

Клінічні дослідження

УДК 616-008.3/5:351.814.2.001.5

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОБОЧОГО СТАНУ У ОПЕРАТОРІВ СЛУЖБИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

К. О. Анихтін

ДУ «Інститут медицини праці АМН України», Україна

В статті наведено результати дослідження функціонального робочого стану (ФРС) операторів служби керування повітряним рухом за ритмокардіографічними показниками. Було показано, що у авіадиспетчерів ФРС характеризувався більш високою питомою активністю симпатичної барорефлекторної регуляції, а у інженерів-електроніків превалювала питома активність підкоркових симпатичних ерготропних центрів. У авіадиспетчерів спостерігався більш виражений зсув вегетативного балансу у бік симпатикотонії, що свідчить про більш високий рівень нервово-емоційного напруження, ніж у інженерів-електроніків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: функціональний робочий стан, варіабельність серцевого ритму, оператори служби керування повітряним рухом

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

К. А. Аныхтин

ГУ «Институт медицины труда АМН Украины», Украина

В статье представлены результаты исследования функционального рабочего состояния (ФРС) операторов службы управления воздушным движением по ритмокардиографическим показателям. Показано, что у авиадиспетчеров ФРС характеризовалось более высокой удельной активностью симпатической барорефлекторной регуляции, а у инженеров-электронщиков превалировала удельная активность подкорковых симпатических эрготропных центров. У авиадиспетчеров отмечался более выраженный сдвиг вегетативного баланса в сторону симпатикотонии, что свидетельствует о наличии более высокого уровня нервно-эмоционального напряжения, чем у инженеров-электронщиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функциональное рабочее состояние, вариабельность сердечного ритма, операторы службы управления воздушным движением

PECULIARITIES OF FUNCTIONAL WORKING STATE IN OPERATORS OF AIR TRAFFIC CONTROL SERVICE

К. А. Аныхтин

State institution «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine», Ukraine

This article is devoted to functional working state exploration by HRV – measuring in operators of air traffic control service. It was established a prevalence of partial sympathetic baroreflexive activity in air traffic controllers. Engineering personnel was characterised by prevalence of partial activity of subcortical sympathetic ergotropic centres. There was shown more expressed shift to sympathotony and higher level of neuro-emotional tension in air traffic controllers, than in engineering personnel.

KEY WORDS: functional working state, heart rate variability, operators of air traffic control service

Задача збереження нормального функціонального стану працюючої людини передбачає своєчасну діагностику відхилень його параметрів від оптимальних значень та корекцію. Серед засобів комплексної оцінки функціонального робочого стану організму

людини важливе місце посідає метод математичного аналізу варіабельності серцевого ритму [1–4]. Вказаний метод дає змогу оцінити активність різних рівнів вегетативної нейрогуморальної регуляції, що має широкое використання при оцінці нервово-

емоційного напруження [5– 7]. Велике практичне значення має питання вивчення ритмокардіографічних характеристик функціональних станів втоми, перевтоми, нервово-емоційного напруження, десинхронозу, що розвиваються у процесі трудової діяльності працівників операторських професій з високою напруженістю праці, до яких, зокрема, належать оператори служби керування повітряним рухом.

За даними гігієнічних досліджень умов праці [8] праця авіадиспетчерів оцінюється як напружена, клас 3.2, а праця інженерів-електроніків – як напружена, клас 3.1. Для фізіології праці є цікавим питання співставлення гігієнічної оцінки напруженості праці за зовнішніми критеріями умов праці з оцінкою фізіологічної вартості роботи за величиною нервово-емоційного напруження.

Робота виконана в рамках НДР «Дослідити закономірності формування хронічної втоми за психофізіологічними показниками і розробити заходи щодо її профілактики при напруженій розумовій праці», ВК.35.04, державний реєстраційний № 0104U003080; 2004–2006 рр. та НДР «Фізіолого-гігієнічні дослідження впливу умов і характеру праці на функціональний стан і працездатність інженерно-технічних працівників радіотехнічного забезпечення керування повітряним рухом» № 7.1-344 від 1 липня 2004 р.

Метою дослідження була порівняльна оцінка функціонального робочого стану авіадиспетчерів та інженерів-електроніків за ритмокардіографічними показниками.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єкт дослідження

1. Оператори служби контролю повітряного руху ДП «Украерорух» (авіадиспетчери), 23 особи чоловічої статі, середній вік яких становив ($M \pm m$) $37,96 \pm 1,91$ р., які працювали в ранковій зміні (з 8:00 до 14:00). Середній стаж роботи за фахом в обраній групі авіадиспетчерів становив $14,66 \pm 1,80$ р.

2. Інженери-електроніки служби електронного та радіотехнічного забезпечення та зв'язку ДП «Украерорух» (інженери-електроніки), 26 осіб чоловічої статі, середній вік яких становив ($M \pm m$) $38,42 \pm 2,09$, які працювали в денній зміні (з 8:00 до 20:00). Середній стаж роботи за фахом в обраній групі інженерів-електроніків становив $15,93 \pm 2,10$ р.

3. Контрольна група, яка складалась з 28 клінічно здорових осіб чоловічої статі, які на момент дослідження не були зайняті напруженою розумовою працею, середній вік $33,57 \pm 1,76$ р.

Методи дослідження

План дослідження передбачав проведення холтерівського моніторування ЕКГ авіадиспетчерам та інженерам-електронікам впродовж усієї робочої зміни без відриву від виробничого процесу. Особи контрольної групи досліджувалися у стані спокою, в положенні сидячи. Холтерівське електрокардіографічне моніторування з аналізом варіабельності серцевого ритму (ВСР) проводилось за допомогою програмно-апаратного комплексу холтерівського моніторування ЕКГ «Cardio Sens» виробництва «ХАІ-медика», м. Харків. Варіабельність серцевого ритму у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків оцінювалася за 5-хвилинні проміжки часу, на початку робочої зміни, у середині робочої зміни (через 4 години після початку) та у кінці робочої зміни. У осіб контрольної групи ВСР визначалась за 5-хвилинний проміжок часу, в стані спокою, у положенні сидячи.

Для аналізу ВСР було використано наступні показники [9, 2, 7]:

mRR, мс – середня тривалість RR-інтервалу;

TP, мс² – загальна спектральна потужність;

VLF, мс² – спектральна потужність в діапазоні дуже низьких частот;

LF, мс² – спектральна потужність в діапазоні низьких частот;

HF, мс² – спектральна потужність в діапазоні високих частот;

VLFn, % – нормалізована за сумою (VLF + LF + HF) спектральна потужність в діапазоні дуже низьких частот;

LFn, % – нормалізована за сумою (VLF + LF + HF) спектральна потужність в діапазоні низьких частот;

HFn, % – нормалізована за сумою (VLF + LF + HF) спектральна потужність в діапазоні високих частот;

LF norm, % – нормалізована за сумою (LF + HF) спектральна потужність в діапазоні низьких частот.

Статистична обробка результатів дослідження здійснювалась за допомогою програми Statistica 7.0. Було обраховано середні значення показників ВСР (M) та похибки середніх величин (m). Для порівняння середньогрупових значень величин було застосовано t-критерій Ст'юдента та U-критерій Мана-Уїтні.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Показник mRR у авіадиспетчерів не відрізнявся від контрольної групи на всіх етапах робочої зміни (табл. 1).

Показник mRR ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	777 ± 19	785 ± 23	807 ± 29	p > 0,1	p > 0,1
середина		777 ± 24	781 ± 23	p > 0,1	p > 0,1
кінець		789 ± 23	846 ± 28*	p > 0,1	p > 0,1

Примітка:

- * – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;
 ** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;
 *** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

У інженерів-електроніків показник mRR на початку та в середині робочої зміни не відрізнявся від контрольної групи, а у кінці робочої зміни – був вищим відносно контролю, а також відносно початку та середини зміни. Цей факт свідчить про зниження енергетичного рівня функціонування у інженерів-електроніків у кінці робочої зміни і може бути розцінений як прояв втоми.

Величина загального адаптаційного потенціалу нейрогуморальної вегетативної регуляції (за показником TP) у авіадиспетчерів на початку зміни перевищує контрольне значення (табл. 2). В середині зміни вона достовірно знижується, не відрізняючись при цьому від контролю. У інженерів-електроніків величина загального адаптацій-

ного потенціалу нейрогуморальної вегетативної регуляції не відрізняється від контролю на всіх етапах робочої зміни. У кінці зміни вона є нижчою, ніж у середині зміни.

Потужність дуже повільної регуляції (за показником VLF), яка характеризує активність підкіркових симпатичних ерготропних центрів та систем гуморальної регуляції, у авіадиспетчерів на початку зміни перевищує контрольне значення (табл. 3). При цьому у середині та в кінці зміни вона знижується і не відрізняється від контролю. У інженерів-електроніків потужність дуже повільної регуляції на початку та в середині зміни перевищує контрольне значення. При цьому в кінці зміни вона не відрізняється від контролю.

Показник TP ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	2493 ± 302	4002 ± 462**	3414 ± 577	p > 0,1	p > 0,1
середина		2910 ± 340	3402 ± 384	p > 0,1	p > 0,1
кінець		3317 ± 392	3314 ± 705	p > 0,1	p > 0,1

Примітка:

- * – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;
 ** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;
 *** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Показник VLF ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	1004 ± 129	2080 ± 375**	1842 ± 366*	p > 0,1	p > 0,1
середина		1216 ± 173	1567 ± 226*	p > 0,1	p > 0,1
кінець		1184 ± 192	1590 ± 408	p > 0,1	p > 0,1

Примітка:

- * – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;
 ** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;
 *** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Потужність повільної, барорефлекторної регуляції (за показником LF) у авіадиспетчерів на початку та в кінці зміни перевищує контрольне значення, в середині зміни – не відрізняється від контролю (табл. 4). В ін-

женерів-електроніків потужність повільної, барорефлекторної регуляції на всіх етапах робочої зміни не відрізняється від контролю, при цьому в середині зміни її значення є вищим, ніж на початку та у кінці зміни.

Таблиця 4

Показник LF ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	1100 ± 154	1573 ± 168*	1166 ± 182	$p > 0,1$	$0,01 < p < 0,05$
середина		1414 ± 183	1473 ± 182	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		1790 ± 207**	1233 ± 257	$p > 0,1$	$0,01 < p < 0,05$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Потужність швидкої, парасимпатичної регуляції (за показником HF) в авіадиспетчерів та в інженерів-електроніків не відрізняється від контролю на всіх етапах робочої зміни (табл. 5).

Питома активність підкіркових симпатичних ерготропних центрів та систем гуморальної регуляції (за показником VLFn) у авіадиспетчерів на початку та в середині зміни

не відрізняється від контролю, а у кінці зміни знижується і стає нижчою за контрольне значення, а також нижчою, порівняно з початком зміни (табл. 6). У інженерів-електроніків показник VLFn на усіх етапах робочої зміни не відрізняється від контролю. У авіадиспетчерів у кінці робочої зміни показник VLFn є нижчим, ніж в інженерів-електроніків.

Таблиця 5

Показник HF ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	388 ± 81	349 ± 62	406 ± 108	$p > 0,1$	$p > 0,1$
середина		280 ± 43	362 ± 131	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		342 ± 49	490 ± 108	$p > 0,1$	$p > 0,1$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Таблиця 6

Показник VLFn ($M \pm m$) в авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	42,80 ± 2,81	47,91 ± 3,70	49,54 ± 3,67	$p > 0,1$	$p > 0,1$
середина		40,62 ± 2,90	45,07 ± 3,87	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		34,37 ± 2,49***	46,01 ± 3,82	$0,01 < p < 0,05$	$0,01 < p < 0,05$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Питома потужність повільної, барорефлекторної регуляції (за показником LFn) в авіадиспетчерів на початку та в середині зміни не відрізняється від контролю, а в кінці зміни – перевищує контрольне значення та стає вищою, порівняно з початком зміни (табл. 7). У інженерів-електроніків показник LFn на усіх етапах робочої зміни не відрізняється від контролю. У авіадиспетчерів в кінці робочої зміни показник LFn є вищим, ніж в інженерів-електроніків.

Питома потужність швидкої, парасимпатичної регуляції (за показником HFn) в авіадиспетчерів на початку робочої зміни є нижчою за контрольне значення, в середині

та у кінці зміни – не відрізняється від контролю (табл. 8).

У інженерів-електроніків показник HFn в середині робочої зміни є нижчим за контрольне значення, на початку та у кінці зміни – не відрізняється від контролю. При цьому у середині зміни значення HFn є нижчим, ніж на початку та у кінці зміни. У авіадиспетчерів у кінці робочої зміни показник HFn є нижчим, ніж в інженерів-електроніків, на рівні значущості, близькому до достовірного ($0,01 < p < 0,05$).

Показник LF потг в авіадиспетчерів на всіх етапах робочої зміни перевищує контрольні значення (табл. 9).

Таблиця 7

Показник LFn ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	42,52 ± 2,42	43,00 ± 3,30	39,23 ± 3,43	$p > 0,1$	$p > 0,1$
середина		49,39 ± 2,56	46,25 ± 3,61	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		55,15 ± 2,45***	38,44 ± 3,25	$0,0001 < p < 0,001$	$0,0001 < p < 0,001$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Таблиця 8

Показник HFn ($M \pm m$) у авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Дост. відм. сер. величин між групами авіадиспетчерів та інж.-електроніків	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	14,68 ± 1,98	9,10 ± 1,15*	11,23 ± 1,27	$p > 0,1$	$p > 0,1$
середина		9,99 ± 1,11	8,68 ± 1,50*	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		10,48 ± 1,04	15,55 ± 2,02	$0,01 < p < 0,05$	$p > 0,1$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

Таблиця 9

Показник LF потг ($M \pm m$) в авіадиспетчерів та інженерів-електроніків

Періоди зміни	Досліджувані групи			Достовірність відмінностей середніх величин (між групами авіадиспетчерів та інженерів-електроніків)	
	Контроль	Авіадиспетчери	Інженери-електроніки	<i>t</i>	<i>U</i>
початок	75,27 ± 2,73	82,49 ± 1,88*	76,36 ± 2,44	$0,05 < p < 0,1$	$0,05 < p < 0,1$
середина		83,25 ± 1,75*	83,92 ± 2,23*	$p > 0,1$	$p > 0,1$
кінець		83,84 ± 1,49*	71,23 ± 2,97	$0,0001 < p < 0,001$	$0,001 < p < 0,01$

Примітка:

* – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,01 < p < 0,05$;

** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,001 < p < 0,01$;

*** – достовірність відмінностей з контрольною групою на рівні $0,0001 < p < 0,001$.

У інженерів-електроніків LF norm у середині робочої зміни перевищує контрольне значення, на початку та в кінці зміни – не відрізняється від контролю; відмічається внутрішньозмінна динаміка показника: у середині зміни він є вищим, ніж на початку, а в кінці зміни – нижчим, порівняно з початком та серединою зміни. Показник LF norm у авіадиспетчерів є вищим, ніж в інженерів-електроніків, на початку зміни – на рівні, близькому до достовірного ($0,05 < p < 0,1$) у кінці зміни – на достовірному рівні ($0,0001 < p < 0,001$).

Таким чином, при однакових енергетичних рівнях функціонування серцево-судинної системи та при однакових величинах загального адаптаційного потенціалу вегетативної нейрогуморальної регуляції, у авіадиспетчерів на різних етапах робочої зміни, порівняно з інженерами-електроніками, переважає активність повільної системи регуляції, зсув вегетативного балансу в бік симпатикотонії.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз ВСР дає змогу констатувати в групі авіадиспетчерів висо-

кий рівень нервово-емоційного напруження впродовж усієї робочої зміни, на відміну від інженерів-електроніків, в яких зсув вегетативного балансу у бік симпатикотонії, та відповідно, високе нервово-емоційне напруження спостерігалися тільки у середині зміни.

2. Характерною особливістю ритмокардіографічного патерну в авіадиспетчерів є переважання активності повільної, барорефлекторної, системи регуляції, а у інженерів-електроніків – дуже повільної системи регуляції, пов'язаної з активністю підкіркових симпатичних ерготропних центрів.

3. Оцінка напруженості праці авіадиспетчерів та інженерів-електроніків за зовнішніми ергономічними критеріями «Гігієнічної класифікацією праці...» [10] праці не суперечить оцінці напруженості їх функціонального робочого стану за показниками вегетативної нейрогуморальної регуляції: більш високому класу напруженості відповідає більш високий рівень нервово-емоційної напруги, та відповідно, більш висока фізіологічна вартість роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 221 с.
2. Ильин В. Н. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / В. Н. Ильин, Л. М. Батырбекова, М. Х. Курданова, Х. А. Курданов. – Москва, Ставрополь : «Сервисшкола», 2003. – 80 с.
3. Коркушко О. В. Анализ variability ритма сердца в клинической практике. Возрастные аспекты / О. В. Коркушко, А. В. Писарук, В. Б. Шатило, В. Ю. Лишневская, Н. Д. Чеботарев, Ю. Н. Погорельский. – Киев : «Алкон». – 2002. – 191 с.
4. Михайлов В. М. Variability сердечного ритма. Опыт практического применения / В. М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
5. Данилова Н. Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка / Н. Н. Данилова // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 14. Психология. – № 2. – 1995. – С. 14–28.
6. Навакатикян А. О. Математический анализ сердечного ритма при выполнении работ различной напряженности / А. О. Навакатикян, А. П. Капшук и др. // Математические методы планирования исследований, анализа данных и прогнозирования в гигиене. – Киев : Здоров'я. – 1977. – С. 34–41.
7. Яблчанский Н. И. Основы практического применения неинвазивной технологии исследования регуляторных систем человека / Н. И. Яблчанский, А. В. Мартыненко, А. С. Исаева. – Харьков : «Основа». – 2000. – 88 с.
8. Пишнов Г. Ю. Професіографічний аналіз праці авіадиспетчера та інженера радіонавігації, радіолокації і зв'язку / Г. Ю. Пишнов, В. Б. Ластовченко // Актуальные проблемы транспортной медицины. – № 2 (12). – 2008. – С. 44–50.
9. Heart rate variability. Standart of measurement, physiological, and clinical use. Task Force of European Society of cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology // Eur. Heart J. – 1996. – № 17. – P. 354–381.
10. Гигиеническая классификация труда (по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса) / Министерство здравоохранения СССР. – Москва, 1986. – 11 с.