

УДК 796.412:616.1(045)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-59-68

Лук'янцева Галина Володимирівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

lukjantseva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8054-0108>

Бакуновський Олександр Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

alexandr.bakunovskiy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>

Пастухова Вікторія Анатоліївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

pastuhova_v@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>

Дроздовська Світлана Богданівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

sdrozдовska@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6211-5204>

Бабак Світлана Віталіївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

svitsvb@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-1394>

Ільїн Володимир Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

ilyin_nufvsu@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7140-0659>

Малюга Сергій Сергійович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

sergey.malyuga@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8833-3269>

ВПЛИВ СТАТО-ДИНАМІЧНИХ ВПРАВ НА ПАРАМЕТРИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПРИ ЗАНЯТТЯХ СИЛОВИМ ФІТНЕСОМ

Дана робота присвячена проблемі встановлення особливостей впливу стато-динамічних вправ на параметри функціонування серця і кровоносних судин в період швидкого відновлення після виконання фізичної роботи у осіб, які займаються силовим фітнесом. Встановлено, що система кровообігу нетренованих юнаків реагує на стато-динамічні вправи так само, як на м'язову роботу динамічного характеру, що може бути пов'язано з відсутністю гіпертрофії скелетних м'язів і неможливістю розвинути достатній рівень статичного тонічного зусилля. На протизагу цьому, реактивні зміни системи кровообігу юнаків, які займаються фітнесом, у відповідь на стато-динамічні вправи, в цілому співпадають з динамікою параметрів роботи серця і кровоносних судин у відповідь на статичну роботу – одразу після виконання вправ знижуються величини параметрів нагнітальної функції серця з подальшим компенсаторним їх зростанням. Таким чином, у юнаків, які практикують заняття силовим фітнесом, при виконанні стато-динамічних вправ зафіксовано прояви феномену статичних зусиль (т.зв. феномен Лінгарда).

Ключові слова: система кровообігу; серце; кровоносні судини; гемодинаміка; спорт.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Представлена робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри медико-біологічних дисциплін

Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Силовий фітнес як комплекс м'язових вправ з різними навантаженнями, спрямований на розвиток силових характеристик, фізичної витривалості, підвищення м'язового тону і збільшення м'язової маси [1, 2]. До арсеналу засобів сучасного силового фітнесу входять динамічні, статичні і стато-динамічні вправи [3, 4]. Втім, наразі найбільш широко відомими і тими, які найбільш часто застосовують для нарощування м'язової маси, є методики статичних і динамічних вправ [5, 6]. Але останнім часом, у практиці спорту вищих досягнень і у фітнесі, з метою підвищення рівня силових здібностей, стали широко використовуватися технології застосування стато-динамічного фізичного навантаження [7, 8].

При використанні стато-динамічних вправ, інтенсивність м'язового навантаження становить від 10 до 60% від повторюваного максимуму; вправи виконуються без повного розслаблення м'язів, до появи сильного больового відчуття. Відмінною рисою означеного режиму вправ, є спрямування на збільшення сили та витривалості в окисних м'язових волокнах. Програми тренувань в мікроциклах з використанням силових вправ динамічного, статичного і стато-динамічного характеру в різні дні мікроциклу дозволяють достовірно поліпшити швидко-силові можливості [9]. Суттєві фізіологічні відмінності між різними типами фізичних вправ визначають особливості перебігу реакцій на них у вісцеральних системах, в тому числі – відмінну динаміку гемодинамічної відповіді.

Наукових публікацій, присвячених дослідженню впливу стато-динамічних вправ на особливості перебігу змін у серцево-судинній системі в період швидкого відновлення після фізичного навантаження, в спеціальній літературі вкрай мало, що актуалізувало появу нашої роботи.

Мета. Встановлення особливостей впливу стато-динамічних вправ на параметри системи кровообігу в період швидкого відновлення у осіб, які займаються силовим фітнесом.

Матеріали та методи дослідження. Нами було обстежено 26 осіб чоловічої статі (20 р.) без шкідливих звичок, гострих захворювань або хронічної патології. З метою формування груп, застосовували пробу Мартіне. Згідно з отриманими результатами, для подальшої роботи відбирали лише осіб з нормотонічною реакцією системи кровообігу (24 особи). Для дослідження реакції системи кровообігу на стато-динамічні вправи, визначали максимальну станову силу, з застосуванням станового динамометра ДС-200. Обстежені юнаки були розподілені на 2 групи – нетреновані особи (група Н) і юнаки, які займаються силовим фітнесом (група Ф). Дослідження проведено згідно з біоетичними стандартами Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину (1977 р.), а також згідно з відповідними постановами ВООЗ та законами України. Моделювання стато-динамічних вправ (СДВ) проводили за допомогою станового динамометра наступним чином. Для забезпечення рівномірності динамічної складової м'язового силового зусилля прикріплювали до рукоятки станового динамометра складену вчетверо по довжині стрічку для фітнесу з дуже високим рівнем опору, (X-heavy) таким чином, щоб мати два вільні кінці довжиною по 11 см [10]. Обстежена особа, захоплювала обома кистями (захватом «в кулак») вільні кінці гумової стрічки, залишаючи по 5 – 6 см стрічки між власними кистями та рукояткою станового динамометра, потім, зігнувши руки в ліктьових суглобах під кутом 90°, приступала до виконання стато-динамічних вправ. Саме стато-динамічне навантаження тривало 20 секунд, і полягало в 20-разовому відтворенні силового м'язового зусилля, в діапазоні від 25% до 50% від максимальної станової сили, за рахунок плавних почергових рухів згинання і розгинання в поперековому відділі хребта, за відсутності рухів в попередньо зігнутих в ліктьових суглобах рук.

Перед СДВ і на 1-й, 2-й і 3-й хвилині після завершення вправ, у всіх юнаків підраховували частоту серцевих скорочень (ЧСС) пальпаторно на лівій сонній артерії. Одночасно з цим, в положенні стоячи, записували тетраполярну грудну реоплетизмограму за

допомогою комп'ютеризованого діагностичного комплексу «Кардіо+». Нагнітальну функцію серця і ЗПО ми аналізували за параметрами, нормованими до площі поверхні тіла обстежуваних (УІ, СІ), а не за абсолютними значеннями систолічного та серцевого викиду, з метою нівелювання антропометричних відмінностей між юнаками з різних груп. Проводили аналіз наступних параметрів гемодинаміки - частота серцевих скорочень (ЧСС), ударний об'єм крові (УО), ударний індекс (УІ), хвилинний об'єм крові (ХОК), серцевий індекс (СІ), індекс хвилинної роботи серця (ІХРС), індекс ударної роботи серця (ІУРС), об'ємна швидкість вигнання крові (ОШВ), питомий периферійний опір (ППО), загальний периферійний опір (ЗПО). Крім того, визначали показники функціонування кровоносних судин – дикротичний індекс (ДикрІн), діастолічний індекс (ДіастІн), тонус артерій великого калібру (ТАВК), тонус артерій середнього і малого калібру (ТАДСК), а також тонус артерій усіх калібрів (ТВА).

Статистичну обробку даних проведено за допомогою комп'ютерної програми IBM SPSS Statistics (версія 26). У зв'язку з тим, що в кожній з 12 осіб груп Н і Ф вимірювання усіх параметрів проводили тричі, відповідно, повторюваність вимірювання складала $n=36$. Це визначило використання при статистичній обробці одержаних показників параметричні методи оцінки.

Результати досліджень та їх обговорення. У таблиці 1 представлена динаміка змін роботи серця обстежених юнаків після стато-динамічних вправ, а також у періоді швидкого відновлення після них.

Як видно з таблиці 1, перед СДВ величина ЧСС у осіб групи Ф була на 4,9% менше ($p<0,05$), ніж у нетренованих осіб. Одразу після СНВ у юнаків всіх груп спостерігається радикально відмінні зміни ЧСС. У осіб з групи Ф відбувається початкове зниження ЧСС (на 5,1% одразу після СДН, ($p<0,05$), яке вже через 1 хв. змінюється компенсаторним зростанням цього параметру (на 6,7%, $p<0,05$) і подальшим прагненням до відновлення вихідного рівня ЧСС. В групі Н СДВ спричинили зростання ЧСС (на 6,6% одразу після СДН, $p<0,05$) з поступовим зниженням до стану спокою.

Таблиця 1

Динаміка параметрів роботи серця після стато-динамічних вправ, $\bar{x} \pm m$,
($n=36$ в кожній групі)

| Пара метр | Г р. | До СДВ | Одразу після СДВ | Через 1хв. після СДВ | Через 2 хв. після СДВ | Через 3 хв. після СДВ |
|---------------------------|------|------------|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ЧСС, уд/с | Н | 85,4±3,4 | 91,1±3,6* | 88,9±3,4 | 87,2±3,6 | 86,2±3,3 |
| | Ф | 81,2±1,53# | 77,0±1,2*# | 86,6±1,4*# | 84,4±1,1# | 81,9±0,4# |
| УО, мл | Н | 56,1±4,6 | 63,5±4,6* | 60,8±4,8* | 58,8±4,8 | 56,8±4,6 |
| | Ф | 68,2±2,0# | 64,2±1,7* | 78,2±1,5*# | 73,7±1,9*# | 69,5±1,6# |
| ХОК, л/хв | Н | 4,8±0,4 | 5,8±0,5^* | 5,4±0,5* | 5,1±0,5* | 4,9±0,5 |
| | Ф | 5,5±0,19# | 4,9±0,2*# | 6,8±0,2*# | 6,2±0,2*# | 5,7±0,2# |
| УІ, мл/м ² | Н | 28,6±5,0 | 32,4±5,4* | 30,9±5,2* | 29,9±5,2* | 28,9±5,1 |
| | Ф | 35,8±2,7# | 33,7±2,6* | 41,0±3,0*# | 38,7±2,5*# | 36,5±2,9# |
| СІ, л/хв/м ² | Н | 2,4±0,5 | 2,9±0,5* | 2,8±0,5#* | 2,6±0,5* | 2,5±0,5 |
| | Ф | 2,9±0,3# | 2,6±0,2*# | 3,6±0,3*# | 3,3±0,2*# | 2,9±0,3# |
| ІХРС, кг·м/м ² | Н | 3,1±0,8 | 4,2±0,7* | 3,8±0,7* | 3,5±0,6* | 3,2±0,5 |
| | Ф | 3,7±0,4# | 3,9±0,3*# | 5,1±0,4*# | 4,4±0,4*# | 3,9±0,4# |
| ІУРС, г*м/м ² | Н | 36,2±5,3 | 46,3±7,1* | 42,8±6,9* | 40,1±6,3* | 37,6±5,7 |
| | Ф | 45,9±4,3# | 50,6±3,7*# | 58,9±4,4*# | 52,5±4,1*# | 47,5±4,4# |
| ОШВ, мл/с | Н | 267,7±5,1 | 318,2±18,1* | 302,3±14,2* | 287,4±10,8* | 272,1±8,6 |
| | Ф | 293,1±7,1# | 275,3±6,6*# | 336,2±8,3*# | 319,3±7,2*# | 301,1±6,9# |
| ПЛШ, Вт | Н | 3,2±0,2 | 4,3±0,2* | 3,9±0,1* | 3,7±0,1* | 3,4±0,2 |
| | Ф | 3,6±0,2# | 3,9±0,1*# | 4,5±0,2*# | 4,1±0,2*# | 3,7±0,1# |

Примітки: * – різниця достовірна порівняно зі значенням вихідного стану власної групи ($p<0,05$); # – різниця достовірна зі значенням групи нетренованих осіб ($p<0,05$).

У стані перед СДВ величина УО у осіб з групи Ф складала $68,2 \pm 2,0$ мл, що на 21,62% ($p < 0,05$) більше, ніж в групі Н. СДВ по-різному впливають на характер змін УО у юнаків з різних груп. В групі Ф величина цього параметру спочатку знизилася на 5,9% ($p < 0,05$), в групі Н - зросла на 13,34% ($p < 0,05$) відповідно. Вже через 1 хв., після початкового зниження УО, у юнаків з групи Ф зареєстровано значне зростання УО – на 14,5% ($p < 0,05$), у нетренованих юнаків і цей час величина УО починає знижуватися (різниця з вихідним станом складає вже 8,5% ($p < 0,05$)). У подальші терміни відновлення у всіх юнаків відбувається поступове повернення величини УО до вихідного стану, але з різною ефективністю. Так, через 2 хв. після СДВ ступінь перевищення величини УО порівняно зі станом спокою складав 8,0% ($p < 0,05$) і 4,9% відповідно. Через 3 хв. після СДВ ступінь відмінності УО від стану спокою означена різниця з вихідним станом складала 1,85% і 1,25%.

Величина ХОК перед СДВ у осіб з групи Ф дорівнювала $5,5 \pm 0,2$ л/хв, що на 14,6% ($p < 0,05$) перевищує ХОК у нетренованих осіб. Відповідно до змін ЧСС і УО, спричинених СДВ, було зафіксовано динаміку величини ХОК – вправи спричинювали зростання ХОК в групі НТ (на 20,9% ($p < 0,05$) відповідно), в той час коли в групі ФТ величина ХОК одразу значно знизилася - на 10,7% ($p < 0,05$). Але вже через 1 хв. після СДВ динаміка ХОК знову радикально змінюється – в групі Н початкове зростання ХОК, зареєстроване одразу після СДВ, поступово знижується з намаганням повернення ХОК в стан спокою. На відміну від них, початкове зниження величини ХОК в групі Ф вже через 1 хв. після СДВ змінилося різким зростанням цього параметру на 22,2% ($p < 0,05$); на подальших термінах відновлення в цій групі відбувається поступове повернення величини ХОК до початкового стану. Подальші терміни спостереження характеризуються у всіх групах поступовим поверненням величини ХОК до вихідного стану.

Величина УІ в стані спокою перед СДВ становила в групі Ф $35,8 \pm 2,7$ мл/м², що на а також на 25,2% більше ($p < 0,05$), ніж у групі Н. СДВ спричиняють характер змін, притаманний динаміці вищеописаних параметрів (ЧСС, УО і ХОК). Так, величина УІ у осіб з груп Ф в цей термін знизилася на 5,4% ($p < 0,05$), у нетренованих осіб – зросла на 13,30% ($p < 0,05$) відповідно. Втім, вже через 1 хв. після СДВ динаміка змін УІ залежно від групи радикально змінюється і співпадає з тою, яку було зафіксовано щодо змін ЧСС, УО та ХОК на цьому терміні спостереження. А саме – в групі Н після початково зростання УІ, відбувається поступове його зниження, повернення до вихідного стану. У осіб з груп Ф на цьому терміні відновлення відбулася радикально інша зміна УІ – початкове зниження УІ, спричинене СДВ, через 1 хв. після їх припинення, призводить до зростання УІ – на 14,5% від вихідного рівня ($p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ у всіх обстежених осіб з різним ступенем вираженості зареєстрована одна і та сама тенденція – зниження величини УІ до значень стану спокою. Підводячи підсумок аналізу змін УІ після СДВ, варто зазначити, що серед представників усіх обстежених груп динаміка цього параметру характеризується тими самими тенденціями, що і зміни усіх описаних параметрів роботи серця.

Величина СІ юнаків з групи Ф у вихідному стані на 24,7% ($p < 0,05$) вищим за величину СІ нетренованих осіб. Динаміка змін СІ одразу після вправ в цілому нагадує таку щодо параметрів ЧСС, УО, ХОК і УІ, а саме – СДВ у групі Ф спричиняють зменшення величини СІ на 10,7% ($p < 0,05$), в той час як у нетренованих осіб він збільшується на 20,9% ($p < 0,05$). На подальших термінах відновлення динаміка змін СІ наступна – у юнаків з групи Ф вона значно зростає – на 21,9% ($p < 0,05$), у нетренованих осіб - зменшується (різниця зі станом спокою складає 13,1%, $p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ у всіх осіб зафіксовано зниження СІ порівняно з попереднім терміном відновлення - на 12,0% ($p < 0,05$) і 7,4% ($p < 0,05$) відповідно. Через 3 хв. після припинення СДВ в групах Ф і Н значення СІ перевищували стан спокою на 2,7% і на 2,4% відповідно.

Параметр ІХРС у вихідному стані у осіб з групи Ф перевищує значення індексу хвилинної роботи серця у осіб з групи Н на 19,4% ($p < 0,05$). Стато-динамічна м'язова робота призводить до статистично достовірного зростання величини ІХРС - на 36,4% і на 4,56% відповідно (усе – з $p < 0,05$). Через 1 хв. після припинення СДВ у динаміці ІХРС осіб різних

груп знов простежується протилежна тенденція – означений параметр в групі Н починає зменшуватися і відрізняється від стану спокою на 22,9% ($p < 0,05$). В той самий час, ІХРС в групі Ф, навпаки, потужно зростає – на 36,7% ($p < 0,05$). Вже через 2 хв. після СДВ величина ІХРС у всіх групах знижується, різниця з вихідним станом в групі НТ складає 13,23% ($p < 0,05$), в групі Ф - 18,77% ($p < 0,05$). Останній термін відновлення характеризується в групі Н відмінністю з вихідним станом на 4,5%, в групі Ф - на 4,3% відповідно.

Наступний параметр роботи серця – ІУРС, у вихідному стані в групі Ф на 26,8% ($p < 0,05$) перевищує значення ІУРС у юнаків групи Н. Характер змін ІУРС після впливу СДВ є схожим в усіх обстежених, втім, ступінь його реалізації суттєво відрізняється залежно від групи. Так, СДВ спричиняють збільшення ІУРС в групах Н і Ф на 27,9% і на 10,1% відповідно (в обох групах з $p < 0,05$). Вже через 1 хв. після припинення СДВ в осіб з групи Ф його величина продовжує зростати, різниця з вихідним станом складає вже 28,2% ($p < 0,05$), а в групі Н вона дорівнює 18,0% ($p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ величина ІУРС у юнаків всіх груп знижується, різниця за станом спокою на цьому терміні відновлення становить вже 10,8% і 14,2% відповідно, усе – з $p < 0,05$.

Параметр ОШВ у вихідному стані в групі Ф є більшим на 9,5% ($p < 0,05$) порівняно з групою Н. Динаміка змін ОШВ після СДВ характеризується радикально відмінними змінами залежно від групи. Так, одразу після вправ, у групі Н зафіксовано зростання ОШВ – на 18,9% ($p < 0,05$) порівняно з вихідним станом. На всіх подальших термінах відновлення в них відбувається поступове зниження ОШВ з прагненням до відновлення вихідного стану. На противагу цьому, у осіб з групи Ф одразу після СДВ величина ОШВ, навпаки, зменшується (на 6,1%, $p < 0,05$). Через 1 хв. після припинення вправ також відбуваються кардинально різні зміни ОШВ – в осіб з групи Ф відбувається статистично достовірне зростання на 14,7% ($p < 0,05$) після початкового зниження, у нетренованих осіб – поступове зниження. Через 2 хв. після СДВ у всіх юнаків простежується подальше зниження величини ОШВ (різниця з вихідним станом складає в групі ФТ 8,95% ($p < 0,05$), в групі Н - 7,4% ($p < 0,05$)). Через 3 хв. після припинення СДВ в групах Ф і Н величина цього параметру відрізнялася в них від стану спокою на 2,0% і на 1,7% відповідно.

У вихідному стані значення ПЛШ у юнаків, які займаються фітнесом, перевищує величину цього параметру в групі Н на 12,5% ($p < 0,05$). Одразу після СДВ зафіксовано зростання ПЛШ в групах Н і Ф - на 33,8% і на 9,93% відповідно, з $p < 0,05$ в обох групах. Через 1 хв. після припинення СДВ, динаміка змін ПЛШ суттєво відрізняється залежно від групи – у нетренованих осіб його величина починає знижуватися з тенденцією до відновлення початкового рівня. В той самий час, у осіб з групи Ф величина ПЛШ продовжує зростати і відмінність зі станом спокою становить вже 28,5% ($p < 0,05$). Через 2 хв. після припинення СДВ величина ПЛШ в групі Н продовжує знижуватися, а у осіб з групи Ф тільки розпочинається процес відновлення ПЛШ, ступінь відмінності зі станом спокою становить 15,3% ($p < 0,05$). Таким чином, максимального зростання величина ПЛШ в групі Ф досягає лише через 1 хв. після СДВ, на відміну від групи Н, в яких максимальне збільшення величини ПЛШ зареєстроване одразу після виконання вправ. Через 3 хв. після СДВ різниця ПЛШ по відношенню до вихідного стану складала в групах Н і Ф 4,1% і 3,4% відповідно.

У таблиці 2 представлена динаміка змін параметрів функціонування кровоносних судин у всіх обстежених юнаків до і після СДВ.

У вихідному стані в групі Ф ППО є 17,9% ($p < 0,05$) меншим за величину цього параметру в групі Н групи НТ ($38,5 \pm 6,7$ у.о.). СДВ в групі Н призводять до статистично достовірного зменшення ППО на 7,1% ($p < 0,05$), надалі цей показник поступово повертається до вихідного стану. Описана динаміка радикально відрізняється від змін ППО у групі Ф – одразу після СДВ в них зафіксовано суттєве зростання ППО – на 31,2% ($p < 0,05$), яке вже через 1 хв. змінюється на таке саме різке зменшення ППО нижче рівня вихідного стану – на 8,3% ($p < 0,05$) відповідно. Через 2 хв. і 3 хв. після СДВ у юнаків з групи Ф відбувається поступове повернення ППО до вихідного стану.

Таблиця 2

Зміна показників центральної гемодинаміки та функціонування кровоносних судин після стато-динамічних вправ, $\bar{x} \pm m$, (n=36 в кожній групі)

| Пара-метр | Г р. | До СДВ | Одразу після СДВ | Через 1хв. після СДВ | Через 2 хв. після СДВ | Через 3 хв. після СДВ |
|-----------------------------|------|--------------|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ППО, у.о. | Н | 38,5±6,7 | 35,8±6,3* | 36,9±6,8 | 37,8±6,6 | 38,5±6,7 |
| | Ф | 31,6±2,5# | 41,3±4,1*# | 29,0±2,4*# | 29,8±2,1*# | 31,2±2,5# |
| ЗПО, дин*с*см ⁻⁵ | Н | 1534,1±180,5 | 1425,7±134,8* | 1469,8±136,9 | 1507,2±161,1 | 1536,3±176,5 |
| | Ф | 1323,2±64,9# | 1724,0±66,1*# | 1213,1±35,7*# | 1247,4±56,2*# | 1305,8±41,06# |
| ДикрІн, % | Н | 60,4±1,3 | 56,5±1,9* | 57,9±1,5 | 58,9±1,5 | 60,2±1,4* |
| | Ф | 55,1±1,1# | 62,8±2,2*# | 51,9±0,9*# | 53,9±1,1# | 54,6±1,0 |
| ДіастІн, % | Н | 60,6±1,2 | 66,0±1,4* | 63,9±1,4* | 62,6±1,1 | 61,3±1,0 |
| | Ф | 55,4±1,0# | 60,5±1,2*# | 51,7±1,1*# | 54,4±0,8# | 55,1±0,9# |
| ТАВК, % | Н | 11,2±1,3 | 12,9±1,2* | 12,9±1,1* | 12,4±1,1* | 11,6±1,3 |
| | Ф | 9,1±0,5# | 10,5±0,8*# | 10,0±0,8*# | 9,6±0,7*# | 9,2±0,6# |
| ТАДСК, % | Н | 17,6±1,3 | 14,5±1,4* | 15,5±1,3* | 16,7±1,3* | 17,3±1,3 |
| | Ф | 13,5±0,7# | 17,3±0,9*# | 12,2±0,7*# | 12,8±0,7*# | 13,3±0,6# |
| ТВА, % | Н | 27,7±1,1 | 31,5±0,8* | 30,15±0,9* | 28,7±1,0 | 28,1±1,1 |
| | Ф | 22,9±1,2# | 27,1±1,5*# | 25,7±1,3*# | 24,3±1,3*# | 23,3±1,2# |

Примітки: * – різниця достовірна порівняно зі значенням вихідного стану власної групи ($p < 0,05$); # – різниця достовірна зі значенням групи нетренованих осіб ($p < 0,05$).

Аналогічною щодо змін ППО є тенденція коливань ЗПО, спричинена СДВ. У вихідному стані перед СДВ величина ЗПО нетренованих юнаків складає 1534,1±180,5 дин*с*см⁻⁵, що на 13,8% ($p < 0,05$) більше за величину ЗПО в групі Ф (1323,16±64,93 дин*с*см⁻⁵). СДВ призводять до абсолютно протилежних змін ЗПО у групах – одразу після припинення м'язової роботи в групі Н зафіксовано зниження ЗПО (на 7,1%, $p < 0,05$), натомість, у осіб з групи Ф під впливом СДВ відбулося потужне збільшення означеного показника – на 31,0% ($p < 0,05$). У подальші терміни відновлення після СДВ у нетренованих осіб величина ЗПО поступово повертається до вихідного стану. В той самий час, у юнаків з групи Ф початкове збільшення ЗПО змінюється радикально – вже через 1 хв. після СДВ величина ЗПО різко падає, при чому різниця з вихідним станом складає 8,3% ($p < 0,05$). У наступні терміни величина цього показника демонструє відновлення до значень вихідного рівня.

Дикротичний індекс в групі Н у вихідному стані становить 60,4±1,3%, що є меншим за значення ДикрІн у юнаків з групи Ф (55,07±1,11%, $p < 0,05$). Зміни ДикрІн одразу після СДВ характеризуються кардинально відмінними змінами у групах – у юнаків з групи Н величина ДикрІн одразу після СДВ знижується на 5,6% ($p < 0,05$), на відміну від осіб з групи Ф, в яких, навпаки, зафіксовано значне початкове зростання ДикрІн на 13,97% (з $p < 0,05$). На подальших термінах відновлення в групі Н фіксується поступове повернення ДикрІн до вихідного стану. На противагу змінам цьому, у юнаків з групи Ф, після початкового збільшення, вже через 1 хв. зафіксовано протилежні зміни - зниження ДикрІн нижче вихідного рівня на 5,8% ($p < 0,05$). Значення ДикрІн в групі Ф на подальших термінах свідчать про поступове повернення до стану спокою.

В стані перед СДВ наступний параметр центральної гемодинаміки – ДіастІн – у нетренованих осіб дорівнював 60,6±1,2%, що більше за величину цього параметру у юнаків з групи Ф (55,45±1,0%) на 6,6% ($p < 0,05$). Динаміка ДіастІн одразу після СДВ представлена зростанням цього параметру в усіх групах, але різною мірою – на 9,1% в групі Ф, на 8,9% - в групі Н (усе - з $p < 0,05$). Не дивлячись на однаковий характер коливань ДіастІн одразу після СДВ, вже через 1 хв. після вправ було зафіксовано різний характер подальших змін, а саме – в групі Ф відбулося зменшення цього параметру, нижче рівня вихідного стану (на 6,8%,

$p < 0,05$). В той самий час, у нетренованих осіб, збільшений ДіастІн починає плавно повертатись до вихідного стану.

Величина ТАВК в стані перед СДВ становила в групі Н $11,2 \pm 1,3\%$, що є статистично достовірно більшим за значення цього параметру у юнаків з групи Ф на $23,1\%$ ($p < 0,05$). Тонус артеріальних судин великого калібру одразу після СДВ змінюється неоднаково, а саме – у нетренованих знижується на $11,2\%$ ($p < 0,05$), а в осіб з групи Ф – зростає на $15,5\%$ ($p < 0,05$). Після початкового відхилення, спричиненого СДВ, величина ТАВК повертається до вихідних значень незалежно від напрямку відхилення. Через 3 хв. після припинення СДВ різниця ТАВК складає $1,8\%$ (група Ф) і $1,4\%$ (група Н) відповідно.

У нетренованих осіб в вихідному стані перед СДВ величина ТАДСК становить $13,5 \pm 0,7\%$, що є статистично достовірно меншим за величину цього параметру в групі Ф на $23,3\%$ ($p < 0,05$). Динаміка ТАДСК після СДВ у обстежених юнаків відрізняється принципово відмінними особливостями. Так, СДВ спричиняють у юнаків групи Н зменшення цього параметру на $18,2\%$ ($p < 0,05$), а у осіб з групи Ф навпаки – збільшення на $28,1\%$ ($p < 0,05$). Подальша динаміка виглядає наступним чином – в групі Н значення ТАДСК на подальших термінах відновлення поступово повертається до вихідного стану. У осіб з групи Ф, навпаки, після початкового збільшення фіксується суттєве падіння ТАДСК, навіть нижче вихідного стану, на $9,6\%$, з $p < 0,05$. У подальшому, в усіх юнаків відбувається відновлення величини ТАДСК (до значень стану спокою).

У вихідному стані перед СДВ в групі Н величина ТВА складала $27,7 \pm 1,1\%$. Це на $17,3\%$ є статистично достовірно більшим за значення ТВА у юнаків групи Ф. Відповідно до змін ТАВК і ТАДСК, коливання величини ТВА під впливом СДВ представлені схожим характером змін, але вираженими різною мірою. Так, одразу після вправ, в групах Ф і Н спостерігається зростання цього параметру на $17,9\%$ і $13,9\%$ відповідно (з $p < 0,05$ в обох групах). На подальших термінах відновлення, незалежно від характеру початкових змін, в обох групах зафіксовано поступове плавне відновлення вихідних величин ТВА.

Зазначимо, що у вихідному стані, перед СДВ, у юнаків з групи Ф порівняно з групою Н, зафіксовано менший рівень ЧСС і більші величини УО, ХОК, УІ, СІ та ІХРС і ІУРС, а також ОШВ і ПЛШ. Стато-динамічні вправи призводять до різноспрямованих змін у роботі серця серед юнаків різних груп. У нетренованих осіб СДВ спричиняють достовірне початкове збільшення усіх вимірних показників роботи серця із подальшим відновленням вихідного рівня. На відміну від групи Н, в якій СДВ призводило до збільшення усіх вимірних параметрів роботи серця, у юнаків з групи Ф спостерігали інший характер змін у роботі серця. Так, більшість показників в групі Ф (окрім ПЛШ, ІУРС і ІХРС), одразу після СДВ знижувалися з подальшим компенсаторним зростанням вже через 1 хв. після вправ. У юнаків з групи Ф в стані перед СДВ всі без винятку вимірні показники функціонування кровоносного русла характеризуються меншими величинами порівняно з групою Н. Ступінь відміни при цьому підтверджено статистично достовірно значущістю, і засвідчує відмінність параметрів гемодинаміки юнаків з групи Ф порівняно з нетренованими особами. У осіб з групи Ф після СДВ відбулося збільшення усіх без винятку вимірних параметрів. У той самий час, у осіб з групи Н відбулося початкове зменшення параметрів ППО, ЗПО, ДикрІн та ТАДСК, що спричинене СДВ.

Підбиваючи підсумок усьому вищевикладеному, маємо відмітити, що зниження величин ЧСС та УО у юнаків групи Ф одразу після СДВ нагадує динаміку змін цих параметрів під впливом статичних вправ [11, 12]. Відповідно, можна припустити, що СДВ спричиняють зменшення роботи серця у осіб, які займаються силовим фітнесом, за рахунок підтримання та зміни потужності тонічного м'язового зусилля. Це призводить до зростання внутрішньогрудного та внутрішньолегеневого тиску і, відповідно, до збільшеної компресії на серце [13]. Крім того, зменшення УО одразу після СДВ у осіб з групи Ф може пояснюватися потужним перетисканням вен під час статичного компонента вправ. Як наслідок - суттєве зниження венозного повернення крові до серця спричиняє за законом

Франка-Старлінга початкове зниження нагнітальної функції серця та величини серцевого викиду та ХОК [14, 15].

Цікавою виявляється динаміка ІХРС і ІУРС у осіб з групи Ф, в яких відбувається зростання обох параметрів, не дивлячись на початкове зменшення ХОК та УО одразу після СДВ. Це може пояснюватися початковим потужним зростанням величини артеріального тиску під впливом вправ, від значень якого залежить величина цих індексів роботи серця. У юнаків з групи Ф відбувається одночасне зменшення ОШВ і збільшення ПЛШ у відповідь на СДВ. Це може бути наслідком зниження венозного повернення крові до серця, і зменшення УО в умовах ефекту натужування. При чому гіпертрофія стінок серця, яка виникла внаслідок регулярних тренувань, спричиняє збільшення ПЛШ через посилене навантаження серця притоком.

Зростання величин ДикрІн та ДіастІн у юнаків з групи Ф під впливом СДВ свідчить про зростання тону пре- і пост-капілярних судин, скоріше за все, через їх перетискання скелетними м'язами протягом утримання тонічного статичного зусилля, а також під впливом катехоламінів. Це припущення підтверджується суттєвим збільшенням величин ТАДСК, ППО і ЗПО. Відповідно, в цих умовах кровотік у капілярах скелетних м'язів погіршений, а венозне повернення крові до серця є зниженим.

Висновки. Серцево-судинна система нетренованих юнаків реагує на стато-динамічні вправи принципово так само, як на фізичне навантаження динамічного характеру, що може бути пов'язано з відсутністю гіпертрофії скелетних м'язів і неможливістю розвинути достатній рівень статичного тонічного зусилля.

На протигагу цьому, реактивні зміни системи кровообігу юнаків, які займаються фітнесом, у відповідь на стато-динамічні вправи, в цілому співпадають з динамікою параметрів роботи серця і кровоносних судин у відповідь на статичне навантаження – одразу після виконання вправ знижуються величини параметрів нагнітальної функції серця з подальшим компенсаторним їх зростанням. Таким чином, у юнаків, які практикують заняття силовим фітнесом, при виконанні стато-динамічних вправ зафіксовано прояви феномену статичних зусиль (т.зв. феномен Лінгарда).

Перспективи подальших досліджень. Більш ґрунтовні висновки щодо змін центральної гемодинаміки при виконанні стато-динамічних вправ можна буде отримати шляхом вивчення реакції системи кровообігу з урахуванням параметрів композиційного складу тіла. Це дозволить на більш глибокому рівні розкрити механізми реактивних змін роботи серця і кровоносних судин у періоді швидкого відновлення.

Список використаної літератури

1. Тулайдан В.Г. Оздоровчий фітнес. Львів. Фест-Прінт. 2020. 139 с.
2. Тітова Г.В., Боднар А.І., Петренко О.В., Чабан І.О., Абрамов К.В. Силовий фітнес як одна із перспективних форм впливу рухової активності на вікові адаптаційні зміни в організмі чоловіків. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017. № 1. С. 231 – 234.
3. Самолук О., Романюк Т., Шеметов О. Значення статичних і динамічних вправ для розвитку активної гнучкості. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини*. 2021. Вип. 19. С. 49 – 53.
4. Огарь Г.О., Мартиненко Є.М. Динаміка показників силової підготовленості та спеціальної витривалості самбістів 16-17 років під впливом статодинамічного та інтервально-колового методів тренування. *Єдиноборства*. 2020. Вип. 4, № 18. С. 35 – 43. DOI:10.15391/ed.2020-4.04.
5. Кучеренко Г.В. Використання статичних вправ у процесі фізичного виховання студентів. *Інноваційна педагогіка*. 2022. Вип. 46. С. 58 – 63.
6. Perry V.G., Lucas S.J. The Acute Cardiorespiratory and Cerebrovascular Response to Resistance Exercise. *Sports Med Open*. 2021. Vol. 7. № 1. P. 36.
7. Бондаренко С.В. Функціональна характеристика впливу статичних та статико-динамічних вправ на організм учнів 6 – 7 років. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова*. 2019. Вип. 3 К. № 110. С. 93 – 96.
8. Сиротинська О.К., Сабіров О.С., Сироватко З.В., Чеховська А.Ю. Силові види спорту: Атлетична гімнастика: навч. посіб. для студ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 157 с.
9. Грибан Г.П., Ткаченко П.П., Скорий О.С., Пилипчук П.Б. Фізкультурно-оздоровчі технології у фізичному вихованні: метод. рекомендації для самостійної роботи здобувачів. Житомир: Вид-во «Рута». 2023. 30 с.

10. Малуґа С.С., Лук'янцева Г.В., Бакуновський О.М. Особливості змін роботи серця і центральної гемодинаміки у період раннього відновлення після стато-динамічного фізичного навантаження. *Вісник проблем біології і медицини*. 2022;3(166):482–91.
11. Лук'янцева Г.В., Бакуновський О.М., Малуґа С.С., Олійник Т.М. Зміни роботи серця і центральної гемодинаміки у періоді раннього відновлення після статичного фізичного навантаження. *Вісник проблем біології і медицини*. 2022. № 4 (167). С. 353–360.
12. Malyuga S.S., Lukyantseva H.V., Bakunovsky O.O. Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. *Reports of Morphology*. 2022. № 28 (4). P. 48–53.
13. Bracamonte J.H., Wilson J.S., Soares J.S. Quantification of the heterogeneous effect of static and dynamic perivascular structures on patient-specific local aortic wall mechanics using inverse finite element modeling and DENSE MRI. *J Biomech*. 2022. Vol. 138. 111119.
14. Beaumont A., Grace F., Richards J., Hough J., Oxborough D., Sculthorpe N. Left ventricular speckle tracking-derived cardiac strain and cardiac twist mechanics in athletes: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Sports Medicine*. 2017. Vol. 47, № 6. P. 1145 – 1170.
15. Moore J.P., Simpson L.L., Drinkhill M.J. Differential contributions of cardiac, coronary and pulmonary artery vagal mechanoreceptors to reflex control of the circulation. *J Physiol*. 2022 Sep;600(18):4069-4087.

References

1. Tulaidan V.H. (2020). *Ozdorovchyi fitnes*. Lviv. Fest-Print. 139 s. [in Ukrainian].
2. Titova H.V, Bodnar A.I., Petrenko O.V., Chaban I.O., Abramov K.V. (2017). Sylovyi fitnes yak odna iz perspektyvnykh form vplyvu rukhovoї aktyvnosti na vikovi adaptatsiini zminy v orhanizmi cholovikiv. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*. № 1. S. 231 – 234. [in Ukrainian].
3. Samoliuk O., Romaniuk T., Shemetov O. (2021). Znachennia statychnykh i dynamichnykh vprav dlia rozvytku aktyvnoi hnuchkosti. *Visnyk Kamianets-Podilskoho natsionalnogo universytetu imeni Ivana Ohienka. Fizychno vykhovannia, sport i zdorovia liudyny*. Vyp. 19. S. 49 – 53. [in Ukrainian].
4. Ohar H.O., Martynenko Ye.M. (2020). Dynamika pokaznykiv sylovoi pidhotovlenosti ta spetsialnoi vytryvalosti sambistiv 16-17 rokiv pid vplyvom statodynamichnogo ta intervalno-kolovoho metodiv trenuvannia. *Edynoborstva*. Vyp. 4, № 18. S. 35 – 43. [in Ukrainian].
5. Kucherenko H.V. (2022). Vykorystannia statychnykh vprav u protsesi fizychnoho vykhovannia studentiv. *Innovatsiina pedahohika*. Vyp. 46. S. 58 – 63. [in Ukrainian].
6. Erry B.G., Lucas S.J. (2021). The Acute Cardiorespiratory and Cerebrovascular Response to Resistance Exercise. *Sports Med Open*. Vol. 7. № 1. P. 36.
7. Bondarenko S.V. (2019). Funktsionalna kharakterystyka vplyvu statychnykh ta statyko-dynamichnykh vprav na orhanizm uchniv 6–7 rokiv. *Naukovyi chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova*. Vyp. 3 K. № 110. S. 93 – 96. [in Ukrainian].
8. Syrotynska O.K., Sabirov O.S., Syrovatko Z.V., Chekhovska A.Iu. (2022). Sylovi vydy sportu: Atletychna himnastyka: navch. posib. dlia stud. KPI im. Ihoria Sikorskoho. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 157 s. [in Ukrainian].
9. Hryban H.P., Tkachenko P.P., Skoryi O.S., Pylypchuk P.B. (2023). Fizychno-ozdorovchi tekhnolohii u fizychnomu vykhovanni: metod. rekomendatsii dlia samostiinoi roboty zdobuvachiv. Zhytomyr: Vyd-vo «Ruta». 30 s. [in Ukrainian].
10. Maluha S.S., Lukiantseva H.V., Bakunovskyi O.M. (2022). Osoblyvosti zmin roboty sertsia i tsentralnoi hemodynamiky u period rannoho vidnovlennia pislia stato-dynamichnogo fizychnoho navantazhennia. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. 3(166):482–91. [in Ukrainian].
11. Lukiantseva H.V., Bakunovskyi O.M., Maluha S.S., Oliinyk T.M. (2022). Zminy roboty sertsia i tsentralnoi hemodynamiky u periodi rannoho vidnovlennia pislia statychnoho fizychnoho navantazhennia. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. № 4 (167). S. 353–360. [in Ukrainian].
12. Malyuga S.S., Lukyantseva H.V., Bakunovsky O.O. (2022). Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. *Reports of Morphology*. № 28 (4). P. 48–53.
13. Bracamonte J.H., Wilson J.S., Soares J.S. (2022). Quantification of the heterogeneous effect of static and dynamic perivascular structures on patient-specific local aortic wall mechanics using inverse finite element modeling and DENSE MRI. *J Biomech*. Vol. 138. 111119.
14. Beaumont A., Grace F., Richards J., Hough J., Oxborough D., Sculthorpe N. (2017). Left ventricular speckle tracking-derived cardiac strain and cardiac twist mechanics in athletes: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Sports Medicine*. Vol. 47, № 6. P. 1145 – 1170.
15. Moore J.P., Simpson L.L., Drinkhill M.J. (2022). Differential contributions of cardiac, coronary and pulmonary artery vagal mechanoreceptors to reflex control of the circulation. *J Physiol*. 600(18):4069-4087.

Lukyantseva H. V., Bakunovskyi O.M., Pastukhova V.A., Drozdovska S.B., Babak S.V., Ilyin V.M., Malyuga S.S.

The influence of stato-dynamic exercises on the parameters of the cardiovascular system during strength fitness

Introduction. Recently, stato-dynamic exercises have become widely used in the practice of sports and health fitness. A distinctive feature of these exercises is the focus on increasing strength and endurance

in oxidative muscle fibers. Significant physiological differences between different types of physical exercises determine the peculiarities of the course of reactions to them in the visceral systems, including the distinct dynamics of the hemodynamic response.

Purpose. *The purpose of our study was to determine the specifics of the impact of static-dynamic exercises on the parameters of the heart and blood vessels during the period of rapid recovery in persons engaged in strength fitness.*

Methods. *We examined 26 healthy male persons (20 years old) without bad habits, who were divided into 2 groups - untrained persons and young men engaged in strength fitness.*

Results and Conclusion. *Stato-dynamic exercises lead to multidirectional changes in the work of the heart among young men of different groups. In untrained individuals, they cause a reliable initial increase in all measured parameters of the heart, followed by a recovery of the initial level. In contrast to their group, the young men from the fitness group had an initial decrease in heart parameters followed by a compensatory increase in them. The cardiovascular system of untrained young men reacts to stato-dynamic exercises in the same way as to dynamic exercise, which may be due to the lack of hypertrophy of skeletal muscles and the inability to develop a sufficient level of static tonic effort. In contrast, the reactive changes in the circulatory system of young men engaged in fitness in response to stato-dynamic exercises generally coincide with the dynamics of the parameters of the heart and blood vessels in response to static load - immediately after performing the exercises, the values of the parameters of the pumping function of the heart decrease with subsequent compensatory their growth. Thus, the phenomenon of static efforts (Lingard's phenomenon) was recorded in young men practicing strength fitness when performing stato-dynamic exercises.*

Key words: *circulatory system, heart, blood vessels, hemodynamics, sport.*

Одержано редакцією: 04.09.24

Прийнято до публікації: 11.12.24