ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА ТА БІОЛОГІЯ

DOI 10.31718/2077-1096.20.2.108

УДК (616.1+616.8):615.825-053.81

Боряк Х.Р.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ РЕАКЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ТА ВЕГЕТАТИВНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ НА ФІЗИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ У ОСІБ З РІЗНОЮ МАСОЮ ТІЛА

Українська медична стоматологічна академія, м. Полтава

Стрімке зростання кількості осіб з підвищеною масою тіла і ожирінням становить значну загрозу здоров'ю населення світу всіх вікових груп. Ожиріння здатне викликати стан хронічного запалення низької інтенсивності, що лежить в основі захворювань, зокрема, серцево-судинної системи. Метою дослідження стало визначення зв'язку реакції серцево-судинної системи та стану вегетативної нервової системи на дозоване фізичне навантаження у молодих осіб із нормальною і підвищеною масою тіла. Проведені антропометричні вимірювання 84 осіб обох статей 18-25 років. За індексом маси тіла (ІМТ) визначені групи: контрольна по 22 особи (ІМТ 18,50-24,99 кг/м²), група з підвищеною масою тіла по 20 осіб обох статей (ІМТ 25,00-29,99 кг/м²). Стан серцево-судинної системи оцінювали за частотою серцевих скорочень, систолічному і діастолічному артеріальному тиску, вегетативної нервової системи - за індексом Кердо. Показники оцінювали до та відразу після проби з дозованим фізичним навантаженням. Дані оброблені статистично. За результатами дослідження визначено нормотонічний тип реакції на фізичне навантаження в обох досліджуваних групах, але у осіб з підвищеною масою тіла обох статей показники серцево-судинної системи були достовірно більшими порівняно з контрольною групою. Після проби на фізичне навантаження у чоловіків і жінок з підвищеною масою тіла виявлена виражена симпатикотонія ($\geq +31$). Індекс Кердо у осіб чоловічої статі з підвищеною масою тіла на 29,65%, жіночої статі на 19,01% був більшим порівняно особами з нормальною масою тіла ($p < 0,05$). Зроблено висновок, що у осіб з підвищеною масою тіла після фізичного навантаження відмічається домінування симпатичних впливів. Кореляційні зв'язки між антропометричними показниками, показниками серцево-судинної системи та індексом Кердо після фізичного навантаження у осіб з підвищеною масою тіла свідчать про порушення процесів відновлення балансу вегетативної нервової системи.

Ключові слова: індекс маси тіла, підвищена маса тіла, серцево-судинна система, вегетативна нервова система.

Робота виконана в рамках планової науково-дослідної роботи Української медичної стоматологічної академії «Комплексне дослідження патогенетичної ролі субпопуляцій М1 та М2 макрофагів в розвитку хронічного обструктивного захворювання легень для розробки та обґрунтування персоналізованої терапії з врахуванням маси тіла», 2017-2019 рр., № державної реєстрації 0117U005252.

Вступ

Глобальна поширеність підвищеної маси тіла і ожиріння, що розпочалась близько 40 років тому, продовжує зростати, що становить все більшу загрозу здоров'ю населення по всьому світі практично у всіх вікових групах [1, 2].

Основними причинами пандемії ожиріння найчастіше виділяють два чинники, пов'язані із змінами способу життя. Перший - надмірне споживання харчових продуктів, що є результатом економічного прогресу та технологій маркетингу харчових продуктів, а саме невідповідно великі розміри порцій та значна кількість висококалорійних фастфудів із високим рівнем рафінованих жирів. Сучасний раціон містить багато легкозасвоюваних вуглеводів та недостатню кількість поживних речовин необхідних для нормального функціонування організму. Другий чинник - зни-

ження фізичних навантажень, починаючи з дитячого віку, зменшення шкільних занять фізичною культурою та малорухомий спосіб життя сучасних поколінь, що теж пов'язують з економічним і технологічним прогресом [3, 4, 5].

На сьогоднішній день підвищення маси тіла, що в подальшому призводить до ожиріння, розглядається як стан хронічного латентного запалення, адже під час відкладання надлишкової жирової тканини в організмі збільшується синтез запальних цитокінів: інтерлейкіну-6 (IL-6), фактора некрозу пухлин альфа (TNF- α), інгібітора активатора плазміногену-1 та реактивних форм кисню, а також ектопічного осадження ліпідів у печінці або скелетних м'язах, включаються процеси поляризації макрофагів із підвищенням субпопуляції «прозапальних» макрофагів М1. Внаслідок підвищення маси тіла та ожиріння виникає хронічне запалення низької інтенсивності,

що не пов'язане з будь-якими інфекціями [5, 6, 7]. Це має особливе значення тому, що хронічне латентне запалення, пов'язане з ожирінням, поєднане з етіологією багатьох захворювань, зокрема, серцево-судинної системи [8].

Мета

Визначення зв'язку реакції серцево-судинної системи та стану вегетативної нервової системи на дозоване фізичне навантаження у молодих осіб із нормальною і підвищеною масою тіла.

Матеріали і методи

У дослідженні взяли участь 84 особи жіночої та чоловічої статі віком від 18 до 25 років. Кожний учасник дослідження підписав інформовану згоду на участь у дослідженні. Робота проведена у відповідності із дозволом комісії з біоетики Української медичної стоматологічної академії. Критерієм включення у дослідження була інформація про відсутність у респондентів соматичної патології. Дані анамнезу обстежених осіб були внесені у карту спостережень.

Проведено визначення антропометричних показників: зросту, маси тіла, окружності талії (ОТ) та стегон (ОС), співвідношення окружності талії до окружності стегон ОТ/ОС [9]. Вимірювання маси тіла проводилось за допомогою медичних вагів вранці натщесерце. Обхват талії та стегон вимірювали сантиметровою стрічкою відповідно на рівні пупка та клубового гребінця, визначення зросту проводилось за допомогою ростоміра. Для визначення індексу маси тіла (ІМТ) використовували формулу: маса тіла (кг)/зріст (m^2) [10].

Розподіл по групах проведений відповідно до значення ІМТ: контрольну групу склали 22 чоловіки та 22 жінки з ІМТ 18,50-24,99 kg/m^2 , групу з підвищеною масою тіла склали 20 чоловіків та 20 жінок з ІМТ 25,00-29,99 kg/m^2 .

За допомогою каліперометрії визначені пока-

зники товщини шкірних складок [9] та розрахований відсоток жирової маси тіла (% ЖМТ) за сумою трьох складок (S3) [11].

Для визначення типу реакцій серцево-судинної системи на дозоване фізичне навантаження проведена проба Мартіне-Кушелевського [12]. Визначали частоту серцевих скорочень (ЧСС) за 1 хвилину та показники систолічного (САТ) та діастолічного артеріального тиску (ДАТ) аускультативним методом за Коротковим С.Н. [12]. Дослідження було проведено в стані спокою і після проби в перші 10 секунд відновлення.

Для оцінки стану вегетативно-нервової системи (ВНС), який вираховується з параметрів кровообігу та дозволяє реєструвати відносно малі зміни вегетативної активності, було застосовано визначення вегетативного індексу Кердо (V.I.) за формулою $V.I. = (1 - d/p) \times 100$, де d/p - співвідношення діастолічного тиску (d) та частоти серцевих скорочень (p) [13].

Для статистичної обробки результатів використано програмний пакет STATISTICA 10.0 (StatSoft Inc., USA). Визначено середнє арифметичне (M) та його похибка (m). Для визначення статистичної достовірності застосовано t -критерій Ст'юдента. Для оцінки зв'язку величин проведено кореляційний аналіз за Спірменом. Статистично достовірними дані вважались при $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

На першому етапі було проведено визначення антропометричних показників у досліджуваних осіб обох груп. Було виявлено збільшення наступних показників: маси тіла на 26,85%, ІМТ на 25,13%, ОТ на 17,52%, ОС на 11,65%, співвідношення ОТ/ОС на 5,0% у чоловіків з підвищеною масою тіла порівняно з контрольною групою (Табл. 1).

Таблиця 1
Показники антропометричних досліджень ($M \pm m$)

Показники	Чоловіки		Жінки	
	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20
Вік, роки	19,50 $\pm$ 0,34	19,93 $\pm$ 0,44	19,27 $\pm$ 0,32	19,25 $\pm$ 0,34
Зріст, м	1,77 $\pm$ 0,01	1,78 $\pm$ 0,01	1,69 $\pm$ 0,01	1,67 $\pm$ 0,01
Маса тіла, кг	68,31 $\pm$ 1,71	86,65 $\pm$ 1,24*	62,09 $\pm$ 1,00	76,70 $\pm$ 1,60*
ІМТ, kg/m^2	21,65 $\pm$ 0,32	27,09 $\pm$ 0,28*	21,71 $\pm$ 0,19	27,28 $\pm$ 0,23*
ОТ, см	75,90 $\pm$ 1,19	89,20 $\pm$ 0,83*	69,90 $\pm$ 0,70	81,55 $\pm$ 0,93*
ОС, см	94,18 $\pm$ 0,95	105,15 $\pm$ 0,92*	96,59 $\pm$ 1,00	107,80 $\pm$ 0,97*
Співвідношення ОТ/ОС	0,80 $\pm$ 0,01	0,84 $\pm$ 0,01*	0,72 $\pm$ 0,01	0,75 $\pm$ 0,01

Примітка: * - $p < 0,05$ у порівнянні з особами з нормальною масою тіла.

У жінок з підвищеною масою тіла також було виявлено збільшення показників маси тіла на 23,53%, ІМТ на 25,66%, ОТ на 16,67%, ОС на 11,60% порівняно з даними контрольної групи

(Табл. 1).

ІМТ який використовується для оцінки підвищеної маси тіла та ожиріння серед дорослих, корелює з вмістом жирової тканини [14]. Для ви-

значення відсотку жирової маси тіла нами було використано метод каліперометрії [11]. Визначено, що у осіб чоловічої статі з підвищеною масою тіла % ЖМТ був вище на 93,73%, у жінок із підвищеною масою тіла на 37,26 % вище порівняно з особами контрольної групи ($p < 0,05$).

У чоловіків з підвищеною масою тіла у результаті аналізу отриманих даних про роботу серцево-судинної системи у стані спокою було визначене достовірне підвищення ЧСС на 14,43 %, САТ на 12,86%, ДАТ на 7,77% порівняно з чоловіками з нормальною масою тіла (Табл. 2).

Після проби з фізичним навантаженням у чоловіків з нормальною масою тіла були отримані наступні показники роботи серцево-судинної системи: збільшення ЧСС на 43,45%, САТ на 10,62% порівняно з показниками в стані спокою (Табл. 2). У чоловіків з підвищеною масою тіла після проби показники ЧСС на 54,48%, САТ на

12,89% були більшими порівняно з показниками серцево-судинної системи в стані спокою.

При порівнянні показників серцево-судинної системи після проби виявлено, що у чоловіків з підвищеною масою тіла ЧСС на 23,23%, САТ на 15,18%, ДАТ на 13,33% після проби були більшими порівняно з чоловіками з нормальною масою тіла (табл. 2).

У жінок з підвищеною масою тіла показник ЧСС в стані спокою на 9,34% був достовірно більшим порівняно з жінками з нормальною масою тіла (табл. 3).

Після проби з фізичним навантаженням отримані наступні результати показників серцево-судинної системи серед жінок з нормальною масою тіла: ЧСС на 38,12%, САТ на 9,46% були достовірно більшими у порівнянні з відповідними показниками в стані спокою (табл. 3).

Таблиця 2
Показники роботи серцево-судинної системи осіб чоловічої статі ($M \pm m$)

Показники	Чоловіки	
	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20
ЧСС в спокої, хв^{-1}	67,68 $\pm$ 1,02	77,45 $\pm$ 5,31*
ЧСС після проби, хв^{-1}	97,09 $\pm$ 2,29**	119,65 $\pm$ 10,11*,**
САТ в спокої, мм рт.ст.	104,77 $\pm$ 1,75	118,25 $\pm$ 12,27*
САТ після проби, мм рт.ст.	115,90 $\pm$ 1,66**	133,50 $\pm$ 10,52*,**
ДАТ в спокої, мм рт.ст.	67,27 $\pm$ 1,34	72,50 $\pm$ 8,50*
ДАТ після проби, мм рт.ст.	67,72 $\pm$ 1,46	76,75 $\pm$ 8,31*

Примітка: у таблицях 2-3 * - $p < 0,05$ у порівнянні з особами з нормальною масою тіла,

** - $p < 0,05$ у порівнянні з показниками серцево-судинної системи в стані спокою.

Таблиця 3
Показники роботи серцево-судинної системи осіб жіночої статі ($M \pm m$)

Показники	Жінки	
	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20
ЧСС в спокої, хв^{-1}	67,13 $\pm$ 1,14	73,4 $\pm$ 1,50*
ЧСС після проби, хв^{-1}	92,72 $\pm$ 1,24**	110,35 $\pm$ 2,69*,**
САТ в спокої, мм рт.ст.	100,90 $\pm$ 1,85	105,75 $\pm$ 2,21
САТ після проби, мм рт.ст.	110,45 $\pm$ 1,91**	121,75 $\pm$ 2,18*,**
ДАТ в спокої, мм рт.ст.	64,09 $\pm$ 1,07	67 $\pm$ 1,46
ДАТ після проби, мм рт.ст.	65,68 $\pm$ 1,05	71,5 $\pm$ 1,40

Таблиця 4
Показники вегетативного індекса Кердо ($M \pm m$)

Показники	Чоловіки	
	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20
Індекс Кердо в спокої, у.о.	0,07 $\pm$ 2,62	6,43 $\pm$ 1,87*
Індекс Кердо після проби, у.о.	29,49 $\pm$ 2,20**	35,58 $\pm$ 7,40*,**
	Жінки	
	з нормальною масою тіла n=22	з підвищеною масою тіла n=20
Індекс Кердо в спокої, у.о.	4,05 $\pm$ 2,06	8,12 $\pm$ 2,44
Індекс Кердо після проби, у.о.	28,98 $\pm$ 1,28**	34,49 $\pm$ 2,04*,**

Примітка: * - $p < 0,05$ у порівнянні з особами з нормальною масою тіла,

** - $p < 0,05$ у порівнянні з показниками індекса Кердо в стані спокою.

У жінок з підвищеною масою тіла після проби ЧСС на 50,34%, САТ на 15,13% були більшими порівняно з показниками серцево-судинної системи в стані спокою ($p < 0,05$). При порівнянні з жінками з нормальною масою тіла виявлено, що ЧСС після проби на 19,01%, САТ після проби на

10,23% були більшими у жінок з підвищеною масою тіла ($p < 0,05$) (табл. 3).

За результатами підрахунку вегетативного індекса Кердо встановлено, що у чоловіків і жінок з нормальною і підвищеною масою тіла в стані спокою виявлено врівноваженість симпа-

тичних і парасимпатичних впливів (від -15 до $+15$) (табл. 4).

Після проби на дозоване фізичне навантаження у чоловіків і жінок з підвищеною масою тіла виявлена виражена симпатикотонія ($\geq +31$). Індекс Кердо у чоловіків з підвищеною масою тіла на $29,65\%$ був більшим порівняно з чоловіками з нормальною масою ($p < 0,05$). У жінок з підвищеною масою тіла індекс Кердо після проби на $19,01\%$ був більшим, ніж у жінок з нормальною масою тіла ($p < 0,05$) (Табл. 4).

Проведений кореляційний аналіз визначив наявність взаємозв'язків антропометричних показників із показниками серцево-судинної системи осіб з нормальною і підвищеною масою тіла.

У осіб чоловічої статі з нормальною масою тіла визначено формування позитивних кореляційних зв'язків середньої сили між масою тіла і ДАТ в спокої ($r = 0,488$, $p < 0,05$), ІМТ і ДАТ в спокої ($r = 0,501$, $p < 0,05$), ОТ і ЧСС після проби ($r = 0,558$, $p < 0,05$), % ЖМТ і ЧСС в спокої ($r = 0,483$, $p < 0,05$), % ЖМТ і ЧСС після проби ($r = 0,430$, $p < 0,05$).

У жінок з нормальною масою тіла визначено формування позитивних кореляційних зв'язків середньої сили між зростом і САТ в спокої ($r = 0,479$, $p < 0,05$), зростом і САТ після проби ($r = 0,611$, $p < 0,05$), зростом і ДАТ після проби ($r = 0,488$, $p < 0,05$), а також негативний кореляційний зв'язок між зростом та індексом Кердо після проби ($r = -0,553$, $p < 0,05$). Виявлено кореляційні зв'язки між масою тіла і САТ після проби ($r = 0,523$, $p < 0,05$), ІМТ і ЧСС після проби ($r = 0,620$, $p < 0,05$), ІМТ та індексом Кердо після проби ($r = 0,486$, $p < 0,05$).

У осіб чоловічої статі з підвищеною масою тіла виявлено негативні кореляційні зв'язки середньої сили між зростом і ЧСС в спокої ($r = -0,480$, $p < 0,05$), позитивні кореляційні зв'язки високої і середньої сили між ІМТ і ЧСС після проби ($r = 0,810$, $p < 0,05$), ІМТ та індексом Кердо після проби ($r = 0,494$, $p < 0,05$), ОТ і ЧСС після проби ($r = 0,516$, $p < 0,05$), ОС і ЧСС після проби ($r = 0,448$, $p < 0,05$).

У осіб жіночої статі з підвищеною масою тіла виявлено позитивні кореляційні зв'язки середньої сили між масою тіла і ЧСС після проби ($r = 0,547$, $p < 0,05$), масою тіла і індексом Кердо після проби ($r = 0,517$, $p < 0,05$), ІМТ і ЧСС в спокої ($r = 0,457$, $p < 0,05$), ІМТ і ЧСС після проби ($r = 0,713$, $p < 0,05$), ІМТ і САТ після проби ($r = 0,446$, $p < 0,05$), ІМТ і індексом Кердо після проби ($r = 0,540$, $p < 0,05$). Також виявлено позитивні кореляційні зв'язки середньої сили між показниками: ОТ і ЧСС після проби ($r = 0,577$, $p < 0,05$), ОТ і індексом Кердо в спокої ($r = 0,450$, $p < 0,05$), ОТ і індексом Кердо після проби ($r = 0,694$, $p < 0,05$), ОС і ЧСС в спокої ($r = 0,480$, $p < 0,05$), ОС і ЧСС після проби ($r = 0,599$, $p < 0,05$), ОС і індексом Кердо після проби ($r = 0,503$, $p < 0,05$).

Отримані дані свідчать про формування переважно позитивних кореляційних зв'язків між

антропометричними показниками, показниками серцево-судинної системи та вегетативної регуляції у чоловіків і жінок обох груп. У осіб з підвищеною масою тіла визначено формування більшої кількості кореляційних зв'язків високої і середньої сили у порівнянні з контрольною групою, особливо між ІМТ, показниками серцево-судинної системи та вегетативним індексом Кердо після проби.

Прямий кореляційний зв'язок між надлишковою масою тіла та показниками артеріального тиску був підтверджений ще у 1967 р. при ретроспективному аналізі даних дослідження Framingham Heart Study [15]. Дослідження свідчать про виникнення гіпертонічної хвороби у людей з підвищеною масою тіла і ожирінням, при яких відкладання надлишкової жирової тканини розподіляється в основному по лінії талії та стегон [1].

Прямий взаємозв'язок між збільшенням індексу маси тіла і поширеністю виникнення гіпертонічної хвороби існує як для чоловіків так і для жінок. Результати досліджень свідчать, що підвищення маси тіла на 5% збільшує ризик розвитку гіпертонічної хвороби на $20\text{--}30\%$ [16,17]. Отримані нами результати виявили достовірне підвищення показників серцево-судинної системи у осіб з підвищеною масою тіла, як в стані спокою, так і після дозованого фізичного навантаження у порівнянні з контрольною групою. Проба з дозованим фізичним навантаженням дозволила визначити нормотонічний тип реакцій в обох досліджуваних групах, але у осіб з підвищеною масою тіла обох статей показники ЧСС і САТ були достовірно більшими порівняно з контрольною групою.

Ожиріння і дисфункція ВНС має двосторонній зв'язок. Підвищення маси тіла викликає дисфункцію ВНС, яка може призводити до гемодинамічних та метаболічних змін. Внаслідок цього збільшуються серцево-судинні ризики при ожирінні, що призводить до гіпертонічної хвороби та інсулінорезистентності. З іншого боку, зміни ВНС можуть бути залучені до патогенезу ожиріння [18]. Серед чоловіків молодого віку проведені дослідження виявили залежність складових компонентів маси тіла від функціонального стану автономної регуляції. У дослідній групі чоловіків з ІМТ, який вказував на наявність ожиріння, відмічалось переважання симпатичного тону нервової системи [19]. Проведені дослідження серед жінок молодого віку, хворих на ожиріння також виявили появу вегетативного дисбалансу у бік ослаблення вагусного й домінування симпатичного тону, що було підтверджено при визначенні вегетативного індексу Кердо [20]. На думку авторів, ВНС відіграє головну роль у комплексній регуляції маси тіла, модулюючи сигнал ситості та енерговитрат. Таким чином, порушення регуляції ВНС може сприяти збільшенню маси тіла і навпаки, ожиріння може спровокувати зміни в симпатичній регуляції серцево-судинної

функції, сприяючи розвитку серцево-судинної патології [18].

Висновок

Отримані нами дані виявили, що у осіб з підвищеною масою тіла після дозованого фізичного навантаження відмічається домінування симпатичних впливів вегетативної нервової системи. Формування кореляційних зв'язків між антропометричними показниками, показниками серцево-судинної системи та індексом Кердо після фізичного навантаження у осіб з підвищеною масою тіла свідчать про порушення процесів відновлення балансу вегетативної нервової системи. Дані зміни в подальшому можуть призводити до стійкого підвищення частоти серцевих скорочень, артеріального тиску та розвитку гіпертонічної хвороби.

Література

- DeMarco VG, Aror AR, Sowers JR. The pathophysiology of hypertension in patients with obesity. *Nat Rev Endocrinol*. 2014 June;10(6):364–376. doi:10.1038/nrendo.2014.44.
- World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva: World Health Organization. 2000. 252 p.
- Keith SW. Putative contributors to the secular increase in obesity: exploring the roads less traveled. *Int J Obes (Lond)* 2006;30:1585–1594. doi:10.1038/sj.ijo.0803326.
- McAllister EJ. Ten putative contributors to the obesity epidemic. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2009;49:868–913. doi:10.1080/10408390903372599.
- Kaydashev I.P. Izmeneniye obraza zhizni, narusheniye energeticheskogo metabolizma i sistemnoye vospaleniye kak faktory razvitiya bolezney tsivilizatsii [Lifestyle changes, impaired energy metabolism and systemic inflammation as factors in the development of diseases of civilization]. *Ukr. med. Chasopis*. 2013;5(97):103–108. (Ukrainian).
- Kraakman MJ, Murphy AJ, Jandeleit-Dahm K, Kammoun HL. Macrophage polarization in obesity and type 2 diabetes: weighing down our understanding of macrophage function?. *Front Immunol*. 2014;5:1–6. doi:10.3389/fimmu.2014.00470.
- Mlinar B, Marc J. New insights into adipose tissue dysfunction in insulin resistance. *Clin Chem Lab Med*. 2011;49(12):1925–1935. doi:10.1515/CCLM.2011.697.
- Noto H, Goto A, Tsujimoto T, Osame K, Noda M. Latest insights into the risk of cancer in diabetes. *J Diabetes Investig*. 2013;4(3):225–232. doi:10.1111/jdi.12068.
- Martirosov EG., Nikolaiev DV, Rudniev SH. Tekhnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka. [Technologies and methods for determining the composition of the human body]. Moskva. Nauka; 2006. 248 p. (Russia).
- World Health Organization. Expert consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*. 2004; 363 (9403):157–163. [Internet]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14726171>.
- Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1980; 12(3): 175–182.
- Kalmykova Y. Metody doslidzhennya u fizychniy reabilitatsiyi: doslidzhennya fizychnoho rozvytku [Research Methods in Physical Rehabilitation: A Study of Physical Development]. Kharkiv. 2014. 104 p. (Ukrainian).
- Kérdő I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. *Acta neurovegetativa*. 1966; 29(2):250–268.
- Branca F, Nikogosian H, Lobstein T. Problema ozhyreniya v Evropeiskom rehyone VOZ y stratehiy ee resheniya. [The problem of obesity in the WHO European Region and the strategy for its solution]. *Vsemyrnaia orhanyzatsiya zdavookhraneniya*; 2009. 392 p.
- Kannel WB, Brand N, Skinner JJ, Jr, Dawber TR, McNamara PM. The relation of adiposity to blood pressure and development of hypertension The Framingham study. *Ann Intern Med*. 1967;67:48–59. doi:10.7326/0003-4819-67-1-48.
- Brown CD. Body mass index and the prevalence of hypertension and dyslipidemia. *Obes Res*. 2000;8:605–619. doi:10.1038/oby.2000.79.
- Droevold WB, Midthjell K, Nilsen TI, Holmen J. Change in body mass index and its impact on blood pressure: a prospective population study. *Int J Obes (Lond)* 2005;29:650–655. doi:10.1038/sj.ijo.0802944.
- Guarino D, Nannipieri M, Iervasi G, Taddei S, Bruno RM. The Role of the Autonomic Nervous System in the Pathophysiology of Obesity. *Front Physiol*. 2017;8:1–16. doi:10.3389/fphys.2017.00665.
- Kentesh OP, Nemesh MI, Palamarchuk OS. Zalezhnist' skladovykh komponentiv masy tila vid funktsional'noho stanu avtonomnoyi rehulyatsiyi u zdorovykh osib cholovichoyi stati molodoho viku [Dependence of the components of body from the functional state of autonomous regulation in healthy personality]. *Zdobutky klinichnoyi i eksperymental'noyi medytsyny*. 2018; 4:81–88. (Ukrainian).
- Kalmykova J, Kalmykov S, Colonel-Markov V, Reutska A. Zastosuvannya ta vplyv kompleksnoyi prohramy fizychnoy terapiyi na stan sertsevo-sudynnoyi ta vchetatyvnoyi nervovoyi system zhynok molodoho viku, khvorykh na alimentarne ozhyrennya [Application and influence of a complex program of physical therapy on the condition of the cardiovascular and autonomic nervous systems of young women with alimentary obesity]. *J Slobozhans'kyy naukovy-sportyvnyy visnyk*. 2018 October; 5(67): 22–27. (Ukrainian).

Реферат

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ У ЛИЦ С РАЗЛИЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Боряк К.Р.

Ключевые слова: индекс массы тела, повышенная масса тела, сердечно-сосудистая система, вегетативная нервная система.

Стремительный рост числа лиц с повышенной массой тела и ожирением составляет значительную угрозу здоровью населения мира всех возрастных групп. Ожирение способно вызвать состояние хронического воспаления низкой интенсивности, лежащего в основе заболеваний, в частности, сердечно-сосудистой системы.

Целью исследования стало определение связи реакции сердечно-сосудистой системы и состояния вегетативной нервной системы на дозированную физическую нагрузку у молодых лиц с нормальной и повышенной массой тела.

Проведены антропометрические измерения 84 человек обоего пола 18-25 лет. По индексу массы тела (ИМТ) определены группы: контрольная по 22 человека (ИМТ 18,50-24,99 кг/м²), группа с повышенной массой тела по 20 человек обоего пола (ИМТ 25,00-29,99 кг/м²). Состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по частоте сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, вегетативной нервной системы - по индексу Кердо. Показатели оценивали до и сразу после пробы с дозированной физической нагрузкой. Данные обработаны статистически.

По результатам исследования определен нормотонический тип реакции на физическую нагрузку в обеих исследуемых группах, но у лиц с повышенной массой тела обоих полов показатели сердечно-сосудистой системы были достоверно выше по сравнению с контрольной группой. После пробы на физическую нагрузку у мужчин и женщин с повышенной массой тела выявлена выраженная симпатикотония ($\geq + 31$). Индекс Кердо у лиц мужского пола с повышенной массой тела на 29,65%, женского

пола на 19,01% был больше по сравнению с лицами с нормальной массой тела ($p < 0,05$).

Сделан вывод, что у лиц с повышенной массой тела после физической нагрузки отмечается доминирование симпатических влияний. Корреляционные связи между антропометрическими показателями, показателями сердечно-сосудистой системы и индексом Кердо после физической нагрузки у лиц с повышенной массой тела свидетельствуют о нарушении процессов восстановления баланса вегетативной нервной системы.

Summary

RELATIONSHIP BETWEEN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AND THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM DURING THE PHYSICAL LOAD IN PERSONS WITH DIFFERENT BODY MASS

Boryak Kh.

Key words: body mass index, overweight, cardiovascular system, autonomic nervous system.

The rapid increase in the number of overweight and obese individuals poses a significant threat to the health of the world's population of all ages. Obesity is able to induce a condition of chronic low-intensity inflammation underlying the number of diseases, and, in particular, the diseases of the cardiovascular system. The aim of the study was to determine the relationship between the response of the cardiovascular system and the state of autonomic nervous system to graduated physical exercises in young adults with normal body weight and overweight. Anthropometric measurements of 84 individuals of both sexes aged 18-25 years were carried out. According to the body mass index (BMI), the following groups were defined: control group of 22 individuals (BMI 18,50-24,99 kg/m²), group with overweight individuals (n=20) of both sexes (BMI 25,00-29,99 kg/m²). The condition of the cardio-vascular system was evaluated by heart rate, systolic and diastolic blood pressure; the status of autonomic nervous system was assessed by the Kerdo index. Indicators were evaluated before and immediately after the graduated exercise test. Data obtained were processed statistically. According to the results of the study, the normotonic type by its response to the physical exercise was found out in both study groups, but the overweight individuals of both sexes demonstrated the cardiovascular indicators were significantly higher compared to the control group. Having finished the physical exercise tests, overweight men and women showed marked sympathicotonia ($\geq + 31$). The Kerdo's index in 29,65% of male and in 19,01% of female individuals was higher than in the individuals with normal body mass ($p < 0.05$). It can be concluded that the dominance of sympathetic influences is characteristic for overweight individuals after physical activity. Correlation between anthropometric, cardiovascular and Kerdo's index immediately following the physical exertion in overweight individuals indicate impaired autonomic nervous system balance restoration.