

УДК 796.072.2

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЛЮДИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІВНЯ АДАПТОВАНOSTІ ДО НАПРУЖЕНОЇ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Г.В. Коробейніков, О.К. Дудник
george651@mail.ru

Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту

Вивчався вплив напруженої м'язової діяльності на особливості формування психофізіологічних станів людини. Виявлено, що психофізіологічний стан у досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризується наявністю більш детермінованого характеру організації системи переробки інформації і системи вегетативної регуляції ритму серця, порівняно з особами середнього рівня адаптивності.

Ключові слова: психофізіологічний стан, напружена м'язова діяльність, інформаційний аналіз, система переробки інформації, система регуляції ритму серця

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АДАПТИВНОСТИ К НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Г.В. Коробейников, А.К. Дудник

Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта

Изучалось влияние напряженной мышечной деятельности на особенности формирования психофизиологических состояний человека. Выявлено, что психофизиологическое состояние у обследуемых с высоким уровнем адаптации к напряженной мышечной деятельности характеризуется наличием более детерминированного характера организации системы переработки информации и системы вегетативной регуляции ритма сердца по сравнению с лицами среднего уровня адаптивности.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние, напряженная мышечная деятельность, информационный анализ, система переработки информации, система регуляции ритма сердца

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF HUMAN PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES WITH RELATION OF ADAPTATION LEVEL TO STRAIN MUSCULAR ACTIVITY

G.V. Korobeynikov, A.K. Dudnik

State research scientific institute of physical culture and sport

The influence of strain muscular activity to forming of human psychophysiological states was studied. The results are showed that psychophysiological states in human with higher adaptation level to strain muscular activity are characterized of more determined organization of information processing system and system of heart rate regulation for concerning of human with simple adaptation level.

Key words: psychophysiological states, strain muscular activity, informational analysis, information processing system, system of heart rate regulation

Вступ. Фізична діяльність людини характеризується активним залученням різних м'язових груп у формування рухових функцій і системи позитивного пристосувального результату [1,2]. Умовою будь-якого виду фізичної діяльності є фізичне навантаження. В умовах різних видів екстремальної фізичної діяльності, зокре-

ма сучасної спортивної діяльності, виявляється, що потужним керуючим впливом на ефективність виконуваної роботи є стан психоемоційної сфери людини [3,4].

Враховуючи, що провідною ланкою формування психоемоційних реакцій в умовах екстремальних видів діяльності людини є саме нейродинамічні та

психофізіологічні функції, слід очікувати 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 складається з різних складових. Сучасний професійний та олімпійський спорт, як з один з різновидів екстремальних видів діяльності людини, характеризується високою інтенсивністю фізичних навантажень, підвищеними вимогами до системи вегетативного енергозабезпечення, координаційних здібностей та психоемоційного настрою [5,6].

Аналіз сучасних досліджень в галузі фізіології спорту та спортивної медицини свідчить що більшість робіт присвячених спортивній тематиці стосуються окремих характеристик функціонального стану спортсменів в різних умовах тренувальної та змагальної діяльності [2,6,7].

Однак, на нашу думку, серед багатьох досліджень відсутні інтегральні критерії функціонального, і, зокрема, психофізіологічного стану спортсменів за результатами комплексної оцінки.

Метою роботи було вивчення зв'язку між рівнем психофізіологічного стану людини та ступенем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Матеріали і методи дослідження. Для вивчення особливостей формування функціональної організації психофізіологічних станів людини в умовах напруженої м'язової діяльності було досліджено дві групи спортсменів з різним ступенем рівня адаптації до фізичних навантажень.

Перша група – з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності: 27 спортсмени високої

кваліфікації, членів збірної команди України з греко-римської боротьби, віком 18-25 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 16-22 років.

Психофізіологічний стан оцінювався за допомогою комп'ютерної системи „Діагност -1” [8], за показниками латентного періоду простої та складної зорово-моторної реакції, часу моторної реакції та часу центральної обробки інформації, коефіцієнту варіації латентного часу реакції.

Крім того, досліджувалась вегетативна регуляція за показниками статистичного аналізу варіабельності ритму серця. Для цієї мети використовувалась комп'ютерна система «Кардіо+». Реєструвались параметри вегетативної регуляції кардіоінтервалів за результатами спектрального аналізу.

Статистичний аналіз проводився за допомогою програмного пакету Statgraphics 5.1 (Manugistics, Inc.). У зв'язку із тим, що обстежувана вибірка не підпадає під нормальний розподіл за показниками які вивчалися, було застосовано методи непараметричної статистики за допомогою критерію знакових рангових сум Вілкоксона [9]. Для демонстрації розподілу даних використовували інтерквартильний розмах, вказуючи першу квартиль (25% перцентиль) та третю квартиль (75%).

Результати досліджень та їх обговорення

В табл. 1 наведено результати сенсомоторних реакцій у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Таблиця 1. Значення сенсомоторних реакцій у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній квартиль)

Показники	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	246,135 229,8; 286,44
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції, %	21,12 16,47; 29	30,115* 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	447,465* 413,98; 492,68
Коефіцієнт варіації складної зорово-моторної реакції, %	15,26 12,86; 19	16,945 16,49; 20,88
Час моторної реакції, мс	121 108,32; 146	204,415* 188,16; 232,97
Час центральної обробки інформації, мс	146,57 127,86; 185	201,165* 177,47; 220,02

Примітка: *- $p < 0,05$, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Аналіз табл. 1 свідчить про наявність відмінностей між параметрами сенсомоторних реакцій між двома групами досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності. За значеннями латентного періоду простої зорово-моторної реакції між дослідженими не виявлено достовірної різниці. Однак, за часом моторної реакції спостерігаються достовірно вищі значення у осіб із середнім рівнем адаптації до м'язової діяльності (табл. 1). Це свідчить про кращі можливості моторної ланки сенсомоторного реагування у групи людей із високим рівнем адаптаційних можливостей. Одночасно спостерігаються також кращі значення точності простої сенсомоторної реакції в цій групі обстежених, про що свідчать достовірно знижені значення коефіцієнту варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції (табл. 1).

За показниками складної сенсомоторної реакції кращі значення виявилися у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл. 1). Розгляд двох компонентів складної сенсомоторної реакції: час моторної реакції та час центральної обробки інформації свідчить про більш уповільнені реакції у обстежених із середнім рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності. Отримані результати свідчать про покращання можливостей сприйняття та переробки інформації при зростанні рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності, за рахунок активації моторної та центральної ланки сенсомоторних реакцій.

В табл. 2 представлено значення показників вегетативної регуляції ритму у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Таблиця 2. Значення показників вегетативної регуляції ритму серця у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній кuartиль)

Показники	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

Примітка: *- $p < 0,05$, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Аналіз табл. 2 свідчить, що практично за всіма показниками вегетативної регуляції ритму серця між групами обстежених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляються достовірні різниці. Встановлено, що у осіб із високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності значення моди RR-інтервалів достовірно нижче, ніж у групі осіб із середнім рівнем адаптації (табл. 2). Більші значення середнього квадратичного відхилення та варіаційного розмаху у осіб із високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності свідчить про посилення вагусного впливу на систему регуляції ритму серця (табл. 2). Достовірно знижені значення амплітуди моди RR-інтервалів у осіб, які мають середній рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності свідчать про послаблення симпатичного тону-

су на систему регуляції ритму серця (табл. 2). Достовірно високе значення індексу напруження у осіб із середнім рівнем адаптації вказує на пониження ступеня централізації регуляторних механізмів ритму серця в умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл.2).

В табл. 3 представлено значення показників спектрального аналізу серцевого ритму у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності. У досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляються достовірно знижені значення показників низькочастотного спектра, як VLF так і LF (табл. 3). Це вказує на послаблення симпатичної активації вегетативної регуляції ритму серця при зростанні рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. Достовірно знижені

Таблиця 3. Значення показників спектрального аналізу серцевого ритму у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній кuartиль)

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

Примітка: * - $p < 0,05$, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

значення високочастотного спектра ритму серця (HF) вказують на послаблення парасимпатичної активації системи вегетативної регуляції у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл. 3). Зниження параметрів низькочастотного спектра у осіб з високим рівнем адаптації до фізичної діяльності узгоджується із динамікою відношення низькочастотної до високочастотної (LH/HF).

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

У деяких роботах стверджується, що основним наслідком адаптації організму людини до напруженої м'язової діяльності є наявність механізму економізації функціонування фізіологічних систем [2,6,7,10]. Зокрема, на рівні вегетативної регуляції цей механізм виявляється у послабленні симпатичного та посиленні вагусного впливу на систему регуляції ритму серця [10,11]. Іншими словами, 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 зростання рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. Для вивчення даного механізму нами було проведено математичне моделювання процесу адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Апріорі нами було визначено, що процес адаптації до напруженої м'язової діяльності є дискретним, який складається з ряду відповідних фізіологічних та психофізіологічних станів організму людини. Психофізіо-

логічний стан людини – це цілісна інтегральна характеристика діяльності всіх елементів, які приймають участь у в даному психічному та психофізіологічному акті, це процеси регуляції, які забезпечують свідому діяльність людини [12]. Фактично, психофізіологічний стан є одним з випадків функціонального стану, точніше – функціональний стан психофізіологічних функцій.

Для визначення відповідного психофізіологічного стану у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності було застосовано аналіз кількісної оцінки інформації, як відображення психофізіологічного стану людини. Визначалася максимальна ентропія (за С. Shannon [13]), як максимально можлива дезорганізація системи:

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

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

Кількість станів системи в умовах переробки зорової інформації визначається кількістю перероблених стимулів і максимально можливою кількістю варіантів вирішення одного інформаційного стимулу [14]. Якщо розуміти під станом системи деякий момент часу при фіксації інших умов (конфігурація жорстких зв'язків, порогів) можна встановити стан усіх елементів. Число станів важко піддається точному кількісному розрахунку. Однак, введення спрощених припущень дозволяє розраховувати кількісні значення складності для структурних елементів відповідної функціональної системи. Системи, які ми розглядаємо (система переробки інформації та система регуляції ритму серця) є дискретними. Тому, для визначення станів системи може бути використано значення дискретизації відповідних показників: латентного часу реакції та дисперсії кардіоінтервалів.

У випадку функціональної системи переробки інформації стан системи за одиницю обсягу перероблених зорових подразників:

$$n = Lat / 30 \quad (2)$$

де: *Lat* – латентний час реакції, мс;

30 – кількість перероблених зорових подразників.

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

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

де: ΔRR – варіаційний розмах кардіоінтервалів ($RR_{max} - RR_{min}$), с;

σ – середньоквадратичне відхилення кардіоінтервалів, с.

Відповідно, до формули, максимальна ентропія визначається:

$$Hm = \log n, \quad (4)$$

де: *Hm* – максимальна ентропія.

На рис. 1 наведено значення максимальної ентропії (*Hm*) системи переробки інформації та системи 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 до напруженої м'язової діяльності характеризується

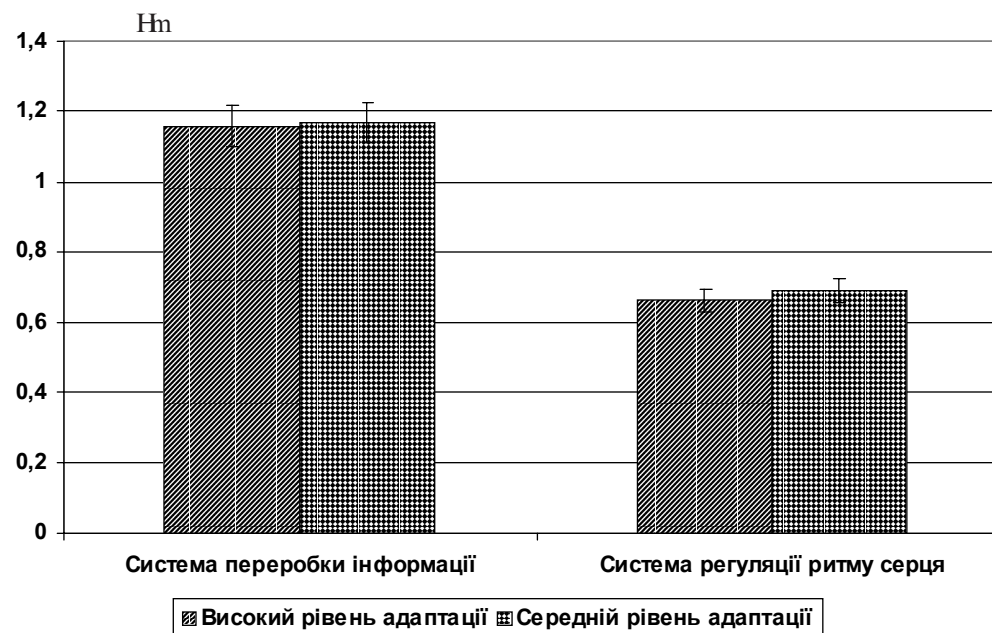


Рис. 1. Значення максимальної ентропії (*Hm*) системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

зується наявністю більш детермінованого характеру організації як системи переробки інформації так і системи вегетативної регуляції ритму серця.

Однак, порівняно між собою, система регуляції ритму серця є більш детермінованою до системи сприйняття та переробки інформації.

Висновки. 1. В умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності спостерігається зростання можливостей системи 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 спостерігається 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 системи вегетативної регуляції ритму серця порівняно із особами середнього рівня адаптивних можливостей.

Література

1. Drummond, M. J., P. R. Vehrs, et al. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption // *J Strength Cond Res.* – 2005. – №19(2). – P. 332-3377.

2. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. - К.: Олимпийская литература, 1997. - 583 с.

3. Brisswalter, J. B., Collardeau, M., & Arcelin, R. Effects of

- acute physical exercise on cognitive performance // *Sports Medicine*. – 2002. – №32. – P. 555-566.
4. Van der Molen, M. W. (1996). Energetics and the reaction process: Running threads through experimental psychology. // *Handbook of perception and action* / Eds. O. Neumann & A. F. Sanders, vol. 3: Attention. – P. 229-276.
5. Collardeau, M., Brisswalter, J. B., Vercauysen, F., Audiffren, M., Goubault, V. Single and choice reaction time during prolonged exercise in trained subjects: influence of carbohydrate availability // *European Journal of Applied Physiology* 2001. – 86. – P. 150-156.
6. Павлик А.И. Эффективность соревновательной деятельности велосипедистов высокой квалификации в зависимости от уровня функциональной подготовленности // *Наука в олимпийском спорте*. 2002. - № 3-4. - С. 127-134.
7. Мищенко В.С., Лысенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной мышечной деятельности. – К.: Науковий світ, 2007. - 351 с.
8. Макаренко Н.В. Теоретические основы и методики профессионального психофизиологического отбора военных специалистов. – К.: НИИ проблем военной медицины Украинской военно-медицинской академии, 1996. - 336 с.
9. Реброва О.Ю. Описание процедуры и результатов статистического анализа медицинских данных в научных публикациях // *Международный журнал медицинской практики*. – 2000. – № 4. – С. 43-46.
10. Коробейников Г.В. Физиологические механизмы мобилизации функциональных резервов организма человека при напряженной мышечной деятельности // *Физиология человека*. - 1995. - Т. 21, N 3. - С. 81-86.
11. Баевский Р.М. Классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // *Вестник РАМН СССР*. - 1989. N 8. - С. 73-78.
12. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. - Санкт-Петербург: Питер, 2005. – 412 с.
13. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // *Bell System Tech. J.* - 1948. - 27. - P. 379.
14. Коробейников Г.В. Психофизиологические механизмы умственной деятельности человека. - К.: Український фітосоціологічний центр, 2002. - 123 с.