

УДК 616.85-009.86

ЛЕВЧЕНКО В. А.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

## Участь стероїдних гормонів у забезпеченні фізичних навантажень у молодих людей з різним ступенем фізичної підготовки

**Анотація. Мета:** дослідити динаміку рівня кортизолу і тестостерону в слині молодих людей з різним ступенем фізичної підготовки на висоті стрес-тесту. **Матеріал і методи:** у дослідженні брали участь 44 студенти – 29 дівчат і 15 хлопців, 17–20 років. Використовували імуноферментний аналіз для визначення рівня кортизолу і тестостерону, тредміл-тест, оцінювалася максимальна аеробна потужність. **Результати:** встановлено зв'язок між порушенням балансу між кортизолом і тестостероном на висоті стрес-тесту серед молодих людей із зниженою толерантністю до фізичних навантажень на користь кортизолу. **Висновки:** знижена толерантність до фізичних навантажень супроводжується високим кортизол-тестостероновим індексом, зниженням максимальної аеробної потужності, витривалості.

**Ключові слова:** хлопці, дівчата, кортизол, тестостерон, стрес-тест.

**Вступ.** Однією з проблем сучасної молоді, яка хвилює медиків і педагогів, є гіподинамія, наслідки якої часто недооцінюються [5; 7]. Хронічна гіподинамія сприяє детренованості кардіореспіраторної системи, порушенням процесів метаболізму, розвитку астенії, розладам адаптації тощо [9; 10]. Адаптація до стресорного впливу це складний багаторівневий процес, який відбувається на субклітинному, клітинному, органному та системному рівнях із каскадною мультигормональною реакцією, де значна роль відводиться гіпоталамо-гіпофізарно-наднирниковій системі, в якій одне з провідних місць займають кортизол і тестостерон [2; 12]. У жінок тестостерон, який виявляється в плазмі крові, головним чином утворюється в корі наднирників у якості додаткового продукту в процесі біосинтезу глюкокортикоїдів. Відомо, що в корі наднирників, прегненолон є спільним попередником усіх синтезованих кортикоцитами стероїдних гормонів, зокрема, ланок прогестерон – тестостерон – естрадіол, прогестерон – кортизол, прогестерон – кортикостерон – альдостерон [3]. Тестостерон, окрім впливу на статевий розвиток людини, виявляє анаболічний ефект – збільшує синтез білків міоцитів, м'язову масу, пришвидшує процеси відновлення. Подібні зміни сприяють розвитку мускулатури, сили, витривалості. Тому тестостерон вважається однією з форм допінгу. У той же час, кортизол є індикатором стресу, катаболічним гормоном [15]. Тому зрозуміло, що існує прямий зв'язок між динамікою кортизолу і тестостерону в умовах фізичного напруження, між якими мають місце конкурентні взаємовідносини за вплив на специфічні клітинні рецептори [14; 15].

Процес адаптації до інтенсивних та тривалих фізичних навантажень супроводжується функціонально-морфологічними змінами нейрогуморальної регуляції, у тому числі в тканинах наднирників, що призводить до змін синтезу кортикостероїдних гормонів в умовах стресу. Відомо, що рівень інтенсивності фізичних вправ суттєво впливає на секрецію гормонів, активність яких відображає стан компенсаторних механізмів організму [11; 12].

У більшості випадків контроль за станом адаптації

організму до інтенсивних та тривалих фізичних навантажень здійснюється за динамікою суб'єктивної картини, за інтегральними показниками кардіореспіраторної системи [1; 4]. Однак вони мало відображають стан гормональної регуляції організму в фазу стресорного напруження, у фазу опору [2; 8]. Тому представляє інтерес дослідження зв'язку ступеня фізичної підготовки, рівня кортизолу і тестостерону в молодих людей з різною фізичною активністю в умовах стрес-тесту.

**Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами.** Представлені результати дослідження є фрагментом комплексної роботи «Статевий диморфізм в механізмах адаптації до стресорних навантажень в юнацькому віці під час спортивно-оздоровчих занять», державний реєстраційний номер 0113U002431.

**Мета дослідження:** вивчити динаміку рівня кортизолу і тестостерону в слині молодих людей з різним ступенем фізичної підготовки на висоті дозованого фізичного навантаження.

**Матеріал і методи дослідження.** У дослідженні було включено 44 студенти, віком 17–20 років, із них 29 дівчат і 15 хлопців, які були поділені на три групи. Першу групу склали 15 осіб – 7 хлопців і 8 дівчат, які регулярно відвідували спортивні секції протягом останніх 2–3 років. До другої групи включили 18 молодих людей, які не займалися фізичною підготовкою – 8 хлопців і 10 дівчат. До третьої групи включено 11 дівчат із соматоформною вегетативною дисфункцією в вигляді нейроциркуляторної дистонії (НЦД) за гіпотонічним типом, яка супроводжується низькою фізичною працездатністю. Індекс маси тіла серед досліджуваних становив  $22,48 \pm 2,26$  кг·м<sup>-2</sup>, при цьому виключалася ендокринна патологія.

Для визначення рівня кортизолу і тестостерону в слині на висоті стрес-тесту застосовувався імуноферментний метод [5]. Подібна неінвазивна методика не потребує екстракції, досить точно відображає вміст вільного кортизолу і тестостерону в крові і широко використовується для динамічного контролю рівня гормонів. У дослідженні використовували ферментозв'язані імуносорбентні набори Salivary Cortisol et Testosterone ELISA KIT (Німеччина). Сліну збирали вранці до навантаження і на висоті тредміл-



тесту. Рівень гормонів у слині визначався на імуноаналізаторі «Stat Fax 303 Plus» (USA). У дівчат визначали концентрацію кортизолу і тестостерону в лютеїнову фазу. Також визначали кортизол-тестостероновий індекс – (KTI=K/Tx100%), шляхом оцінки кортизол-тестостеронового співвідношення.

Для проведення стрес-тесту застосовували тредміл (Biomedical Systhems), за протоколом Брюса, із ступінчато-зростаючою потужністю, тривалістю одного ступеня 3 хв, кут нахилу змінювався кожні 3 хв (підйом на 5 см відносно медіани доріжки, відповідав 5% (2,5°), до досягнення субмаксимальної ЧСС. Толерантність до навантаження оцінювали в METax (1 MET=3,5 мл O<sub>2</sub>-кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>). Також визначалася максимальна аеробна потужність під час стрес-тесту (max VO<sub>2</sub>, мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>) [4].

Під час тредміл-тесту контролювали суб'єктивну реакцію на фізичне навантаження (появу задишки, головокружіння, нападу загальної слабкості, головного болю тощо), гемодинамічну відповідь (частота серцевих скорочень, артеріальний тиск), зміни на ЕКГ, пульсоксиметрію.

Для оцінки ступеня вірогідності результатів дослідження застосовували варіаційно-статистичний метод аналізу отриманих результатів із використанням пакета статистичних програм Statistica v. 6.1 (США).

#### Результати дослідження та їх обговорення.

Проведеними дослідженнями встановлено, що в першій групі молоді на висоті тредміл-тесту відмічалася достовірне збільшення рівня кортизолу і тестостерону (табл.). Так, серед хлопців рівень кортизолу і тестостерону на висоті навантаження (11,73±0,63) МЕ достовірно виріс відповідно на (14,8±1,71)% і (18,38±2,11)%. Ступінь кореляції між ними становив r=0,28 (p<0,05). Серед дівчат цієї групи також виявлялися аналогічні зміни – зростання показників кортизолу і тестостерону на висоті стрес-тесту (11,07±0,69) МЕ відповідно на (15,9±1,19)% і (13,0±1,69)%. Таким чином, приріст тестостерону серед тренуваних молодих людей, незалежно від статті, зростав синхронно з підйомом рівня кортизолу. Подібні зміни можна пояснити компенсаторною реакцією тестостерону, спрямованою на гальмування катаболічної та антианаболічної дії кортизолу, тобто відмічається збалансована відповідь стероїдних гормонів.

У другій групі молодих людей, які не займалися фізичною підготовкою, толерантність до фізичного навантаження, як у хлопців, так і дівчат, відповідно

(7,92±0,60) МЕ і (8,45±0,52) МЕ, була достовірно нижчою від результатів отриманих у першій групі. На висоті стрес-тесту відмічалася достовірне зростання показників кортизолу як у хлопців, так і в дівчат, відповідно на (19,67±1,43)% і (18,42±1,06)% (p<0,05). При цьому відсотковий приріст кортизолу на висоті навантаження в другій групі досліджуваних переважав результати приросту в першій групі. У той же час показник тестостерону на висоті навантаження достовірно знизився – в дівчат на 11,84% (p<0,05), у хлопців – на 5,23% (p<0,05). У 3-й групі дівчат із вегетативною дисфункцією базальні показники кортизолу – (5,42±0,31) пг·мл<sup>-1</sup> і тестостерону – (21,36±0,72) нмоль·л<sup>-1</sup>, були достовірно нижчими від результатів, отриманих у дівчат першої і другої груп. Таким чином, у дівчат із проявами гіпотонічного типу НЦД низький базальний рівень кортизолу і тестостерону не викликає стимуляцію секреції гіпоталамусом релізінг-гормонів. В умовах ж стрес-тесту показники кортизолу в цій групі збільшилися на (25,55±2,38)% (p<0,001), а тестостерону – знизилися на 14,04%, до (18,36±0,65) нмоль·л<sup>-1</sup> (p<0,05).

Дослідження показників КТІ на висоті навантаження виявили, що в хлопців 1 гр. він становив (3,32±0,41)%, 2 гр. – (4,51±0,28)%. У дівчат 1 гр. показник КТІ дорівнював (27,29±1,12)%, 2 гр. – (31,25±0,86)%, 3 гр. – (40,02±1,26)%. Таким чином, отримані результати КТІ свідчать про те, що в молоді, яка регулярно не займається фізичною підготовкою і в дівчат із проявами вегетативної дисфункції на висоті навантаження відмічався приріст кортизолу на тлі зниження показників тестостерону.

Крім того, приріст КТІ на висоті навантаження в хлопців і дівчат 2 гр. супроводжувався зниженням показників max VO<sub>2</sub>, відповідно до (29,65±1,19) мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> і (24,3±1,56) мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>, у порівнянні з результатами отриманими в 1 гр. досліджуваних, відповідно (39,28±2,04) мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> і (37,17±2,38) мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>.

Виявлені порушення балансу між кортизолом і тестостероном на висоті стрес-тесту серед молодих людей із зниженою толерантністю до фізичних навантажень на користь кортизолу власне обмежують фізичну активність через здатність останнього погіршувати периферичний кровообіг, його катаболічний ефект, зниження м'язового тону на висоті гострого чи тривалого фізичного напруження, зменшення рівня його метаболічного антагоніста – тестостерону тощо [13; 15].

Динаміка рівня кортизолу і тестостерону в слині молодих людей на висоті тредміл-тесту

Групи молодих людей	Кортизол (пг/мл)		Тестостерон (нмоль/л)	
	у спокої	тредміл-тест	у спокої	тредміл-тест
1 гр. хлопці (n=7)	6,39±0,38	7,50±0,44*	184,57±10,94	226,14±16,36*
1 гр. дівчата (n=8)	6,61±0,45	7,88±0,40*	25,13±1,12	28,88±1,47*
2 гр. хлопці (n=8)	6,29±0,52	7,83±0,31*	174,5±3,00	165,38±5,10
2 гр. дівчата (n=10)	6,73±0,50	8,25±0,56*	24,50±0,97	21,60±0,72
3 гр. дівчата (n=11)	5,42±0,31	7,28±0,43*	21,36±0,95	18,36±0,74*

Примітка. \* – Ступінь достовірності (<0,05).

У дівчат із проявами соматоформної вегетативної дисфункції зниження базального рівня кортизолу можна розцінювати як прояв функціональної гіпоадренії [8; 9]. Відомо, що низький рівень кортизолу зменшує вазоконстрикторний ефект епінерфину, глюкогенез, що обмежує фізичну активність, викликає дестабілізацію НЦД за гіпотонічним типом [6; 8]. Крім того, низький рівень тестостерону зменшує модулюючий вплив на серцево-судинну систему симпатичної і парасимпатичної нервової систем.

Надмірний приріст показника кортизолу на висоті стрес-тесту серед молодих людей зі зниженою толерантністю до фізичного навантаження (гіподинамія, НЦД) може свідчити про розлади зворотного зв'язку з гіпоталамусом, релізінг-фактори якого вчасно не знизили активність АКТГ і відповідно не врівноважили секрецію стероїдних гормонів [3]. З іншого боку, подібний приріст кортизолу в умовах стрес-тесту направлений на підтримку артеріального тиску і хвилинного об'єму крові в молодих людей з низькими адаптаційними резервами, навіть при невеликих навантаженнях.

Серед хлопців і дівчат, які не займаються фізичною підготовкою чи мають прояви вегетативної дисфункції, значний приріст показників кортизолу в умовах стрес-тесту також зумовлено зменшенням приросту тестостерону, чого не спостерігалось в групі молодих людей з вищою толерантністю до фізичних навантажень, тобто в осіб без ознак гіподинамії.

Незважаючи на те, що рівень тестостерону в жінок приблизно в 8–10 разів нижче показників, отриманих у чоловіків, його метаболічні ефекти проявляються далеко не в ослабленому вигляді. Так, підвищення рівня тестостерону в умовах стрес-тесту створює оптимальні умови для покращення адаптаційних ре-

зервів організму [13]. У той же час знижена активність тестостерону, як в спокої, так і в умовах навантаження, сприяє надмірному приросту кортизолу на висоті стрес-тесту, що виявляється розладами адаптаційних механізмів, вегетативної регуляції. Одним із фізіологічних способів, який дозволяє підвищити рівень тестостерону, можуть бути систематичні силові тренування [14].

#### Висновки:

1. Висока толерантність до фізичних навантажень у тренуваних молодих людей пов'язана із збалансованою реактивністю кортизолу і тестостерону в умовах стрес-тесту.

2. Хронічна гіподинамія, вегетативна дисфункція в юнацькому віці, особливо в дівчат, супроводжувалися порушеннями балансу між кортизолом і тестостероном на користь першого на висоті дозованого фізичного навантаження.

3. Тестостерон приймає участь у механізмах адаптації, виступаючи як конкурент кортизолу під час фізичного навантаження. Знижений базальний рівень тестостерону і його ослаблена реакція на фізичний стрес свідчать про порушення механізмів нейрогуморальної регуляції, дисметаболічні зміни в органах-мішенях вже в юнацькому віці.

4. У молодих осіб із зниженою толерантністю до фізичних навантажень, високим кортизол-тестостероновим індексом відмічається зниження показників максимальної аеробної потужності, що свідчить про погіршення функції кисневотранспортної системи, витривалості.

**Перспектива подальших досліджень** дозволить визначити зв'язок між активністю тестостерону і показниками серцево-судинної системи в умовах стрес-тесту в молодих людей юнацького віку.

#### Список використаної літератури:

1. Амосова Е. Н. Стресс-тесты в кардиологии: возможности и нерешенные проблемы / Е. Н. Амосова, Е. В. Андреев // Серце і судини. – 2006. – № 4. – С. 10–12.
2. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, Т. С. Квакина. – М.: Имедис, 1998. – 654 с.
3. Дедов И. И. Эндокринология / И. И. Дедов, Г. А. Мельниченко, В. В. Фадеев. – М.: ГЭОТАР, 2009. – 304 с.
4. Жарінов О. Й. Навантажувальні проби в кардіології / О. Й. Жарінов, В. О. Куць, Н. В. Тхор. – К.: Медицина світу, 2006. – 89 с.
5. Іванюра І. О. Взаємозв'язок між нейродинамічними і вегетативними функціями організму учнів при адаптації до тривалих фізичних навантажень / І. О. Іванюра // Укр. мед. альм. – 2000. – Т. 3, № 1. – С. 64–67.
6. Кремер У. Д. Эндокринная система, спорт и двигательная активность / У. Д. Кремер, А. Д. Рогол. – К.: Олимпийская литература. – 2008. – 600 с.
7. Левина Л. И. Подростковая медицина / Л. И. Левина, А. М. Куликова. – С.Пб.: Питер, 2006. – 544 с.
8. Меерсон Ф. З. Адапционная медицина: Механизмы и защитные эффекты адаптации / Ф. З. Меерсон. – М.: Нурохия Medical, 1993. – 331 с.
9. Окнин В. Ю. Проблема утомления, стресса и хронической усталости / В. Ю. Окнин // Русский медицинский журнал. – 2004. – Т. 12, № 5. – С. 46–50.
10. Рыбакина Е. Г. Клеточные и молекулярные механизмы взаимодействия иммунной и нейроэндокринной систем при синдроме хронической усталости в эксперименте / Е. Г. Рыбакина, С. Н. Шанин, Е. Е. Фомичева, Е. А. Корнева // Росс. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2009. – Т. 95. – № 12. – С. 1324–1335.
11. Ahtiainen J. P. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises / J. P. Ahtiainen, A. Pakarinen, W. J. Kraemer // International Journal of Sports Medicine. – 2003. – № 24. – P. 410–418.
12. Busso T. Hormonal adaptations and modelled responses in elite weightlifters during 6 weeks of training / T. Busso, K. Hakkinen, A. Pakarinen // European Journal of Applied Physiology. – 1992ю – № 64. – P. 381–386.
13. Clow A. Post-awakening Cortisol secretion during basic military training / A. Clow, S. Edwards, A. Casey // Int. J. Psychophysiol. – 2006. – Vol. 60, № 1. – P. 88–94.
14. Sikaris K. Reproductive hormone reference intervals for healthy fertile young men: evaluation of automated platform assays / K. Sikaris, R. I. McLachlan, R. Kazlauskas // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2005. – № 90 (11). – P. 5928–5936.
15. Volek J. S. Testosterone and cortisol in relation to dietary nutrients and resistance exercise / J. S. Volek, W. J. Kraemer, J. A. Bush // J. of Applied Physiology. – 1992. – № 82. – P. 49–54.

Стаття надійшла до редакції: 03.09.2014 р.  
Опубліковано: 31.10.2014 р.

**Аннотация. Левченко В. А. Участие стероидных гормонов в обеспечении физических нагрузок у молодых людей с разной степенью физической подготовки. Цель:** исследовать динамику уровня кортизола и тестостерона в слюне молодых людей с разной степенью физической подготовки на высоте стресс-теста. **Материал и методы:** в исследовании принимали участие 44 студента – 29 девушек и 15 юношей, 17–20 лет. Использовали иммуноферментный анализ для определения уровня кортизола и тестостерона, тредмил-тест, оценивалась максимальная аэробная мощность. **Результаты:** установлена связь между нарушением баланса между кортизолом и тестостероном на высоте стресс-теста среди молодых людей с пониженной толерантностью к физическим нагрузкам в пользу кортизола. **Выводы:** сниженная толерантность к физическим нагрузкам сопровождается высоким кортизол-тестостеронов индексом, снижением максимальной аэробной мощности, выносливости.

**Ключевые слова:** юноши, девушки, кортизол, тестостерон, стресс-тест.

**Abstract. Levchenko V. Participation of steroid hormones in providing physical activity in young people with varying degrees of physical fitness. Purpose:** to investigate the dynamics of cortisol and testosterone in saliva of young people with varying degrees of physical fitness at an altitude stress test. **Material and Methods:** in a study involved 44 students – 29 girls and 15 boys, 17–20 years old. There was used immunosorbent assay to determine the level of cortisol and testosterone during treadmill test, estimated on maximal aerobic power. **Results:** the relationship between the imbalance between cortisol and testosterone at an altitude under stress test in young people with low tolerance to physical activity in favor of cortisol. **Conclusions:** reduced tolerance to exercise, accompanied by high cortisol and testosterone index, decreased maximal aerobic power and tolerance.

**Keywords:** boys, girl, cortisol, testosterone, stress test.

#### References:

1. Amosova Ye. N., Andreyev Ye. V. *Sertse i sudini [Heart and blood vessels]*, 2006, vol. 4, p. 10–12. (rus)
2. Garkavi L. Kh., Kvakina Ye. B., Kvakina T. S. *Antistressornyye reaktsii i aktivatsionnaya terapiya [Antistress reaction and activation therapy]*, Moscow, 1998, 654 p. (rus)
3. Dedov I. I., Melnichenko G. A., Fadeyev V. V. *Endokrinologiya [Endocrinology]*, Moscow, 2009, 304 p. (rus)
4. Zharinov O. Y., Kuts V. O., Tkhor N. V. *Navantazhuvalni probi v kardiologii [Exercise testing in cardiology]*, Kyiv, 2006, 89 p. (ukr)
5. Ivanyura I. O. *Ukr. med. Alm [Ukrainian Medical Almanac]*, 2000, vol. 3, iss. 1, pp. 64–67. (ukr)
6. Kremer U. D., Rogol A. D. *Endokrinaya sistema, sport i dvigatel'naya aktivnost [Endocrine system, sport and physical activity]*, Kyiv, 2008, 600 p. (rus)
7. Levina L. I., Kulikova A. M. *Podroostkovaya meditsina [Adolescent Medicine]*, Saint Petersburg, 2006, 544 p. (rus)
8. Meyerson F. Z. *Adaptatsionnaya meditsina: Mekhanizmy i zashchitnyye efekty adaptatsii [Adaptive Medicine: Mechanisms and protective effects of adaptation]*, Moscow, 1993, 331 p. (rus)
9. Oknin V. Yu. *Russkiy meditsinskiy zhurnal [Russian Journal of Medicine]*, 2004, vol. 12, iss. 5, p. 46–50. (rus)
10. Rybakina Ye. G., Shanin S. N., Fomicheva Ye. Ye., Korneva Ye. A. *Ross. fiziol. zhurn. im. I. M. Sechenova [Sechenov Russian Journal of physiological]*, 2009, vol. 95, iss. 12, pp. 1324–1335. (rus)
11. Ahtiainen J. P. *Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises / J. P. Ahtiainen, A. Pakarinen, W. J. Kraemer // International Journal of Sports Medicine.* – 2003. – № 24. – P. 410–418.
12. Busso T. *Hormonal adaptations and modelled responses in elite weightlifters during 6 weeks of training / T. Busso, K. Hakkinen, A. Pakarinen // European Journal of Applied Physiology.* – 1992. – № 64. – P. 381–386.
13. Clow A. *Post-awakening Cortisol secretion during basic military training / A. Clow, S. Edwards, A. Casey // Int. J. Psychophysiol.* – 2006. – Vol. 60, № 1. – P. 88–94.
14. Sikaris K. *Reproductive hormone reference intervals for healthy fertile young men: evaluation of automated platform assays / K. Sikaris, R. I. McLachlan, R. Kazlauskas // J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2005. – № 90 (11). – P. 5928–5936.
15. Volek J. S. *Testosterone and cortisol in relation to dietary nutrients and resistance exercise / J. S. Volek, W. J. Kraemer, J. A. Bush // J. of Applied Physiology.* – 1992. – № 82. – P. 49–54.

Received: 03.09.2014.

Published: 31.10.2014.

**Левченко Валерій Анатолійович:** д. мед. н., проф.; Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника: вул. Шевченко 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна.

**Левченко Валерий Анатольевич:** д. мед. н., проф.; Прикарпатский национальный университет им. Василия Стефаника: ул. Шевченко 57, Ивано-Франковск, 76018, Украина.

**Valeriy Levchenko:** Doctor of Science (Medicine), Professor; Vasyl Stefanyk Precarpathian National Universiti: Schevchenko 57, Ivano-Frankovsk, 76018, Ukraine.

**E-mail:** awgust@gazeta.pl