

О.К. Дудник, Г.В. Коробейніков, В. Ягелло

## Психофізіологічні стани у людей з різним рівнем адаптованості до м'язової діяльності

*Изучали влияние напряженной мышечной деятельности на особенности формирования психофизиологических состояний человека. Обследовано две группы спортсменов с высоким уровнем адаптации к напряженной мышечной деятельности (27 спортсменов, членов сборной команды Украины по греко-римской борьбе, возраст от 18 до 26 лет), и со средним (24 спортсмена средней квалификации, специализирующихся по греко-римской борьбе, учащихся и выпускников специализированного спортивного лицея, возраст от 16 до 22 лет). Выявлено, что психофизиологическое состояние у людей с высоким уровнем адаптации к напряженной мышечной деятельности характеризуется более детерминированным характером организации системы переработки информации и системы вегетативной регуляции ритма сердца по сравнению с лицами среднего уровня адаптивности. В условиях адаптации к напряженной мышечной деятельности наблюдается рост возможностей системы восприятия и переработки зрительной информации за счет моторного и центрального звена сенсомоторной реакции. Кроме того, у спортсменов с высоким уровнем адаптации к напряженной мышечной деятельности наблюдается сбалансированность механизмов вагусно-симпатического тонууса системы вегетативной регуляции ритма сердца.*

### ВСТУП

Фізична діяльність людини характеризується активним залученням різних м'язових груп до формування рухових функцій і системи позитивного пристосувального результату [8, 12]. Умовою будь-якого виду фізичної діяльності є фізичне навантаження. Різні види фізичної діяльності, зокрема сучасна спортивна, виявляють, що потужним фактором впливу на ефективність виконуваної роботи є стан психоемоційної сфери людини [10, 14]. Враховуючи, що провідною ланкою формування психоемоційних реакцій у період екстремальних видів діяльності людини є саме властивості нейродинамічних і психофізіологічних функцій, можливий зв'язок між рівнем психофізіологічного стану та ступенем адаптації до напруженої м'язової діяльності. Відомо, що функціональний стан людини в умовах напруженої м'язової діяльності має різні складові. Су-

часний професійний та олімпійський спорт, як один з різновидів екстремальних видів діяльності людини, характеризується високою інтенсивністю фізичних навантажень, підвищеними вимогами до системи вегетативного енергозабезпечення, координаційних здібностей і психоемоційного настрою [7, 11]. Аналіз сучасних досліджень у галузі фізіології спорту та спортивної медицини свідчить, що більшість робіт, цієї тематики, стосується окремих характеристик функціонального стану спортсменів у різних умовах тренувальної та змагальної діяльності [6–8]. Однак, на нашу думку, багато досліджень не мають інтегральних критеріїв функціонального і, зокрема, психофізіологічного стану спортсменів за результатами комплексної оцінки.

Мета нашої роботи – вивчення зв'язку між рівнем психофізіологічного стану людини та ступенем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

© О.К. Дудник, Г.В. Коробейніков, В. Ягелло

## МЕТОДИКА

Для вивчення особливостей формування функціональної організації психофізіологічних станів людини в умовах напруженої м'язової діяльності було обстежено дві групи спортсменів: перша група – з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (27 спортсменів високої кваліфікації, членів збірної команди України з греко-римської боротьби, віком від 18 до 25 років), друга група – з середнім рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (24 спортсмени середньої кваліфікації, які спеціалізуються у греко-римській боротьбі, вихованці та випускники спеціалізованого спортивного ліцею, віком від 16 до 22 років).

Психофізіологічний стан оцінювали за допомогою комп'ютерної системи „Діагност-1” [5] за латентним періодом простої та складної зорово-моторної реакції, часом моторної реакції та часом центральної обробки інформації, коефіцієнтом варіації латентного періоду.

Крім того, досліджували вегетативну регуляцію за статистичним аналізом варіабельності ритму серця. Для цього використовували комп'ютерну систему «Кардіо+». Показники вегетативної регуляції кардіоінтервалів визначали за результатами спектрального аналізу.

Результати обробляли статистично за допомогою програмного пакета Statgraphics 5.1 (“Manugistics”, Inc.). У зв'язку з тим, що обстежувана вибірка не підлягає нормальному розподілу за показниками, які вивчали, було застосовано методи непараметричної статистики за допомогою критерію знакових рангових сум Вілкоксона [9]. Для демонстрації розподілу результатів використовували інтерквартильний розмах, вказуючи на перший (нижній, 25 % перцентиль) і третій (верхній, 75 %) квартилі.

Для визначення інтегрального критерію психофізіологічного стану у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової

діяльності було застосовано аналіз кількісної оцінки інформації. Визначали максимальну ентропію (за Shannon [13]) як максимально можливу дезорганізацію системи:

$$H_m = \log n, \quad (1)$$

де  $H_m$  – максимальна ентропія;  $n$  – число станів системи.

Число станів системи в умовах переробки зорової інформації визначали за кількістю перероблених стимулів і максимально можливими варіантами вирішення одного інформаційного стимулу [10]. За деяким моментом часу при фіксації інших умов (конфігурація жорстких зв'язків, порогів), можна встановити стан усіх елементів. Під фіксацією умов мають на увазі виділення лише основних факторів, які впливають на зміни відповідної функціональної системи. Для системи регуляції ритму серця – це насамперед інтегральне відображення варіабельності (розмаху) кардіоінтервалів відносно середнього значення вибірки. У разі сприйняття та переробки інформації як основного фактора впливу на зміни функціональної системи може бути застосований латентний час реакції відповідно до кількості перероблених подразників.

Число станів важко піддається точному кількісному розрахунку. Однак введення спрощених припущень дає змогу розраховувати рівень складності для структурних елементів відповідної функціональної системи. Системи, які ми розглядаємо (переробка інформації та регуляція ритму серця) є дискретними. Тому для визначення станів системи може бути використано значення дискретизації відповідних показників: латентного часу реакції та дисперсії кардіоінтервалів.

У разі функціональної переробки інформації стан системи визначали одиницею обсягу перероблених зорових подразників:

$$n = \text{Lat} / 30 \quad (2)$$

де:  $\text{Lat}$  – латентний час реакції, мс; 30 – кіль-

кість перероблених зорових подразників.

Для вегетативної регуляції ритму серця стан системи визначали за відношенням варіаційного розмаху до середньоквадратичного відхилення кардіоінтервалів:

$$n = \Delta RR / \sigma \quad (3)$$

де:  $\Delta RR$  – варіаційний розмах кардіоінтервалів ( $RR_{\max} - RR_{\min}$ ), с;  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення кардіоінтервалів, с.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Слід відмітити відмінності у сенсомоторних реакцій між двома групами спортсменів (табл. 1). У всіх обстежених не виявлено достовірної різниці латентного періоду простої зорово-моторної реакції. Однак час моторної реакції був вищим у осіб із середнім рівнем адаптації до м'язової діяльності. Це свідчить про кращі можливості моторної ланки сенсомоторного реагування у людей із високим рівнем адаптаційних можливостей. Одночасно спостерігаються також більш точні значен-

ня простої сенсомоторної реакції в цій групі обстежених, на що вказує знижений коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції ( $P < 0,05$ ).

За показниками складної сенсомоторної реакції нижчі значення виявилися в осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності. Аналіз двох компонентів складної сенсомоторної реакції: часу моторної реакції та часу центральної обробки інформації свідчить про більш уповільнені реакції у обстежених із середнім рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності. Отримані результати говорять про поліпшення можливостей сприйняття та переробки інформації при підвищенні рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності внаслідок активації моторної та центральної ланки сенсомоторних реакцій.

Практично за всіма показниками вегетативної регуляції ритму серця між групами обстежених виявляються достовірні різниці (табл. 2). Встановлено, що у осіб із високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності значення моди  $RR$ -інтервалів

Таблиця 1. Сенсомоторні реакції у спортсменів з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній кuartиль)

Показник	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий (n=27)	Середній (n=24)
Латентний період простої зорово-моторної реакції, мс	278,21 (246,75; 312)	246,14 (229,8; 286,44)
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції, %	21,12 (16,47; 29)	30,12* (24,33; 36,49)
Час моторної реакції, мс	114,215 (99,62; 142)	189,62* (164,84; 228,46)
Латентний період складної зорово-моторної реакції вибору двох із трьох подразників, мс	428,33 (388,61; 482)	447,47* (413,98; 492,68)
Коефіцієнт варіації складної зорово-моторної реакції, %	15,26 (12,86; 19)	16,95 (16,49; 20,88)
Час моторної реакції, мс	121 (108,32; 146)	204,42* (188,16; 232,97)
Час центральної обробки інформації, мс	146,57 (127,86; 185)	201,17* (177,47; 220,02)

Примітка. Тут і в табл. 2 і 3: \*  $P < 0,05$  порівняно із групою з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності; n – кількість спортсменів.

**Таблиця 2. Вегетативна регуляція ритму серця у спортсменів з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній квартиль)**

Показник	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий (n=27)	Середній (n=24)
Середня тривалість RR- інтервалів, с	0,86 (0,74; 0,98)	0,94 (0,83; 1,08)
Середнє квадратичне відхилення RR- інтервалів, с	0,08 (0,05; 0,15)	0,05* (0,03; 0,07)
Мода RR- інтервалів, с	0,75 (0,65; 1)	0,94* (0,79; 1,06)
Амплітуда моди RR- інтервалів, %	31,99 (24,84; 48,05)	11,5* (9; 15,4)
Варіаційний розмах RR- інтервалів, с	0,42 (0,25; 0,84)	0,25* (0,17; 0,38)
Індекс напруження, ум.од.	39,02 (21,07; 83,12)	81,60* (39,69; 183,00)

нижчі, ніж у групі осіб із середнім її рівнем. Більші значення середнього квадратичного відхилення та варіаційного розмаху у осіб із високим рівнем адаптації свідчить про посилення вагусного впливу на систему регуляції ритму серця. Знижені значення амплітуди моди RR-інтервалів у осіб, які мають середній рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності свідчить про послаблення симпатичного тону на систему регуляції ритму серця. Високі значення індексу напруження у осіб із середнім рівнем адаптації вказує на зниження ступеня централізації регуляторних механізмів ритму серця в умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності (P<0,05).

У табл. 3 представлено значення показників спектрального аналізу серцевого ритму обстежених. У спортсменів з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляються достовірно знижені значення як дуже низькочастотного спектра, так і низькочастотного. Це вказує на послаблення симпатичної активації вегетативної регуляції ритму серця при підвищенні рівня адаптації. Також зменшення значення високочастотного спектра ритму серця вказують на послаблення парасимпатичної активації системи вегетативної регуляції у осіб з високим рівнем адаптації. Зниження низькочастотного спектра у осіб з високим рівнем адаптації до фізичної діяльності узгоджується із динамікою

**Таблиця 3. Спектральний аналіз серцевого ритму у спортсменів з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній квартиль)**

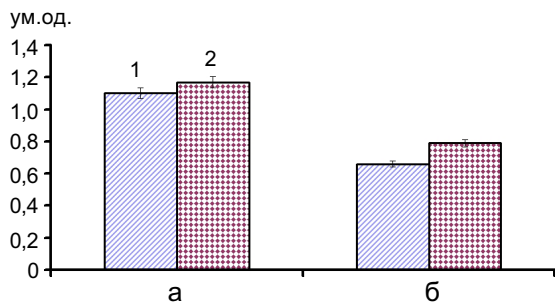
Показник	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий (n=27)	Середній (n=24)
Дуже низькочастотний спектр, мс <sup>2</sup> (VLF)	919 (431; 246)	1853 (681; 3190)
Низькочастотний спектр, мс <sup>2</sup> (LF)	1059 (521; 1759)	1983 (1547; 3090)
Високочастотний спектр, мс <sup>2</sup> (HF)	619,5 (434; 874)	932 (750; 1154)
Відношення LF/HF	1,83 (0,94; 3,74)	2,25 (1,37; 3,61)

відношення низько- до високочастотного компонентів.

Отримані результати свідчать про збалансованість механізмів вагусно-симпатичного тону у людини в умовах підвищення рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. При цьому спостерігається одночасне уповільнення активації симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи, що відображає результат адаптації.

Деякі автори доводять, що основним наслідком адаптації організму людини до напруженої м'язової діяльності є наявність механізму економізації функціонування фізіологічних систем [4, 6–8]. Зокрема, на рівні вегетативної регуляції він виявляється у послабленні симпатичного та посиленні вагусного впливу на систему регуляції ритму серця [1, 4]. Інакше кажучи, вказується на наявність автономізації системи вегетативної регуляції ритму серця. Однак у проведених дослідженнях виявлено ознаки послаблення як симпатичного, так і парасимпатичного тону на систему вегетативної регуляції ритму серця в умовах підвищення рівня адаптації. Для вивчення цього механізму нами було проведено математичне моделювання процесу адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Апріорі нами було визначено, що адаптація до напруженої м'язової діяльності є дискретною, складається з низки відпо-



Значення максимальної ентропії (Hm) системи переробки інформації (а) та системи вегетативної регуляції ритму серця (б) у осіб з високим (1) і середнім (2) рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності

відних фізіологічних і психофізіологічних станів організму людини. Психофізіологічний стан людини – являє собою цілісну інтегральну характеристику діяльності всіх елементів, які беруть участь у цьому психічному та психофізіологічному акті, це процеси регуляції, які забезпечують свідому діяльність людини [2].

На рисунку наведено значення максимальної ентропії (Hm) систем переробки інформації та вегетативної регуляції ритму серця у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Проведений інформаційний аналіз свідчить, що психофізіологічний стан у осіб з високим рівнем адаптації характеризується більш детермінованим характером організації як системи переробки інформації, так і системи вегетативної регуляції ритму серця.

Однак порівняно між собою, за показником ентропії, регуляція ритму серця є більш детермінованою до системи сприйняття та переробки інформації.

## ВИСНОВКИ

1. В умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності спостерігається зростання можливостей сприйняття та переробки зорової інформації у людини за рахунок моторної та центральної ланки сенсомоторної реакції.

2. У осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляється збалансованість механізмів вагусно-симпатичного тону системи вегетативної регуляції ритму серця.

3. Психофізіологічний стан у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризується наявністю більш детермінованого характеру організації системи переробки інформації та вегетативною регуляцією ритму серця порівняно із особами з середнім рівнем адаптивних можливостей.

**A.K. Dudnik, G.V. Korobeynikov, V. Yagello**

**PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES  
IN HUMANS WITH DIFFERENT LEVELS  
OF ADAPTATION TO MUSCULAR ACTIVITY**

The influence of straight muscular activity to peculiarities of forming of psychophysiological states in humans has been studied. Two groups of sportsmen with different levels of adaptation to muscular activity were investigated. The first group composed of the sportsmen with higher level of adaptation to muscular activity (27 members of Ukrainian national team of Greco-Roman wrestling, aged 18-26), the second group contained the sportsmen with the average level of adaptation to muscular activity (24 sportsmen, average qualification, student of specialty gymnasium, aged 18-26). The results showed that psychophysiological states in humans with higher adaptation level to muscular activity are characterized by more determined organization of information processing system and heart rate regulation compared to humans with simple adaptation level. In addition, in sportsmen who have higher level of adaptation to intensive muscular activity the balance with vagus-sympathetic tonus mechanisms of vegetative regulation of heart rate is showed.

*State Research Scientific Institute of Physical Culture and Sport, Kyiv, Ukraine;*

*Gdansk Academy of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland*

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Баевский Р.М. Классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестн. РАМН СССР. – 1989. – № 8. – С. 73–78.
2. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. – СПб: Питер, 2005. – 412 с.
3. Коробейников Г.В. Психофизиологические механизмы умственной деятельности человека. – К.: Укр. фітосоціол. центр, 2002. – 123 с.
4. Коробейников Г.В. Физиологические механизмы мобилизации функциональных резервов организма человека при напряженной мышечной деятельности // Физиология человека. – 1995. – 21, № 3. – С. 81–86.
5. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Комп'ютерна система «Діагност-1» для визначення нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності // Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі / Матеріали симпоз. – Черкаси, 2003. – С. 60.
6. Мищенко В.С., Лысенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной мышечной деятельности. – К.: Наук. світ, 2007. – 351 с.
7. Павлик А.И. Эффективность соревновательной деятельности велосипедистов высокой квалификации в зависимости от уровня функциональной подготовленности // Наука в олимп. спорте. – 2002. – № 3–4. – С. 127–134.
8. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. – К.: Олимп. лит-ра, 1997. – 583 с.
9. Реброва О.Ю. Описание процедуры и результатов статистического анализа медицинских данных в научных публикациях // Междунар. журн. мед. практики. – 2000. – № 4. – С. 43–46.
10. Brisswalter J.B., Collardeau M., Arcelin R. Effects of acute physical exercise on cognitive performance // Sports Med. – 2002. – №32. – P. 555–566.
11. Collardeau M., Brisswalter J.B., Vercauysen F. et al. Single and choice reaction time during prolonged exercise in trained subjects: influence of carbohydrate availability // Eur. J. Appl. Physiol. – 2001. – 86. – P. 150–156.
12. Drummond M.J., Vehrs P.R. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption // J. Strength. Cond Res. – 2005. – №19(2). – P. 332–337.
13. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell. System. Tech. J. – 1948. – 27. – P. 379.
14. Van der Molen M.W. Energetics and the reaction process: Running threads through experimental psychology: Handbook of perception and action / Eds. O. Neumann and A.F. Sanders. – 1996. – 3. – P. 229–276.

*Держ. наук.-дослід. ін-т фіз. культури і спорту, Київ;  
Гданська академія фіз. виховання і спорту, Польща  
E-mail: george651@mail.ru*

*Матеріал надійшов до  
редакції 24.11.2008*