій, пошук ефективних методів лікування має велике значення для забезпечення оптимальних результатів для пацієнтів.

Фізична терапія виступає одним із потенційно ефективних методів лікування сколіозу, оскільки вона спрямована на зміцнення м'язів спини, покращення гнучкості та підтримання правильного положення хребта. Однак, незважаючи на ряд досліджень, що підтверджують ефективність ФТ, існує потреба в подальших наукових пошуках з метою встановлення її оптимальних параметрів, таких як типи вправ, тривалість та інтенсивність тренувальних навантажень, а також вплив ФТ на різні категорії пацієнтів з різними ступенями та формами сколіозу.

Ключові слова: опорно-руховий апарат, хребет, сколіоз, реабілітація

ВСТУП. Термін «сколіоз» використовується для позначення бічного викривлення хребта. Він може використовуватися як для функціональних відхилень у фронтальній площині («функціональний сколіоз», «сколіотична постава», «анталгічний сколіоз»), так і для прогресуючого захворювання, яке приводить до складної деформації хребта («сколіотична хвороба», «структуральний сколіоз») [1].

Сколіоз є хронічним, прогресуючим захворюванням, що характеризується бічним викривленням у фронтальній

площині та обертанням хребців навколо вертикальної осі. Це може призвести до різних ускладнень, таких як реберне вип'ячування реберний горб. Сколіоз часто супроводжується порушеннями функції внутрішніх органів, зокрема серцево-судинної та дихальної систем, тому його часто розглядають як сколіотичну хворобу.

Розвиток сколіозу може відбуватися у різних напрямках: боковий нахил хребта - інфлексія (*inflexio*) і його обертання – торсія (*torsio*). Першими ознаками такого стану можуть бути швидка втомлюваність

м'язів, яка впливає на загальний стан здоров'я [2].

На практиці розрізняють два типи торсії: ротаторний, коли поворот хребців не супроводжується зміною форми, і деформаційний – зі змінами у формі. Ротаторний тип торсії завжди передусе деформаційному. Якщо м'язова недостатність є основною причиною сколіозу (відзначається у 60-70% випадків), то спочатку виникає ротаторна торсія, яка при неналежному або невчасному лікуванні може перерости у деформаційну форму. Формування сколіозу – складний патологічний процес. Вважають, що основна проблема полягає в асиметричному зростанні хребців під впливом різних чинників. Сколіоз представляє собою викривлення хребта у бічному напрямку, яке часто супроводжується утворенням горбу на рівні ребер [3].

Існують два типи сколіозу: вроджений і набутий. Вроджений сколіоз, який становить близько 5% випадків, зазвичай пов'язаний з аномаліями розвитку хребта, такими як надлишкові елементи (хребці, ребра), аномалії в розвитку або вади форми хребців. Інші 95% випадків сколіозу є набутими і розвиваються протягом життя людини [4].

Серед типів сколіозів виділяються наступні типи:

- рахітичний сколіоз, що виникає внаслідок рахіту;
- звичайні або шкільні сколіози, які спостерігаються при неправильних звичних позах та поставі;
- статичний сколіоз, який виникає при неправильному боковому стоянні тазу, часто внаслідок неоднакового розвитку нижніх кінцівок;
- паралітичний сколіоз, який розвивається внаслідок ураження м'язів тулуба, частіше всього при перенесеному поліомієліті [5].

Інші варіанти набутого сколіозу (напр. такі як: рубцюватий, який виникає після операцій на грудній клітці або через наявність обширних стягуючих рубців

внаслідок опіку; травматичний, спричинений різними травмами; рефлекторно-больовий, який частіше виникає на фоні ураження нервових корінців) зустрічаються не так часто. За величиною викривлення хребта виділяють три ступені сколіозу.

Перший ступінь сколіозу характеризується незначним боковим зміщенням хребта від середньої лінії.

Другий ступінь характеризується помітним зміщенням хребта від середньої лінії та утворенням ребрового горба.

Третій ступінь сколіозу характеризується стійкою та більш вираженою деформацією грудної клітки, наявністю великого реброво-хребетного горба та значним обмеженням рухливості хребта [6, 7].

Сколіотична хвороба проявляється в процесі росту скелета і потребує тривалого спеціалізованого лікування. Традиційним лікуванням сколіозу, який вражає переважно дітей і підлітків, є фіксація та, в деяких випадках, хірургічне втручання. Багато лікарів вважають, що ФТ не зупинить і не уповільнить прогресування сколіозу, тому не рекомендують використовувати ФТ як форму лікування [8].

Разом з тим, в останні десятиліття лікуванням сколіозу займається мультидисциплінарна команда фахівців, що включає лікаря-ортопеда, хірурга, спеціаліста з питань психічного здоров'я та обов'язково фізичного терапевта. Оскільки ФТ може застосовуватися як самостійний, так і допоміжний метод у реабілітаційному лікуванні сколіозів і є обов'язовим компонентом реабілітаційної програми, то виникла необхідність проаналізувати основні підходи до фізичної реабілітації пацієнтів із сколіозами.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – вивчення ефективності фізичної терапії при сколіозах з метою з'ясування оптимальних підходів до лікування цієї хвороби та покращення якості життя пацієнтів.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. Проведений аналіз фахової науково-методичної літератури вітчизняних і

зарубіжних авторів, аналіз систематичних оглядів і рекомендацій з клінічної практики, а також пошук у базах даних PubMed, Google Scholar, PEDro, eLBA, BioMed та Cochrane Library показав, що на сучасному етапі у лікуванні сколіотичної хвороби зазвичай використовують три основні методи: а) мобілізацію хребта, б) корекцію деформації та в) утримання корекції. Усе це досягається за допомогою кінезітерапії (зокрема, спеціальних фізичних вправ, корекції положення), а також застосуванням корсетів, плавання, спеціальної тяги та комбінованих методів, які включають усі зазначені вище засоби реабілітації. Наразі комбінований підхід вважається основним методом лікування цієї хвороби [9].

Одним із основних методів консервативного лікування сколіозу є терапевтична фізкультура. Фізичні вправи сприяють укріпленню м'язів тулуба, стабілізують стан хребта, коригують деформації, покращують поставу та функцію зовнішнього дихання, а також мають загальнозміцнюючий ефект. Лікувальна фізкультура рекомендується на всіх етапах розвитку сколіозу. Наукові дослідження підтвердили ефективність вправ у зниженні швидкості прогресування захворювання (головним чином на початку статевого дозрівання), а також ефективність у покращенні сили, рухливості та балансу. Вправи також показали свою ефективність у зменшенні терміну використання брекетів [10].

Комплекс програми ФТ, з використанням немедикаментозних засобів, який використовують у консервативному лікуванні сколіозу, може включати такі елементи, як:

- лікувальну гімнастику, в тому числі вправи на профілакторі Євмінова для розвантаження хребетного стовпа і зміцнення м'язів спини та черевного преса;
- вправи у воді;
- масаж;
- фізіотерапію;
- корекцію положення тіла;

- елементи спорту [11].

Загальні завдання роботи фізичного терапевта у реабілітаційному лікуванні сколіозу можуть включати наступне:

- контроль білю;
- поліпшення положення та вирівнювання хребта;
- збільшення сили;
- поліпшення контролю постави;
- збільшення діапазону рухів у хребті та кінцівках;
- поліпшення дихання та функції легенів (так, як бічний вигин хребта може перешкоджати нормальній роботі діафрагми, що призводить до утруднення дихання).

Терапевтична фізкультура поєднується з обмеженням статичного навантаження на хребет. Зазвичай заняття проводяться у формі групових занять, індивідуальних сесій та самостійних вправ [12].

Для лікування сколіозу перевагу віддають консервативним втручанням, які сприяють стабілізації викривлення хребта та покращенню естетики. Фіксація традиційно була основою лікування, але все більше доказів свідчать про те, що ФТ дозволяє ефективно лікувати ідіопатичний підлітковий сколіоз. Наразі в Європі існує декілька шкіл фізіотерапії, методики яких подібні, оскільки вони зосереджені на застосуванні коригувальних вправ у трьох площинах, розвитку стійкості та рівноваги, дихальних вправах та усвідомленні пози. Незважаючи на відсутність високоякісних досліджень, які б підтверджували ефективність ФТ у лікуванні сколіозів, наявні дані свідчать про те, що ФТ допомагає стабілізувати деформацію хребта та покращити якість життя пацієнтів. Серед наявних методів найбільш вивченим і з доведеною ефективністю є метод Шрот-терапії, який дозволяє виконати тривимірну корекцію хребта за допомогою спеціально підібраних специфічних вправ з асиметричним диханням, тобто робити вдих наповнюючи повітрям переважно одну легеню (праву або ліву – залежно від дуги викривлення), залежно від типу сколіозу [13].

Оригінальні дослідження

Позитивні результати при реабілітаційному відновленні хворих зі сколіозами відзначено також при комплексному використанні фізичних вправ, кінезіотерапії на багатофункціональних тренажерах Бубновського, з використанням масажу, а також електротерапії. В процесі такої реабілітації відновлюються функції м'язової тканини, здатність нормально

скорочуватися і розслаблятися, знімається хворобливий м'язовий спазм, покращується кровообіг і транспортування поживних речовин до хребта і суглобів [14].

Загалом, сучасні підходи включають різноманітні методики, спрямовані на полегшення симптомів, зміцнення м'язів спини та покращення позиції тіла (табл. 1).

Таблиця 1

Сучасні підходи до фізичної реабілітації сколіозів

Методика	Характеристика
Функціональна тренувальна терапія (FTT)	Базується на використанні функціональних вправ для покращення координації, зміцнення м'язів і покращення рухомого обмеження, що може виникнути при сколіозі [15].
Глобальне постуральне відновлення (GPR)	Фізіотерапевтичний підхід до лікування дитячого ідіопатичного сколіозу, де фізіотерапевт якісно оцінює потенціал зменшення сколіотичного викривлення (з ручною корекцією) і здатність пацієнта до самовиправлення (самокорекції) [16].
Шрот-метод (KatharinaSchrothMethod)	Метод зосереджений на індивідуальному коригуванні постави через спеціальні вправи, розроблені для зміцнення м'язів і покращення функції дихання [17].
Пілатес	Може бути корисним для людей з сколіозом, оскільки він спрямований на зміцнення м'язів та покращення гнучкості, що може допомагати у підтримці правильної позиції тіла [18].
Масаж та маніпуляції	Масаж може допомагати в знятті напруги з м'язів і покращенні кровообігу, а маніпуляції можуть бути корисними у відновленні правильної пози хребта [19].
Тренувальна терапія з використанням інструментів, таких як терабанди або гімнастичні м'ячі	Ці методи дозволяють зосередитися на конкретних м'язових групах і покращити стабільність та координацію [20].

Ці підходи можуть використовуватися як самостійно, так і у поєднанні з іншими методами терапії, включаючи коректори постави та інші медичні втручання. Важливо враховувати індивідуальні потреби кожного пацієнта при виборі методів ФТ, а також дозувати фізичні навантаження зважаючи на критерії адекватності фізичних навантажень до функціональних можливостей організму пацієнтів [21-24].

Зокрема, методика лікувально-фізичної реабілітації має враховувати ступінь сколіозу. При легкому, середньому та важкому ступенях напрямки управління спрямовані на збільшення стійкості хребта, а для помірною сколіозу – також і на корекцію деформації. Вправи лікувальної гімнастики мають бути спрямовані на зміцнення основних м'язових груп, які підтримують хребет, таких як м'язи, які випрямляють хребет, косі м'язи живота,

квадратні м'язи попереку, клубово-поперекові м'язи тощо. До вправ, які сприяють формуванню правильної постави, відносять вправи на рівновагу, баланс, з посиленням зорового контролю та інші. Одним з методів лікування фізичними вправами є використання елементів спорту, таких як:

- плавання брасом після попереднього курсу навчання;
- активне вставання (якнайчастіше), з мінімальним інтервалом перерви 10 секунд;
- зміна положення ніг сидючи, включаючи ставлення їх вперед, назад, розведення тощо;
- намагання сидіти правильно, зігнувши коліна під прямим кутом, випрямивши спину та розподіляючи навантаження рівномірно, використовуючи підлокітники;
- виконання спеціальних компенсаторних вправ, таких як піднімання колін до грудей та стійка на колінах з витягнутими руками [25].

Вважають, що реабілітаційне лікування дорослих хворих на сколіоз носить переважно вторинно-профілактичний характер. Поряд із протидією прогресуванню викривлення хребта, основна увага приділяється покращенню вторинних функціональних порушень серцево-легеневої системи, а також лікуванню болю, спричиненого

сколіозом. Стационарна фізіотерапевтична реабілітація забезпечує значний вплив у цьому відношенні, особливо тому, що вона довела свою цінність у збільшенні життєвої ємності, рухливості ребер, серцево-легеневого функціонування та у зменшенні скарг на біль, спричинений сколіозом [26].

ВИСНОВКИ. Сколіоз, хоча й хронічне захворювання, але піддається ефективній корекції за допомогою фізичної терапії. Спеціальні вправи зміцнюють м'язи спини, стабілізують хребет і навіть можуть зменшити викривлення. Специфічні вправи не розглядаються як альтернатива фіксації чи хірургічному втручанню, а як терапевтичне втручання, яке можна використовувати самостійно або в поєднанні з фіксацією чи хірургічним втручанням відповідно до індивідуальних показань. Таким чином, фізична реабілітація допомагає пацієнтам зі сколіозом покращити поставу, дихання та загальне самопочуття.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним є вивчення функціонального стану опорно-рухового апарату та постави у людей зі сколіозом; віддалених результатів застосування фізичної терапії на функцію хребта та тіла, загалом.

REFERENCES

1. Choudhry, M. N., Ahmad, Z., & Verma, R. (2016). Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The open orthopaedics journal*, 10, 143–154. <https://doi.org/10.2174/1874325001610010143>.
2. El-Hawary, R., & Akbaria, B. A. (2015). Early Onset Scoliosis – Time for Consensus. *Spine deformity*, 3(2), 105–106. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.01.003>.
3. Dmitrieva L. V. (2002). Physical rehabilitation of patient with scoliosis. – K.: Zdrovya, 208 p. [in Ukrainian]
4. Burnei, G., Gavrilu, S., Vlad, C., Georgescu, I., Ghita, R. A., Dughilă, C., Japie, E. M., & Onilă, A. (2015). Congenital scoliosis: an up-to-date. *Journal of medicine and life*, 8(3), 388–397.
5. Raudenbush B, Simela A, Joseph H. (2015). A review of the evaluation, diagnosis, and non surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Osteopathic Family Physician*, 5(4), 158-68. <https://doi.org/10.1016/j.osfp.2013.01.009>.
6. Giampietro, P. F., Blank, R. D., Raggio, C. L., Merchant, S., Jacobsen, F. S., Faciszewski, T., Shukla, S. K., Greenlee, A. R., Reynolds, C., & Schowalter, D. B. (2003). Congenital and idiopathic scoliosis: clinical and genetic aspects. *Clinical medicine & research*, 1(2), 125–136. <https://doi.org/10.3121/cm.1.2.125>.
7. Laptєv A. A. (2003). Physical therapy for scoliosis in children and adolescents: Education. manual. – M.: Medicine, 240 p. [in Ukrainian]

8. Berdishevsky, H., Lebel, V. A., Bettany-Saltikov, J., Rigo, M., Lebel, A., Hennes, A., Romano, M., Białek, M., M'hango, A., Betts, T., deMauroy, J. C., &Durmala, J. (2016). Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of sevenma jorschools. *Scoliosis and spinal disorders*, 11, 20. <https://doi.org/10.1186/s13013-016-0076-9>.
9. Romanyuk T.I.&Orlova N.O. (2005). Conservative treatment of scoliosis. *Herald of orthopedics, traumatology and prosthetics*, 3, 57 [in Ukrainian]
10. Fusco, C., Zaina, F., Atanasio, S., Romano, M., Negrini, A., &Negrini, S. (2011). Physical exercises in the treatment of adole scent idiopathic scoliosis: anupdated systematic review. *Physiotherapy theory and practice*, 27(1), 80–114. <https://doi.org/10.3109/09593985.2010.533342>.
11. Tamozhanskaya, A., Myatyga, E., &Honcharuk, N. (2018). Physical therapy for grade I scoliosis. *Health, Sport, Rehabilitation*, 4(3), 135–146. <https://doi.org/10.34142/HSR.2018.04.03.13>.
12. Seleviciene, V., Cesnaviciute, A., Strukcinskiene, B., Marcinowicz, L., Strazdiene, N., &Genowska, A. (2022). Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Usedfor Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Their Effectiveness: An Extended Literature Review of Current Research and Practice. *International journal of environ mental research and publichealth*, 19(15), 9240. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159240>.
13. Platitsa L. S. (2023). Shrot-method in the complex of physical therapy of adoles centswith scoliotic disease III-IV degree: qualifying work for obtaining the educational and qualification level of a master'sdegree: spec. 227 – Physical therapy, occupational therapy educational program: "Physical therapy" – Kyiv: NUFVSU,71 p. [inUkrainian]
14. Tyndyk Yu. O. (2023). Bubnovsky's method in the complex of physical therapy measures for children of middles choola gewith scoliotic posture: qualify in gwork for obtaining the educational and qualification level of a master'sdegree: special. 227 – Physical therapy, occupational therapyasan educational program: "Physicaltherapy" –Kyiv: NUFVSU, 81 p.[in Ukrainian]
15. Stenger, L. (2018). WHAT IS FUNCTIONAL/NEUROMOTOR FITNESS? *ACSM's Health&Fitness Journal*, 22(6), 35–43. <https://doi.org/10.1249/fit.0000000000000439>.
16. Dupuis, S., Fortin, C., Caouette, C., Leclair, I., &Aubin, C. É. (2018). Global posturalre-education in pediatric idiopathic scoliosis: a biomechanical modeling and analysis of curve reductionduring active and assistedself-correction. *BMC musculoskeletal disorders*, 19(1), 200. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2112-9>.
17. Weiss, HR. (2011). The method of Katharina Schroth - history, principles and currentde velopment. *Scoliosis* 6, 17. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-6-17>.
18. Gou, Y., Lei, H., Zeng, Y., Tao, J., Kong, W., &Wu, J. (2021). The effect of Pilates exercisetraining for scoliosis onimprovingspinalde for mity and quality of life: Meta-analysis of randomized controle dtrials. *Medicine*, 100(39), e27254. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000027254>.
19. Villafañe, J. H., Silva, G. B., &Dughera, A. (2012). Manipulative and rehabilitative therapyas a treatment of idiopathic scoliosis wit houtp sychological sequelae: a casereport. *Journal of chiropractic medicine*, 11(2), 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2012.02.001>.
20. Kim, J. J., Song, G. B., &Park, E. C. (2015). Effects of Swiss ball exercise and resistance exercise on respiratory function and trunk controlability in patients with scoliosis. *Journal of physical therapyscience*, 27(6), 1775–1778. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1775>.
21. Korytko, Z. I. (2020). Medical and biological bases of motor activity. Lviv: LDUFK named after Ivan Boberskyi, 223 p. [inUkrainian]
22. Korytko, Z.,Kulitka, E., Bas, O., Chornenka, H., Yakubovsky, T. (2020). Adequa cycriteria of physical loadings and theirusein sports, physical education, and physical rehabilitation. *Physical Education, Sport and Health Culturein Modern Society*, 2 (50), 68-77. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2020-02-68-77> [in Ukrainian]
23. Korytko Z., Mastruk M., Pavlyuk O., Chopyk T., Haiduk O., Prymachok L, Hreid N., Stelmashchuk O.(2023). Utilizing hemogram indicators and coagulation homeostasis as key markers for precision dosing of physical exertion. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(11), Art 334, 2931-2939.<https://doi.org/10.7752/jpes.2023.11334>.
24. Korytko Z., Rusyn L., Chornenka G., Zahidniy V., Kulitka E., Matviyev V. (2021). Criteria for the adequacy of physical activity accordingto blood parameters. *Physical education, sport and health culturein modern society*, 4(56), 43-51. <https://doi.org/10.29038/10.29038/2220-7481-2021-04-43-51>. [in Ukrainian]
25. Bublyk O. M., Moroz V. M. (2006). Physical rehabilitation for scoliosis: Education. manual. - K.: Health, 288 p. [in Ukrainian]
26. Ng, S.-Y., Ho, T.-K., &Ng, Y.-L. (2019). Physical Rehabilitationin the Management of Symptomatic Adult Scoliosis. *Intech Open*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81184>.

D. R. Yavorskyi, Z. I. Korytko

Ivan BoberskyLviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine

FEATURES OF PHYSICAL THERAPY FOR SCOLIOSIS

Summary

Introduction. The article analyzes contemporary domestic and foreign publications regarding the effectiveness of physical therapy (PT) in scoliosis treatment. Physical therapy is one of the key methods in treating scoliosis, a condition characterized by abnormal curvature of the spine. Scoliosis is a common problem that can occur at any age, but it is more frequently detected in children and adolescents. However, despite its prevalence, many people have a limited understanding of the effectiveness and importance of PT in treating this condition. Therefore, highlighting the importance of PT in scoliosis treatment, including its role in improving the patient's condition, preventing the progression of spinal curvature, and enhancing the quality of life of patients, is relevant.

The aim of the study. The aim of the study is to investigate the effectiveness of physical therapy in scoliosis to determine optimal approaches to treating this condition and improving the quality of life of patients.

Conclusions: Scoliosis is a common problem, especially among children and adolescents, and its treatment is an important medical issue. Since scoliosis can lead to serious health consequences, including pain, spinal deformity, and functional limitations, the search for effective treatment methods is crucial to ensure optimal outcomes for patients. Physical therapy is one of the potentially effective methods for treating scoliosis, as it aims to strengthen the back muscles, improve flexibility, and maintain proper spinal alignment. However, despite several studies confirming the effectiveness of PT, further scientific research is needed to establish its optimal parameters, such as types of exercises, duration, and intensity of training loads, as well as the impact of PT on different categories of patients with various degrees and forms of scoliosis.

Keywords: *musculoskeletal system, spine, scoliosis, rehabilitation*

Яворський Данило Романович, магістрант кафедри терапії та реабілітації ЛДУФК ім. Івана Боберського

danylo.yavorslyi2002@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-9701-0303>

Коритко Зоряна Ігорівна (кореспондент-автор), д.б.н., магістр фізичної терапії та ерготерапії, професор кафедри анатомії та фізіології ЛДУФК ім. Івана Боберського

korytko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-7262-4723>