

Зміни рівня кортизолу під впливом фізичного навантаження у пацієнтів з гіпертонічною хворобою та у практично здорових осіб

For citation: *Mіžnarodnij endokrinologіčnij žurnal*. 2023;19(3):200-205. doi: 10.22141/2224-0721.19.3.2023.1272

Резюме. Актуальність. На сьогодні існують труднощі із профілактикою і діагностикою ранніх стадій артеріальної гіпертензії, особливо серед активних і працездатних молодих людей. Серед факторів, які потенціюють підвищення артеріального тиску, одним із найважливіших є хронічний стрес, із яким часто стикається людина в сучасному суспільстві. **Мета дослідження:** визначити та порівняти вміст кортизолу крові та малонового діальдегіду плазми у здорових осіб та пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії до та після дозованого фізичного навантаження. **Матеріали та методи.** 30 пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії та 10 практично здорових осіб. Обстежувані особи виконували на велоергометрі двоступеневе фізичне навантаження з інтенсивністю, яка відповідала 50 і 75 % належного максимального споживання кисню організмом. Тривалість навантаження дорівнювала 5 хв на кожному ступені з трихвилинним відпочинком між ними. Забір крові з ліктьової вени проводився перед велоергометриєю та через 5 хвилин після неї. У пацієнтів до та після фізичного навантаження визначали вміст кортизолу крові та малонового діальдегіду плазми. **Результати.** Відзначається вірогідне збільшення вмісту кортизолу після навантаження у здорових осіб на тлі деякого зменшення у пацієнтів з артеріальною гіпертензією. Висловлено припущення, що оскільки в осіб з підвищеним артеріальним тиском уже підвищений вихідний рівень кортизолу, то в них підвищений поріг стресової чутливості до фізичного навантаження. Субмаксимальне велоергометричне навантаження не призводить до підвищення рівня кортизолу крові в осіб з артеріальною гіпертензією. **Висновки.** Фоновий вищий рівень кортизолу в осіб з артеріальною гіпертензією не зростає під впливом субмаксимального дозованого фізичного навантаження. Підвищення рівня малонового діальдегіду можна вважати маркером ступеня стресу для оцінки потужності фізичного навантаження. З огляду на вищевикладене можна констатувати, що активація симпатоадреналової системи під впливом емоційного стресу призводить до збільшення рівня АТ. Наявна достатня кількість свідчень, що психоемоційне навантаження є причиною артеріальної гіпертензії «білого халата» та артеріальної гіпертензії «на робочому місці».

Ключові слова: кортизол; малоновий діальдегід; фізичне навантаження; артеріальна гіпертензія

Вступ

Артеріальна гіпертензія (АГ) є патогенетичним фактором великої кількості серцево-судинних захворювань (ССЗ) та причин передчасної смерті та продовжує залишатися однією з основних проблем сучасної медицини. На сьогодні існують труднощі із профілактикою і діагностикою ранніх стадій АГ, особливо серед молодих людей. Це зумовлене у тому числі й існуванням факторів навколишнього середовища, що потенціюють підвищення

артеріального тиску (АТ). Серед цих факторів одним із найважливіших є хронічний стрес, із яким часто стикається людина в сучасному суспільстві [1]. Варто відзначити, що стресового впливу зазнає та частина населення, яка є найбільш активною і працездатною [2, 3].

Відомо, що стрес може призводити до транзиторного підвищення АТ [4, 5], але питання, чи може гострий стресорний подразник достатньої сили призвести до постійно підвищеного АТ (тобто до АГ), ще залиша-



© 2023. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Дроник Ірина Степанівна, кандидат медичних наук, доцент кафедри пропедевтики внутрішньої медицини, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010; e-mail: dronyk@gmail.com; контактний тел. +380 (96) 153 52 35

For correspondence: Iryna Dronyk, MD, PhD, Lviv National Medical University, Pekarska st., 69, Lviv, 79010, Ukraine, e-mail: dronyk@gmail.com; phone +380 (96)153 52 35

Full list of authors information is available at the end of the article.

ється предметом дискусій [6]. Не вивчено достатньо, якої саме природи подразник має бути, як довго він має діяти, щоб призвести до значних наслідків, як визначити саме його зв'язок із підвищенням АТ або ж як оцінити кількісно його силу [7, 8]. При цьому більшість дослідників погоджуються, що виникнення АГ «білого халата» й АГ «на робочому місці» пов'язане з активацією симпатичної нервової системи.

Стрес — це реакція організму на ситуації, у яких потрібна швидка мобілізація всіх захисних сил організму. Розрізняють позитивну (еустрес) і негативну (дистрес) форми стресу. Залежно від характеру фактора, який його спричинив, стрес може бути нервово-психічним, фізичним, тепловим, холодовим тощо. Незалежно від причини зміни в організмі під впливом стресу мають такі ознаки: активуються симпатoadреналова і ренін-ангіотензинова системи [1].

Термін «стрес-індукована АГ» означає гостре, транзиторне й лабільне підвищення АТ під впливом психосоціальних факторів. Вона може виникати і в людей із нормальним АТ, і в тих, хто страждає від АГ. Найбільш нормальними варіантами такої АГ є АГ «білого халата» і АГ «на робочому місці». Невідомим залишається, до якої категорії слід відносити пацієнтів із цими варіантами стрес-індукованої АГ — норма або патологія. Якщо катехоламінам (норадреналіну, адреналіну) відводиться основна роль у патогенезі підвищення АТ при стресі (їх називають гормонами стресу), то незрозумілим залишається, чому в людей із панічними розладами (класична модель хронічного стресу), попри підвищений рівень норадреналіну в симпатичних нервах, не формується постійно підвищений АТ. Однозначної відповіді на ці запитання немає. Одним з можливих пояснень може бути високий рівень складності механізмів формування АГ і методологічні проблеми [9, 10].

Було проведено дослідження стану пацієнтів із резистентною АГ, у яких не було досягнуто цільового рівня систолічного АТ. У них спостерігались вірогідно вищі показники АТ, вірогідно вищий рівень кортизолу крові, вищий індекс маси міокарда лівого шлуночка, частіше відзначалося ожиріння [8]. Наш організм реагує на стрес на двох рівнях: ендокринному (гормональному) й імунному. В умовах стресу відбувається пригнічення імунної системи і пришвидшення вуглеводно-білкового метаболізму. Організм витрачає велику кількість енергії. Деякі люди під впливом стресу починають вживати більшу кількість їжі, а деякі, навпаки, втрачають апетит. На ендокринному рівні активізується викид гормонів надниркових залоз (НЗ) — кортизолу, адреналіну і норадреналіну [8].

Кортизол відповідає за адаптацію організму до стресової ситуації. Це природний глюкокортикоїдний гормон, що виробляється корою НЗ. Кортизол синтезується організмом з холестерину, що надходить в організм у складі ліпопротеїнів низької щільності або синтезується в клітинах з ацетил-коензиму А [11]. Кортизол називають гормоном стресу, проте він виконує безліч функцій: регулює обмін речовин в організмі і впливає на серцево-судинну систему. У разі підвищення рівня кортизолу під час стресу прискорюється серцебиття, м'язи приходять у тонус, підвищується АТ і рівень глюкози

в крові. Крім того, порушується сон і виникає відчуття постійної тривоги [12].

Тіобарбітурова кислота (ТБК) є пізнім метаболітом перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ), її концентрація є ефективним маркером ПОЛ і непрямим показником активності вільнорадикальних форм кисню. Основний компонент цих метаболітів — малоновий діальдегід (МДА). Окрім ланцюгової реакції ПОЛ, виявлено ще два джерела синтезу МДА: реакція синтезу простагландинів з арахідонової кислоти за циклооксигеназним шляхом та з неліпідних речовин, деяких вуглеводів і амінокислот. Багато досліджень вказують на підвищений уміст як первинних, так і кінцевих продуктів ПОЛ у плазмі крові осіб після фізичних навантажень [13, 14]. Змагання з подолання перешкод викликали збільшення вмісту МДА в плазмі крові, при цьому концентрація ТБК-активних речовин після навантажень зменшувалася до вихідного рівня лише за 24 год. Натомість інші автори спостерігали зменшення рівня МДА одразу ж після навантажень [15, 16].

Мета роботи: визначити та порівняти вміст кортизолу крові та малонового діальдегіду плазми у здорових осіб та пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії до та після дозованого фізичного навантаження.

Матеріали та методи

Обстежено 30 пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії та 10 практично здорових осіб.

Обстежувані особи виконували на велоергометрі двоступеневе фізичне навантаження з інтенсивністю, яка відповідала 50 і 75 % належного максимального споживання кисню (МСК) організмом. Тривалість навантаження дорівнювала 5 хв на кожному ступені з трихвилинним відпочинком між ними. Забір крові з ліктьової вени проводився перед велоергометриєю та через 5 хв після неї. У пацієнтів до та після фізичного навантаження визначали вміст кортизолу крові та МДА плазми. Концентрацію МДА визначали за інтенсивністю забарвлення, що утворилося в ході реакції МДА і ТБК (оптичну щільність визначали на довжині хвилі 535 нм на спектрофотометрі). Уміст кортизолу у сироватці крові визначали методом ELISA за допомогою аналізатора Cobas 6000 і тест-системи Roche Diagnostics (Швейцарія).

Дослідження є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри пропедевтики внутрішньої медицини Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького «Особливості клінічного перебігу хронічної патології з врахуванням коморбідності» (номер державної реєстрації 0120U105733).

Висновок комісії з біоетики — протокол № 2 засідання комісії з питань наукових досліджень ЛНМУ від 20.02.23 р.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили на персональному комп'ютері з використанням програм Microsoft Excel та Statistica. Оцінка вірогідності різниці між групами, що порівнювалися, здійснювалася за допомогою парного критерію Стюдента і критерію Вілкоксона. Статистично вірогідною різницю вважали за умов $p < 0,05$. Вираховували середнє значення величин (M) та стандартну помилку (m).

Результати

Контрольна та дослідна групи були порівнянні між собою за віком, масою тіла, ростом та індексом маси тіла (ІМТ) (табл. 1). У пацієнтів обох груп відзначена надлишкова маса тіла (ІМТ > 25,0 кг/м²).

У рамках дослідження нами було проаналізовано вміст кортизолу крові та МДА плазми у пацієнтів контрольної та дослідної груп до та після фізичного навантаження. Виявлено вірогідну різницю між певними показниками до і після фізичного навантаження в межах

контрольної групи та показниками в аналогічний період між контрольною і дослідною групами (табл. 2).

З’ясовано наявність вірогідної різниці (p < 0,05) між рівнями МДА та кортизолу до (рис. 1) і після (рис. 2) фізичного навантаження між пацієнтами контрольної та дослідної груп, які були вищими у пацієнтів дослідної групи.

Встановлено вірогідні відмінності (p < 0,05) між рівнями кортизолу і МДА пацієнтів контрольної групи до та після фізичного навантаження (рис. 3). При цьому у

Таблиця 1. Загальна характеристика груп дослідження

Ознака	Контрольна група	Дослідна група	Р
Вік, роки	43,60 ± 1,98	43,26 ± 1,07	> 0,05
Маса тіла, кг	80,60 ± 5,45	88,94 ± 4,53	> 0,05
Ріст, см	170,70 ± 3,20	173,35 ± 2,48	> 0,05
ІМТ, кг/м²	27,38 ± 4,05	29,66 ± 5,43	> 0,05

Таблиця 2. Показники пацієнтів контрольної і дослідної груп до та після фізичного навантаження

Показники	Контрольна група		Дослідна група	
	До	Після	До	Після
МДА, мкмоль/л	34,23 ± 4,90	36,13 ± 3,80	41,86 ± 3,32	40,96 ± 3,20
Кортизол, мкг/дл	9,01 ± 0,80	10,84 ± 2,00	11,75 ± 1,44	11,49 ± 1,30

Примітка: наявна вірогідна різниця (p < 0,05) між показниками до і після фізичного навантаження в межах групи.

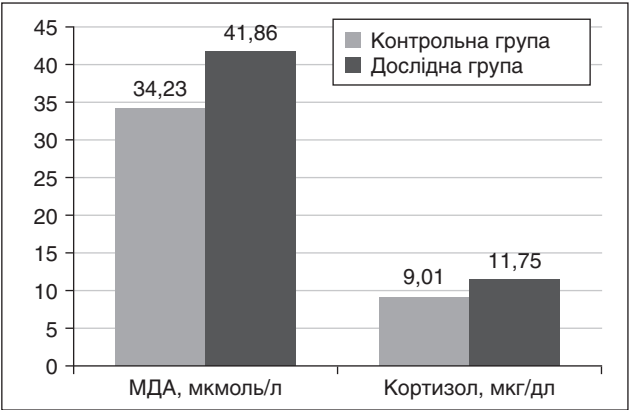


Рисунок 1. Показники у пацієнтів контрольної та дослідної групи до фізичного навантаження

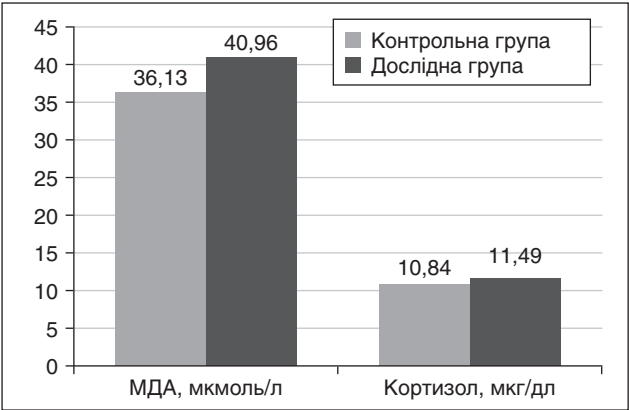


Рисунок 2. Показники у пацієнтів контрольної та дослідної групи після фізичного навантаження

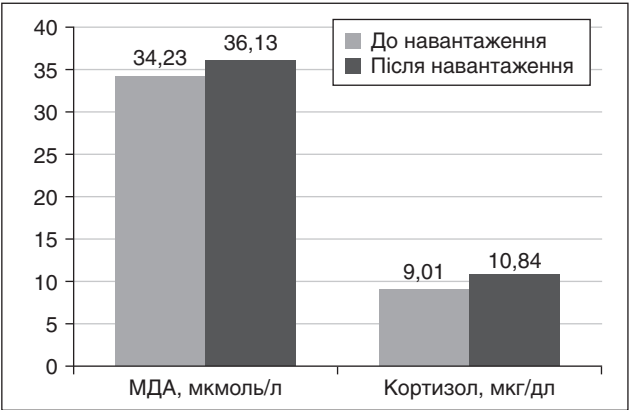


Рисунок 3. Зміна показників у пацієнтів контрольної групи під впливом фізичного навантаження

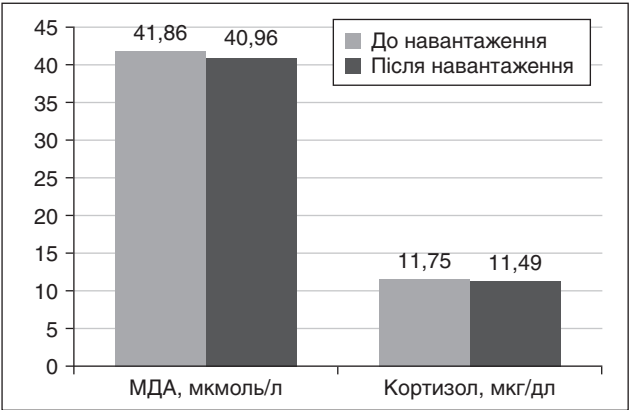


Рисунок 4. Зміна показників у пацієнтів дослідної групи під впливом фізичного навантаження

Таблиця 3. Динаміка (%) біохімічних показників венозної крові у пацієнтів контрольної та дослідної групи після фізичного навантаження

Показники	Контрольна група	Дослідна група
МДА, мкмоль/л	+5,90	–0,90
Кортизол у сироватці крові, мкг/дл	+1,83	–0,26

Примітка: наявна вірогідна різниця ($p < 0,05$) між показниками до і після фізичного навантаження в межах групи.

здорових осіб рівень обох показників після велоергометричного навантаження вірогідно зріс порівняно із вихідним.

Натомість у пацієнтів контрольної групи (хворих на АГ) (рис. 4) рівень МДА, як і кортизолу, після велоергометричного навантаження дещо знизився.

Рівень МДА у контрольній групі після фізичного навантаження зріс на 19,52 %, проте у дослідній групі знизився на 2,15 %. Подібна тенденція спостерігалась у випадку кортизолу сироватки крові: у контрольній групі його рівень зріс на 20,31 %, тоді як у дослідній групі знизився на 2,21 % (табл. 3).

Оскільки негайною відповіддю на велоергометрію є зміни рівня МДА, можна припустити, що саме він бере участь у формуванні первинної компенсаторної реакції у відповідь на фізичне напруження як в осіб з АГ, так і в практично здорових осіб.

Таким чином, визначення МДА дає можливість оцінити ступінь стресу, який впливає на організм людини. При цьому підвищення рівня МДА більшою мірою спостерігається у здорових осіб, ніж у пацієнтів з АГ.

Обговорення

Інтенсифікація процесів ПОЛ у пацієнтів з АГ розглядається як надзвичайно важливий механізм ініціації і прогресування захворювання у його ранньому періоді. У пацієнтів з АГ II–III стадії при тривалому перебігу захворювання, незважаючи на антигіпертензивну терапію, спостерігаються ознаки активації вільнорадикальних реакцій різного ступеня вираженості. Чіткі ознаки окисного стресу виявлені у 30 % випадків при тривалому перебігу АГ, у 30,9 % — помірні ознаки активації вільнорадикальних окисних процесів, у 19,6 % досліджених проявляються початкові ознаки окисного стресу і лише у 20 % не вдалося виявити інтенсифікації реакцій вільнорадикального окиснення [17, 18].

Кортизол посилює процеси пероксидації ліпідів і пригнічує функціонування системи антиоксидантного захисту [19]. Для оцінки адаптаційних процесів організму, виявлення дефектів, які призводять до розвитку різних патологічних процесів, включно з АГ, доцільно застосовувати фізичне навантаження (велоергометрію) [20]. Раннє виявлення резистентної АГ, своєчасна агресивна терапія можуть зменшити як серцево-судинну захворюваність, так і смертність [21, 22].

На сучасному етапі виділяють два типи АГ: Н-тип — АГ, пов'язана з підвищенням рівня гомоцистеїну, і С-тип АГ, при якому визначається підвищений рівень кортизолу крові [20]. С-тип гіпертензії найчастіше трапляється в молодому віці й сприяє розвитку ран-

ніх гострих інфарктів міокарда, інсультів, гострої або хронічної серцевої недостатності, раптової серцевої смерті [23].

С-тип АГ є результатом багатьох факторів, які пов'язані з нездоровим способом життя і включають ожиріння, синдром обструктивного апное сну, паління. Він діагностується за анамнезом життя пацієнта, його способом життя і рівнем кортизолу в крові, слині, сечі, волоссі [24]. Було проведено дослідження рівня кортизолу до та після фізичного навантаження (човниковий біг) серед дітей. Відзначено, що в групі дітей, у якій вихідний рівень кортизолу був вищим, спостерігалось менш виражене його підвищення після фізичного навантаження. Дітей цієї групи було віднесено до групи ризику щодо розвитку в них АГ у майбутньому [25].

Проведене дослідження щодо визначення рівня кортизолу впродовж доби в осіб з АГ. Найтісніший корелятивний зв'язок спостерігався між добовим рівнем кортизолу і рівнем АТ в осіб віком понад 50 років [19]. Для боротьби з С-типом АГ важливим залишається коригувати спосіб життя ще з дитячого й молодого віку, дотримуватися здорового харчування, виховання фізичної культури, що приведе до зменшення ризиків серцево-судинної захворюваності та смертності [1, 25].

Результати багатьох досліджень протягом останніх років демонструють, що, можливо, ступінь і тривалість саме стресорної активації цієї системи, які, у свою чергу, залежать від багатьох інших факторів (умов навколишнього середовища, генетичної і конституційної схильності, індивідуальних особливостей психічної реакції, наявності супутніх захворювань або метаболічних розладів), пов'язані з виникненням АГ [22, 23].

Наявна достатня кількість свідчень, що психоемоційне навантаження є причиною АГ «білого халата» та АГ «на робочому місці». Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні цих показників на різних категоріях пацієнтів під впливом фізичних навантажень різного ступеня інтенсивності. Окрім того, цікавим залишається визначення ролі стресу в перебігу АГ, розвитку її ускладнень і можливість їх ранньої діагностики та профілактики. Ці питання не були предметом даної статті й будуть, можливо, розглядатися в майбутньому.

Висновки

Фоновий вищий рівень кортизолу в осіб з артеріальною гіпертензією не зростає під впливом субмаксимального дозованого фізичного навантаження. Найшвидше на велоергометричне навантаження реагує МДА (підвищується) на тлі незначного зниження вмісту кортизолу у хворих з гіпертонічною хворобою II стадії.

Підвищення рівня МДА можна вважати маркером ступеня стресу для оцінки потужності фізичного навантаження. З огляду на вищевикладене можна констатувати, що активація симпатоадреналової системи під впливом емоційного стресу призводить до збільшення рівня АТ.

Обмеження дослідження. Дослідження було одноцентровим.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Фінансуючі організації не відігравали жодної ролі при написанні статті або в рішенні подати звіт для публікації.

Інформація про внесок кожного автора. Дроник І.С. — залучення пацієнтів у дослідження, створення електронної бази даних пацієнтів, обробка клінічних даних, аналіз отриманих даних, написання тексту; Дутка Р.Я. — концепція і дизайн дослідження, редагування тексту; Чмур Н.В., Пишк Р.С., Фаліон Р.І. — залучення пацієнтів у дослідження, пошук і аналіз літератури.

References

1. Sirenko Y, Radchenko G, Rekovets O. Stress and hypertension: C and H type of hypertension and causes of resistance. *Mіžnarodnij endokrinologіčnij žurnal*. 18(5):251-264. doi:10.22141/2224-0721.18.5.2022.1183. (in Ukrainian).
2. Precone V, Krasi G, Guerri G, et al. Monogenic hypertension. *Acta Biomed*. 2019 Sep 30;90(10-S):50-52. doi:10.23750/abm.v90i10-S.8759.
3. Bochar OM, Sklyarova HY, Abrahamovych KY, Hromnats'ka NM, Bochar VT, Sklyarov EY. Metabolic syndrome, overweight, hyperleptinemia in children and adults. *Wiad Lek*. 2021;74(2):313-316.
4. Wirix AJ, Kaspers PJ, Nauta J, Chinapaw MJ, Kistvan Holthe JE. Pathophysiology of hypertension in obese children: a systematic review. *Obes Rev*. 2015 Oct;16(10):831-42. doi:10.1111/obr.12305.
5. Karlsson L, Wallensteen L, Nordenström A, Krmar RT, Lajic S. Ambulatory Blood Pressure Monitoring in Children and Adults Prenatally Exposed to Dexamethasone Treatment. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022 May 17;107(6):e2481-e2487. doi:10.1210/clinem/dgac081.
6. Liu MY, Li N, Li WA, Khan H. Association between psychosocial stress and hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Neurol Res*. 2017 Jun;39(6):573-580. doi:10.1080/01616412.2017.1317904.
7. Elsaid N, Saied A, Kandil H, et al. Impact of stress and hypertension on the cerebrovasculature. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2021 Dec 30;26(12):1643-1652. doi:10.52586/5057.
8. Khandelwal P, Deinum J. Monogenic forms of low-renin hypertension: clinical and molecular insights. *Pediatr Nephrol*. 2022 Jul;37(7):1495-1509. doi:10.1007/s00467-021-05246-x.
9. Merrigan JJ, Tufano JJ, Jones MT. Potentiating Effects of Accentuated Eccentric Loading Are Dependent Upon Relative Strength. *J Strength Cond Res*. 2021 May 1;35(5):1208-1216. doi:10.1519/JSC.0000000000004010.
10. Merrigan JJ, Tufano JJ, Falzone M, Jones MT. Effectiveness of Accentuated Eccentric Loading: Contingent on Concentric Load. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021 Jan 1;16(1):66-72. doi:10.1123/ijspp.2019-0769.
11. Wirix AJ, Finken MJ, von Rosenstiel-Jadoul IA, et al. Is There an Association Between Cortisol and Hypertension in Overweight or Obese Children? *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2017 Dec 15;9(4):344-349. doi:10.4274/jcrpe.4802.
12. Haddad C, Courand PY, Berge C, Harbaoui B, Lantelme P. Impact of cortisol on blood pressure and hypertension-mediated organ damage in hypertensive patients. *J Hypertens*. 2021 Jul 1;39(7):1412-1420. doi:10.1097/HJH.0000000000002801.
13. Merrigan JJ, Jones MT, Malecek J, et al. Comparison of Traditional and Rest-Redistribution Sets on Indirect Markers of Muscle Damage Following Eccentric Exercise. *J Strength Cond Res*. 2022 Jul 1;36(7):1810-1818. doi:10.1519/JSC.0000000000003740.
14. Mike JN, Cole N, Herrera C, VanDusseldorp T, Kravitz L, Kerksick CM. The Effects of Eccentric Contraction Duration on Muscle Strength, Power Production, Vertical Jump, and Soreness. *J Strength Cond Res*. 2017 Mar;31(3):773-786. doi:10.1519/JSC.0000000000001675.
15. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Effects of Accentuated Eccentric Loading on Muscle Properties, Strength, Power, and Speed in Resistance-Trained Rugby Players. *J Strength Cond Res*. 2018 Oct;32(10):2750-2761. doi:10.1519/JSC.0000000000002772.
16. Stone JD, Merrigan JJ, Ramadan J, et al. Simplifying External Load Data in NCAA Division-I Men's Basketball Competitions: A Principal Component Analysis. *Front Sports Act Living*. 2022 Feb 16;4:795897. doi:10.3389/fspor.2022.795897.
17. Camargos ACR, Figueiredo PHS, da Fonseca SF, et al. Cortisol secretion pattern in overweight/obese and normal-weight infants: a cross-sectional study. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2020 Feb 25;33(2):241-246. doi:10.1515/jpem-2019-0273.
18. Camargos ACR, Figueiredo PHS, da Fonseca SF, et al. Cortisol secretion pattern in overweight/obese and normal-weight infants: a cross-sectional study. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2020 Feb 25;33(2):241-246. doi:10.1515/jpem-2019-0273.
19. Martens A, Duran B, Vanbesien J, et al. Clinical and biological correlates of morning serum cortisol in children and adolescents with overweight and obesity. *PLoS One*. 2021 Oct 20;16(10):e0258653. doi:10.1371/journal.pone.0258653.
20. Kim HT, Jin E, Lee MH. Portable Chemiluminescence-Based Lateral Flow Assay Platform for the Detection of Cortisol in Human Serum. *Biosensors (Basel)*. 2021 Jun 10;11(6):191. doi:10.3390/bios11060191.
21. Chu L, Shen K, Liu P, et al. Increased Cortisol and Cortisone Levels in Overweight Children. *Med Sci Monit Basic Res*. 2017 Feb 9;23:25-30. doi:10.12659/msmbr.902707.
22. Berdina O, Madaeva I, Bolshakova S, Sholokhov L, Rychkova L. Circadian Rhythm of Salivary Cortisol in Obese Adolescents With and Without Apnea: A Pilot Study. *Front Pediatr*. 2022 Apr 26;10:795635. doi:10.3389/fped.2022.795635.
23. Martens A, Duran B, Vanbesien J, et al. Clinical and biological correlates of morning serum cortisol in children and adolescents with overweight and obesity. *PLoS One*. 2021 Oct 20;16(10):e0258653. doi:10.1371/journal.pone.0258653.
24. Křihli S, Botha-Le Roux S, Uys AS, Kruger R. Cardio-respiratory Fitness, Blood Pressure and Ethnicity Are Related to Salivary Cortisol Responses after an Exercise Test in Children: The

ExAMIN Youth SA Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Feb 25;33(2):241-246. doi:10.1515/jpem-2019-0273. Jul 26;18(15):7898. doi:10.3390/ijerph18157898.

25. Camargos ACR, Figueiredo PHS, da Fonseca SF, et al. Cortisol secretion pattern in overweight/obese and normal-weight infants: a cross-sectional study. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2020

Отримано/Received 26.01.2023
Рецензовано/Revised 07.03.2023
Прийнято до друку/Accepted 05.04.2023 ■

Information about authors

Dronyk I.S., MD, PhD, Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; <http://orcid.org/0000-0002-2274-4022>
Dutka R.Ya., MD, PhD, Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-2130-9811>
Chmyr N.V., PhD, Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-8208-7303>
Pshyk R.S., PhD, Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; <http://orcid.org/0000-0003-0201-6099>
Falion R.I., PhD, Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-3438-6074>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The funding organizations had no role in writing the article or in the decision to submit the report for publication.

Authors' contribution. I.S. Dronyk — patient enrollment in the research, creation of an electronic database of patients, processing of clinical data, analysis of the obtained data, writing the text; R.Ya. Dutka — research concept and design, editing the text; N.V. Chmyr, R.S. Pshyk, R.I. Falion — patient enrollment in the research, literature search and analysis.

I.S. Dronyk, R.Ya. Dutka, N.V. Chmyr, R.S. Pshyk, R.I. Falion
Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

Changes in the cortisol level under the influence of physical exertion in patients with hypertension and in practically healthy individuals

Abstract. Background. Today, there are difficulties with the prevention and diagnosis of early stages of hypertension, especially in active and able-bodied young people. Among the factors that potentiate an increase in blood pressure, one of the components is chronic stress, which a person often faces in modern society. The purpose of study is to evaluate and compare blood cortisol and plasma malondialdehyde content in healthy individuals and in patients with stage II hypertension before and after dosed exercises. **Materials and methods.** Thirty patients with stage II hypertension and 10 practically healthy persons were examined. Subjects performed two-stage physical exercises on a bicycle ergometer with an intensity corresponding to 50 and 75 % of the appropriate maximum oxygen consumption of the body. The duration of the load was equal to 5 minutes at each stage with a three-minute rest between them. Blood was taken from the ulnar vein before cycling ergometry and 5 minutes after it. Blood cortisol and plasma malondialdehyde content were determined in patients before and after exercises. **Results.** A significant increase

in cortisol content after exercises was noted in healthy individuals against the background of some decrease in patients with hypertension. It has been suggested that since people with high blood pressure already have an elevated initial level of cortisol, their threshold of stress sensitivity to physical exertion is increased. Submaximal bicycle ergometric load does not lead to an increase in blood cortisol levels in hypertensive patients. **Conclusions.** The background higher level of cortisol in individuals with hypertension does not increase under the influence of submaximal dosed exercises. An increase in the level of malondialdehyde can be considered a marker of the degree of stress for assessing the power of physical exertion. In view of the above, it can be stated that the activation of the sympathoadrenal system under the influence of emotional stress leads to an increase in blood pressure. There is sufficient evidence that psycho-emotional stress is a cause of white-coat hypertension and hypertension in the workplace.

Keywords: cortisol; malondialdehyde; exercises; hypertension