

РОЛЬ ТЕСТОСТЕРОНУ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОЗОВАНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У МОЛОДИХ ЛЮДЕЙ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Проведеними дослідженнями встановлено, що в хлопців і дівчат юнацького віку, які систематично займалися в спортивних секціях, на висоті стрес-тесту помірно підвищувалися показники тестостерону і кортизолу. В молодих людей другої групи, які не займалися фізичною підготовкою виявлено зниження показників тестостерону на висоті навантаження. При цьому приріст кортизолу в умовах стрес-тесту переважав відсотковий результат приросту отриманий в першій групі. В дівчат третьої групи, з проявами соматоформної вегетативної дисфункції, вихідний показник тестостерону був достовірно нижчий від результатів отриманих у перших двох групах, а на висоті навантаження він додатково знижувався на тлі значного підвищення показників кортизолу. Встановлено зростання кортизол-тестостеронового індексу на тлі низької толерантності до фізичних навантажень і зниженої максимальної аеробної потужності серед молодих людей з низькою фізичною активністю та розладами вегетативної регуляції.

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

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. 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]. В жінок тестостерон, який виявляється в плазмі крові, головним чином утворюється в корі наднирників в якості додаткового продукту в процесі біосинтезу глюкокортикоїдів. Відомо, що в корі наднирників, прегненолон є спільним попередником всіх 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'язеву масу, пришвидшує процеси відновлення. Подібні зміни сприяють розвитку мускулатури, сили, витривалості. Тому тестостерон вважається однією з форм допінгу. В той же час кортизол, є індикатором стреса, 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, в 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].

В 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, в фазу опору [2, 8]. Тому представляє інтерес дослідження зв'язку ступеня фізичної підготовки, рівня кортизолу і тестостерону в молодих людей з різною фізичною підготовкою в умовах стрес-тесту.

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. В дослідження було включено 44 студента, 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 $22,48 \pm 2,26 \text{ кг/м}^2$, при цьому виключалася ендокринна патологія.

Для визначення рівня кортизолу і тестостерону в слині на висоті стрес-тесту застосовувався імуноферментний спосіб [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. В дослідженні використовували ферментозв'язані імуносорбентні набори Salivary Cortisol et Testosterone ELISA KIT (Німеччина). Слину 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 – $(КТІ=К/Т*100 \%)$, шляхом оцінки кортизол-тестостеронового співвідношення.

Для проведення стрес-тесту застосовували тредміл (Biomedical Systhems), за протоколом Брюса, з ступінчато-зростаючою потужністю, тривалістю одного ступеня 3 хв., кут нахилу змінювався кожні 3 хв. (підйом на 5 см відносно медіани доріжки, відповідав 5 % ($2,5^\circ$), до досягнення субмаксимальної ЧСС [4]. Толерантність до навантаження оцінювали в METax ($1 \text{ MET} = 3,5 \text{ мл O}_2/\text{кг/хв}$). Також визначалася максимальна аеробна потужність під час стрес-тесту ($\text{max VO}_2, \text{ml/kg/min}$).

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. 1). Так серед хлопців рівень кортизолу і тестостерону на висоті навантаження ($11,73 \pm 0,63$) МЕ достовірно виріс, відповідно, на ($14,8 \pm 1,71$) % і ($18,38 \pm 2,11$) %. Ступінь кореляції між ними становив $r = 0,028$ ($p < 0,05$). Серед дівчат цієї групи, також виявлялися аналогічні зміни – зростання показників кортизолу і тестостерону на висоті стрес-тесту ($11,07 \pm 0,69$) МЕ, відповідно, на ($15,9 \pm 1,19$) % і ($13,0 \pm 1,69$) %. Таким чином, приріст тестостерону серед тренуваних молодих людей, незалежно від статі, зростає 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.

Таблиця 1

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

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

Примітка: * ступінь достовірності ($< 0,05$)

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

Дослідження показників КТІ на висоті навантаження виявили, що в хлопців 1 гр. він становив ($3,32 \pm 0,41$) %, 2 гр. – ($4,51 \pm 0,28$) %. В дівчат 1 гр. показник КТІ дорівнював ($27,29 \pm 1,12$) %, 2 гр. – ($31,25 \pm 0,86$) %, 3 гр. – ($40,02 \pm 1,26$) %. 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_2 , відповідно, до $(29,65 \pm 1,19)$ мл/кг/хв і $(24,3 \pm 1,56)$ мл/кг/хв, у порівнянні з результатами отриманими в 1 гр. досліджуваних, відповідно, $(39,28 \pm 2,04)$ мл/кг/хв. і $(37,17 \pm 2,38)$ мл/кг/хв.

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].

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 епінерфіну, глюкогенез, що обмежує фізичну активність і 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 зворотнього зв'язку з гіпоталамусом, релізинг-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 спостерігається 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 резервів організму [13]. В 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].

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

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 порушенням балансу між кортизолом і тестостероном на користь першого, на висоті субмаксимального навантаження.

3. Тестостерон приймає участь в 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, виявляється високий кортизол-тестостероновий індекс, зниження показників максимальної аеробної потужності, що свідчить про погіршення функції кисневотранспортної системи, виносливості.

Використані джерела

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. Адаптационная медицина: Механизмы и защитные эффекты адаптации / Меерсон Ф. З. – М.: Нурохиа 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. – 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.

Levchenko V.

THE ROLE OF TESTOSTERONE IN THE MAINTENANCE DOSAGE OF PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG PEOPLE WITH VARYING DEGREES OF FITNESS

A study involved 29 girls and 15 boys, aged 17-19 years, who were divided into three groups. The first group was consisted by 15 people – 7 boys and 8 girls who regularly attended sport activities over the past 2-3 years. The second group included 18 young people who did not engage in physical training – 8 boys and 10 girls. The third group included 11 women with somatoform autonomic dysfunction.

Assessed the situation in exercise tolerance using treadmill-test determined the maximum aerobic capacity. The level of testosterone and cortisol in saliva was studied at rest and at an altitude stress test.

Conducted research found that young men and women of the first group, at an altitude stress test raised moderately values of cortisol and testosterone. In the second group of young people, was founded a decline in testosterone at the height of the load. This increase in cortisol under stress test prevailing interest rates result obtained in the first group. In the third group of girls, the output rate of testosterone was significantly lower than the results obtained in the first two groups, and at the height of the load he declined further against the backdrop of a significant increase in cortisol indicators. Research indicators of testosterone and cortisol-height load index found that in the boys of 1 group it was $(3,32 \pm 0,41) \%$, in group 2 – $(4,51 \pm 0,28) \%$. In girls of 1 group this figure was $(27,29 \pm 1,12) \%$, of 2 group – $(31,25 \pm 0,86) \%$, of 3 group – $(40,02 \pm 1,26) \%$. Thus increase of cortisol and testosterone index on a background of reduced maximum aerobic capacity found among youth with low physical activity and disorders of autonomic regulation.

Key words: *boys, girls, cortisol, testosterone, stress test.*

Стаття надійшла до редакції 28.08.2014 р.