

Функціональні реакції артеріальних судин юнаків на вправи різного типу залежно від тренувального профілю

УДК 612.135:796.015.132–053.6

**Г. В. Лук'янцева¹, О. М. Бакуновський^{1,2,3},
С. С. Малюга¹**

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

²Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень при Президії НАН України, Київ, Україна

³Інститут фізіології імені О.О. Богомольця НАН України, Київ, Україна

Резюме. *Мета.* Порівняти функціональні зміни судинного русла юнаків у відповідь на фізичні вправи динамічного, статичного та статодинамічного характеру залежно від типу їх тренуваності. *Методи.* Обстежено 34 юнаків віком 21–22 років, поділених на три групи: бодибілтери (n = 11), фітнес (n = 11) і нетреновані (n = 12). Функціональні проби передбачали виконання вправ різного типу. Реєстрацію показників судинного русла здійснювали методом тетрапольної реоплетизмографії. Аналізували загальний і питомий периферійний опір, тонус артерій різного калібру, дикротичний і діастолічний індекси. *Результати.* У бодибілтерів зафіксовано найбільш збалансовану та ефективну судинну реакцію: зниження опору та тонуусу артерій після всіх типів навантаження зі швидким відновленням. У фітнес-групі відзначено вазодилатаційну реакцію після виконання динамічних вправ, але нестійкі зміни при статичних і комбінованих зусиллях. Нетреновані учасники демонстрували найменшу адаптивність, з підвищенням судинного опору після статичних і статодинамічних вправ та повільним відновленням. Особливості динаміки дикротичного та діастолічного індексів свідчать про переваги тренуваних осіб у здатності до регуляції гемодинаміки. *Висновки.* Тип фізичних вправ визначає характер судинної відповіді: фітнес формує адаптацію до динамічних навантажень, бодибілдинг – до статичних і комбінованих. У тренуваних юнаків судинна реакція контрольована й ефективна, тоді як у нетренованих переважає симпато-адреналова відповідь за відсутності вазодилаторного балансу.

Ключові слова: фізичні вправи, кровоносні судини, судинна реакція, гемодинаміка, юнаки

Functional Vascular Responses of Young Men to Different Types of Physical Exercise Depending on Their Training Profile

H. V. Lukyantseva¹, O. M. Bakunovskyi^{1,2,3}, S. S. Malyuha¹

¹National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine

²International Center for Astronomical and Medico-Ecological Research under Presidium of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. *Aim.* To compare the functional changes in the vascular system of young men in response to dynamic, static, and statodynamic exercises depending on their training status. *Methods.* The study involved 34 males aged 21–22, divided into three groups: bodybuilders (n = 11), fitness practitioners (n = 11), and untrained individuals (n = 12). Functional tests included exercises of different types. Vascular parameters

were assessed using tetrapolar rheoplethysmography. The analysis included total and specific peripheral resistance, arterial tone at different calibers, as well as diastolic and diastolic indices. *Results.* Bodybuilders showed the most balanced and efficient vascular response, with a reduction in resistance and arterial tone after all types of exercise and rapid recovery. The fitness group exhibited a vasodilatory response after dynamic exercise, but unstable vascular changes under static and combined efforts. Untrained individuals demonstrated the lowest adaptability, with increased vascular resistance after static and statodynamic exercises and slow recovery. The dynamics of diastolic and diastolic indices highlighted the advantages of trained individuals in hemodynamic regulation. *Conclusion.* The type of physical exercise determines the pattern of vascular response: fitness training fosters adaptation to dynamic loading, while bodybuilding enhances the ability to respond to static and combined efforts. Trained young men exhibit more controlled and efficient vascular reactions, whereas untrained individuals predominantly show a sympathoadrenal response with limited vasodilatory compensation.

Keywords: physical exercise, blood vessels, vascular response, hemodynamics, young men.

Вступ. Функціональний стан судинного русла є одним із ключових факторів, що визначають ефективність системи кровообігу в умовах тренувальних навантажень [1; 2]. У підлітковому та юнацькому віці, коли тривають процеси морфофункціонального дозрівання, особливості судинної реакції на м'язову роботу набувають особливого значення, адже саме в цей період формуються довготривалі адаптаційні механізми, що зумовлюють стійкість організму до фізичних і психоемоційних навантажень у дорослому віці [3–5]. З-поміж численних факторів, що впливають на судинну відповідь, провідну роль відіграє характер і систематичність рухової активності. Регулярні заняття фізичними вправами сприяють формуванню типоспецифічних адаптацій гемодинаміки, які проявляються в зміні тону артерій, величини периферійного опору та еластичних властивостей судин тощо [6–9]. У цьому контексті особливий інтерес становить порівняння реакції судинного русла на фізичні вправи різного типу – динамічні, статичні та комбіновані – в осіб, які мають різну структуру тренувального процесу або не займаються спортом узагалі.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених кардіогемодинаміці в спортсменів [10–15], питання специфіки периферійної судинної реакції в представників різних напрямів фітнесу й силових тренувань залишається недостатньо вивченим. Окремого уточнення потребує також реактивність артеріального русла у відповідь на статодинамічні впливи, які поєднують елементи ізометричного та ізотонічного навантаження. З огляду на це, метою дослідження стало порівняльне вивчення

функціональних реакцій судинного русла юнаків на фізичні вправи різного типу залежно від рівня та профілю їх тренуваності.

Зв'язок роботи з важливими науковими програмами або практичними завданнями. Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи НУФВСУ «Вплив екзогенних та ендогенних чинників на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Мета роботи – провести порівняльний аналіз функціональних змін судинного русла в юнаків під впливом фізичних вправ динамічного, статичного та статодинамічного характеру залежно від профілю їх тренуваності.

Методи й організація дослідження. Дослідження проведено в лабораторії кафедри медичної біології та спортивної дієтології НУФВСУ. Обстежено 34 юнаків 21–22 років без шкідливих звичок і без суттєвих відмінностей за зростом та масою тіла; сформовано три групи: бодибілдінг із переважанням статичних вправ (Б, n = 11), фітнес із переважанням динамічних вправ (Ф, n = 11) і нетреновані (Н, n = 12). Дослідження виконано з дотриманням міжнародних біоетичних норм і законодавства України; усі учасники надали письмову інформовану згоду. Проводили три функціональні проби з використанням різних типів вправ: динамічних (далі – ДВ), статичних на рівні 50 % від максимальної станової сили (далі – СВ) та статодинамічних (далі – СДВ). Попередньо визначали максимальну станову силу (далі – МСС) із застосуванням станового динамометра ДС-200. Динамічну пробу виконували

як модифіковану пробу Мартіне – Кушелєвського (20 присідань за 30 с). Статичну пробу проводили на становому динамометрі ДС-200 у вигляді утримання протягом 20 с зусилля, що становило 50 % МСС; відлік часу розпочинали з моменту фіксації необхідного силового рівня на шкалі приладу. Статодинамічну пробу виконували також із застосуванням ДС-200: до рукоятки динамометра кріпили складену вчетверо гумову стрічку для фітнесу (50С4500 мм) із дуже високим рівнем опору (Х-heavy), після чого учасник, утримуючи руки зігнутими в ліктьових суглобах під кутом 90°, протягом 20 с 20 разів відтворював силове зусилля в діапазоні 25–50 % МСС завдяки плавним рухам у поперековому відділі хребта без рухів у руках. У кожного з учасників реєстрували тетраполярну грудну реоплетизмограму за допомогою комп'ютеризованого діагностичного комплексу «Кардіо+». Аналізували такі параметри гемодинаміки: загальний периферійний опір (далі – ЗПО), питомий периферійний опір (далі – ППО), дикротичний індекс (далі – ДКІн), дістолічний індекс (далі – ДСІн), тонус всіх артерій (далі – ТВА), тонус артерій великого калібру (далі – ТАВ), тонус артерій

середнього й малого калібру (далі – ТАДС). Дані наведено в одиницях SI.

Статистичний аналіз передбачав параметричну описову статистику (\bar{x} , S, m) та t-критерій Стьюдента для залежних і незалежних вибірок; нормальність розподілу перевіряли критерієм Шапіро – Уїлка. Розрахунки виконано в IBM SPSS Statistics 26, рівень значущості – $p = 0,05$.

Результати. Реакцію судинного русла всіх обстежених юнаків на виконання вправ динамічного характеру представлено в таблиці 1.

Після виконання динамічних вправ у всіх трьох групах зафіксовано виражену вазодилатацію, що проявлялося зниженням загального та питомого периферійного опору (далі – ЗПО і ППО) одразу після проби з подальшим поступовим зростанням протягом трьох хвилин відновлення. Найбільше достовірне зниження ЗПО і ППО зафіксовано в групі бодибілдерів, де ЗПО зменшився на 29,5 %, а ППО – на 29,4 %, що свідчить про високу судинну реактивність у відповідь на динамічну м'язову роботу. У групі фітнесу спостерігали дещо меншу, але теж достовірну динаміку зниження опору (ЗПО –19,2 % і ППО –18,5 % відповідно).

ТАБЛИЦЯ 1 – Динаміка функціонування артеріальних судин після виконання динамічних вправ ($\bar{x} \pm m$)

Параметр	Гр.	До ДВ	Одразу після ДВ	Через 1 хв після ДВ	Через 2 хв після ДВ	Через 3 хв після ДВ
ЗПО, дин*с* см	Н, n = 12	1470,5 ± 198,5	1136,5 ± 142,8*	1268,9 ± 186,1*	1348,9 ± 179,6*	1433,6 ± 190,0
	Б, n = 11	1176,9 ± 67,1 [^]	829,3 ± 46,6 [^] *	944,5 ± 60,8 [^] *	1054,7 ± 47,6 [^] *	1146,5 ± 64,2 [^]
	Ф, n = 11	1322,8 ± 44,4 [^] #	1069,1 ± 57,4 [^] #*	1140,5 ± 54,8 [^] #*	1227,5 ± 61,1 [^] #*	1309,7 ± 46,5 [^] #
ППО, у.о.	Н, n = 12	36,8 ± 7,2	28,4 ± 5,4*	31,7 ± 6,7*	33,8 ± 6,7*	35,9 ± 7,1
	Б, n = 11	28,9 ± 4,0 [^]	20,4 ± 3,0 [^] *	23,2 ± 3,5 [^] *	25,9 ± 3,2 [^] *	28,2 ± 3,8 [^]
	Ф, n = 11	31,4 ± 3,1 [^] #	25,6 ± 3,0 [^] #*	27,3 ± 3,2 [^] #*	29,4 ± 3,4 [^] #*	31,4 ± 3,2 [^] #
ДКІн, %	Н, n = 12	60,4 ± 1,6	46,9 ± 1,4*	50,7 ± 1,3*	54,7 ± 1,3*	59,3 ± 1,3
	Б, n = 11	48,9 ± 1,0 [^]	43,7 ± 0,8 [^] *	45,2 ± 0,7 [^] *	46,7 ± 0,6 [^] *	48,6 ± 0,9 [^]
	Ф, n = 11	55,1 ± 1,1 [^] #	51,3 ± 1,1 [^] #*	52,6 ± 1,1 [^] #*	53,6 ± 1,1 [^] #	54,9 ± 1,1 [^] #
ДСІн, %	Н, n = 12	61,4 ± 2,0	66,4 ± 1,8*	64,7 ± 2,0*	63,7 ± 1,9	62,6 ± 2,0
	Б, n = 11	50,1 ± 0,6 [^]	53,4 ± 0,9 [^] *	46,2 ± 0,9 [^] *	47,8 ± 0,6 [^] *	49,5 ± 0,6 [^]
	Ф, n = 11	56,2 ± 1,0 [^] #	52,6 ± 0,7 [^] *	53,7 ± 0,8 [^] #*	54,7 ± 0,9 [^] #*	56,0 ± 1,1 [^] #
ТВА, %	Н, n = 12	26,1 ± 0,9	28,3 ± 0,7*	27,6 ± 0,8*	27,1 ± 1,0*	26,4 ± 1,0
	Б, n = 11	19,4 ± 0,6 [^]	17,2 ± 0,8 [^] *	17,8 ± 0,8 [^]	18,4 ± 0,7 [^]	19,1 ± 0,6 [^]
	Ф, n = 11	22,7 ± 0,9 [^] #	20,8 ± 1,0 [^] #*	21,4 ± 1,0 [^] #	22,0 ± 1,0 [^] #	22,6 ± 1,0 [^] #
ТАВ, %	Н, n = 12	11,3 ± 1,1	12,8 ± 1,1*	12,3 ± 1,2*	11,9 ± 1,3	11,7 ± 1,2
	Б, n = 11	6,7 ± 0,4 [^]	5,9 ± 0,4 [^] *	6,2 ± 0,5 [^] *	6,5 ± 0,5 [^]	6,7 ± 0,4 [^]
	Ф, n = 11	8,5 ± 0,4 [^] #	7,7 ± 0,4 [^] #*	7,9 ± 0,4 [^] #*	8,2 ± 0,4 [^] #*	8,4 ± 0,4 [^] #
ТАДС, %	Н, n = 12	17,3 ± 1,1	15,3 ± 1,2*	15,8 ± 1,1*	16,3 ± 1,1*	16,9 ± 1,1
	Б, n = 11	12,1 ± 0,8 [^]	10,1 ± 0,9 [^] *	10,7 ± 0,9 [^] *	11,3 ± 0,8 [^] *	11,8 ± 0,8 [^]
	Ф, n = 11	13,9 ± 0,6 [^] #	12,8 ± 0,6 [^] #*	13,1 ± 0,6 [^] #*	13,4 ± 0,5 [^] #	13,8 ± 0,5 [^] #

Примітка. Тут і надалі: * – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра власної групи у вихідному стані, $p < 0,05$; [^] – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра в групі нетренованих осіб, $p < 0,05$; # – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра в групі бодибілдерів, $p < 0,05$.

У нетренованих осіб зниження було менш вираженим (ЗПО –22,7 %; ППО –22,8 %) і супроводжувалося затримкою у відновленні початкових значень.

Динаміка дикротичного та діастолічного індексів у тренуваних групах засвідчила більш гармонійне функціонування артеріального русла: у бодибілдерів ці показники нормалізувалися до 3 хв, тоді як у нетренованих осіб спостерігалася їх персистенція з ознаками компенсації. У фітнес-групі дикротичний індекс зменшився на 7 % відносно вихідного рівня, а діастолічний індекс залишався в межах фізіологічної норми. Стосовно тонуусу артерій, найменший ТАВ та ТАДС спостерігався в бодибілдерів, що відображає ефективне судинне розслаблення; нетреновані особи характеризувалися більш тривалим утриманням підвищеного тонуусу. В усіх групах протягом 3-хвилинного періоду реєструвалося поступове повернення гемодинамічних показників до вихідного стану, з найвищою швидкістю відновлення в тренуваних.

У таблиці 2 наведено реакцію судинного русла обстежених юнаків на виконання вправ статичного характеру.

Після виконання ізометричного навантаження зусиллям 50 % від МСС у нетренованих

осіб спостерігався різко виражений вазоконстрикторний ефект – приріст ЗПО становив 38 %, ППО – 36,6 %, дикротичний індекс – 19,1 %. Така реакція свідчить про активацію симпатичного відділу автономної нервової системи й знижену толерантність судин до статичного стресу.

У фітнес-групі реакція також передбачала значне підвищення судинного опору одразу після проби (ЗПО +34,8 %), але відновлення було більш динамічним і повним. У бодибілдерів жодної статистично значущої зміни ЗПО та ППО одразу після виконання вправ не виявлено, натомість через 1 хвилину фіксувалося їх достовірне зниження (–21,5 % ЗПО; –21,7 % ППО), що вказує на відстрочений, але більш ефективний механізм судинної адаптації.

Дикротичний та діастолічний індекси в нетренованих осіб демонстрували парадоксальне підвищення, яке могло бути компенсаторною реакцією на підвищений артеріальний тонуус. Водночас у бодибілдерів ці показники зменшувалися одразу після проби, що узгоджується з більш збалансованою реакцією гемодинаміки. Тонуус артерій усіх калібрів також підвищувався в нетренованих та фітнес-групі, тоді як у бодибілдерів не виявлено значущого приросту, що свідчить про стабільність судинної регуляції

ТАБЛИЦЯ 2 – Динаміка функціонування артеріальних судин після статичних вправ потужністю 50 % максимальної станової сили, ($\bar{x} \pm t$)

Параметр	Гр.	До СВ	Одразу після СВ	Через 1 хв після СВ	Через 2 хв після СВ	Через 3 хв після СВ
ЗПО, дин*с* см	Н, n = 12	1474,5 ± 176,4	2034,8 ± 124,4*	1378,0 ± 88,4*	1420,9 ± 114,0*	1470,8 ± 134,3
	Б, n = 11	1127,5 ± 89,3 ^А	1146,3 ± 76,2 ^{А*}	884,4 ± 51,9 ^{А*}	984,3 ± 52,8 ^{А*}	1119,0 ± 78,0
	Ф, n = 11	1312,4 ± 45,5 ^{А#}	1768,9 ± 86,7 ^{А#*}	1175,1 ± 71,0 ^{А#*}	1217,8 ± 42,8 ^{А#}	1272,2 ± 38,4 ^{А*}
ППО, у.о.	Н, n = 12	37,2 ± 6,5	50,8 ± 7,3*	34,4 ± 5,2*	35,5 ± 5,9	36,8 ± 6,1 ^{А#}
	Б, n = 11	27,7 ± 3,7 ^А	28,1 ± 3,2 ^А	21,7 ± 2,5 ^{А*}	24,2 ± 2,9 ^{А*}	27,5 ± 3,4
	Ф, n = 11	31,4 ± 2,4 ^{А#}	42,3 ± 4,2 ^{А#*}	28,2 ± 3,6 ^{А#*}	29,1 ± 2,6 ^{А#}	30,4 ± 2,1 ^А
ДКІн, %	Н, n = 12	60,8 ± 1,9	72,4 ± 1,9	55,8 ± 2,0*	57,8 ± 2,0	60,0 ± 1,8
	Б, n = 11	48,2 ± 1,9 ^А	42,1 ± 1,7 ^{А*}	44,3 ± 1,8 ^{А*}	46,2 ± 1,8 ^{А*}	48,1 ± 1,8 ^А
	Ф, n = 11	55,5 ± 1,8 ^{А#}	69,2 ± 2,1 ^{А#*}	50,7 ± 1,9 ^{А#*}	52,9 ± 2,0 ^{А#*}	55,2 ± 2,0 ^{А#}
ДСІн, %	Н, n = 12	60,4 ± 1,7	66,7 ± 1,8*	64,8 ± 1,4*	62,8 ± 1,3	61,4 ± 1,4
	Б, n = 11	50,6 ± 1,3 ^А	45,6 ± 1,4 ^{А*}	47,1 ± 1,4 ^{А*}	48,8 ± 1,5 ^А	50,4 ± 1,2 ^А
	Ф, n = 11	55,0 ± 2,0 ^{А#}	61,2 ± 1,8 ^{А#*}	58,8 ± 1,6 ^{А#*}	57,2 ± 1,6 ^{А#}	55,7 ± 1,8 ^{А#}
ТВА, %	Н, n = 12	27,1 ± 2,8	30,4 ± 3,0*	25,3 ± 3,2	26,1 ± 2,3	27,0 ± 2,6
	Б, n = 11	19,7 ± 0,4 ^А	21,1 ± 0,7 ^{А*}	18,8 ± 0,4 ^{А*}	19,3 ± 0,3 ^А	19,6 ± 0,4 ^А
	Ф, n = 11	22,3 ± 1,6 ^{А#}	27,1 ± 1,2 ^{А#*}	19,5 ± 1,9 ^{А#*}	20,8 ± 2,0 ^{А#*}	22,0 ± 1,7 ^{А#}
ТАВ, %	Н, n = 12	10,4 ± 0,5	11,6 ± 0,4*	11,3 ± 0,3	11,0 ± 0,4	10,6 ± 0,5
	Б, n = 11	6,9 ± 0,2 ^А	7,6 ± 0,3 ^{А*}	7,3 ± 0,2 ^{А*}	7,1 ± 0,2 ^А	6,9 ± 0,2 ^А
	Ф, n = 11	8,1 ± 0,3 ^{А#}	9,5 ± 0,2 ^{А#*}	9,2 ± 0,3 ^{А#*}	8,8 ± 0,3 ^{А#*}	8,4 ± 0,4 ^{А#}
ТАДС, %	Н, n = 12	16,6 ± 0,8	19,4 ± 0,9	15,0 ± 0,5	15,7 ± 0,7	16,1 ± 0,8
	Б, n = 11	11,8 ± 0,5 ^А	11,2 ± 0,5 ^{А*}	11,5 ± 0,5 ^А	11,6 ± 0,5 ^А	11,8 ± 0,5 ^А
	Ф, n = 11	14,1 ± 1,0 ^{А#}	17,2 ± 0,9 ^{А#*}	12,3 ± 0,3 ^{А#}	13,2 ± 0,3 ^{А#}	13,8 ± 0,9 ^{А#}

навіть в умовах потужного перетискання кровонесних судин під час ізометричного зусилля.

Зміни параметрів функціонування кровонесних судин обстежених юнаків на виконання вправ статодинамічного характеру представлені в таблиці 3. Як можна побачити з табл. 3, у відповідь на комбіноване навантаження статодинамічного характеру тренувані особи демонстрували протилежні вектори гемодинамічної відповіді.

У групі фітнесу одразу після проби ЗПО та ППО суттєво зросли (на 30,3 % і 30,7 % відповідно), що вказує на наявність елементів судинного спазму або недостатню пристосованість до змішаного типу навантаження. У бодибілдерів навпаки – після СДВ спостерігалось достовірне зниження ЗПО на 17,9 % і ППО на 17,2 % із раннім відновленням вихідних значень до 3 хвилин. У нетренованих осіб зміни мали слабковиражений і нестійкий характер: після незначного зменшення судинного опору відбувалося його швидке повернення до базового рівня. Динаміка дикротичного та діастолічного індексів також відрізнялася: у фітнес-групі спостерігався їх сплеск (дикротичний індекс +13,9 %), тоді як у бодибілдерів вони залишалися в межах норми або знижувалися на тлі зменшення тону артерій. У нетренованих осіб показники залишалися нестабільними

з ознаками дезадаптації. Тонус артерій середнього й малого калібру в групі Б достовірно знижувався та повертався до норми, тоді як у фітнес-групі спостерігалось його підвищення. Це дає змогу припустити, що саме бодибілдинг з акцентом на ізометричні та статодинамічні компоненти тренує судини до адаптивної реакції при складному навантаженні.

Отримані результати демонструють чіткі відмінності в судинній відповіді на фізичне навантаження залежно від тренувального профілю учасників, що відображає різний ступінь функціональної спеціалізації судинного русла. Усі досліджувані типи вправ спричинили суттєві зміни показників центральної гемодинаміки, однак характер і спрямованість цих змін виявилися специфічними для кожної з груп. Юнаки, що регулярно виконують вправи динамічного типу (група фітнесу), виявили виражену вазодилатаційну відповідь на динамічне навантаження, яка характеризувалася зниженням загального та питомого периферійного опору вже в першу хвилину після завершення проби та поступовим поверненням до вихідних значень (рис. 1).

Така реакція є свідченням адекватного функціонального стану ендотелію, високої чутливості до вазоактивних метаболітів та ефективної роботи м'язової помпи. Водночас на змішані або статичні навантаження фітнес-група

ТАБЛИЦЯ 3 – Динаміка функціонування артеріальних судин після статодинамічних вправ ($\bar{x} \pm t$)

Параметр	Гр.	До СДВ	Одразу після СДВ	Через 1 хв після СДВ	Через 2 хв після СДВ	Через 3 хв після СДВ
ЗПО, дин*с* см	Н, n = 12	1534,1 ± 180,5	1425,7 ± 134,8*	1469,8 ± 137,0	1507,2 ± 161,1	1536,3 ± 176,5
	Б, n = 11	1163,3 ± 59,2 [^]	954,4 ± 31,7 ^{^*}	1125,2 ± 46,1 ^{^**}	1143,9 ± 41,9 [^]	1153,6 ± 56,7 [^]
	Ф, n = 11	1323,2 ± 64,9 ^{^#}	1724,0 ± 66,1 ^{^**}	1213,1 ± 35,7 ^{^*}	1247,4 ± 56,2 ^{^#}	1305,8 ± 41,1 ^{^#}
ППО, у.о.	Н, n = 12	38,5 ± 6,7	35,8 ± 6,3*	36,9 ± 6,9	37,8 ± 6,5	38,5 ± 6,7
	Б, n = 11	28,5 ± 3,1 [^]	23,6 ± 2,9 ^{^**}	27,2 ± 3,2 [^]	27,8 ± 3,3 [^]	28,3 ± 2,9 [^]
	Ф, n = 11	31,6 ± 2,5 ^{^#}	41,3 ± 4,1 ^{^**}	29,0 ± 2,4 ^{^**}	29,8 ± 2,1 ^{^**}	31,2 ± 2,5 ^{^#}
ДКІн, %	Н, n = 12	60,4 ± 1,4	56,5 ± 2,0*	57,9 ± 1,5*	59,0 ± 1,5	60,2 ± 1,4
	Б, n = 11	48,2 ± 1,3 [^]	44,0 ± 1,2 ^{^*}	45,4 ± 1,4 ^{^*}	46,7 ± 1,3 [^]	48,0 ± 1,3 [^]
	Ф, n = 11	55,1 ± 1,1 ^{^#}	62,8 ± 2,2 ^{^**}	51,9 ± 1,0 ^{^**}	53,9 ± 1,1 ^{^#}	54,6 ± 1,0 ^{^#}
ДСІн, %	Н, n = 12	60,6 ± 1,2	66,0 ± 1,4*	64,0 ± 1,4*	62,6 ± 1,1	61,3 ± 1,0
	Б, n = 11	49,6 ± 1,2 [^]	57,3 ± 1,0 ^{^*}	44,6 ± 0,8 ^{^*}	47,0 ± 1,0 ^{^*}	49,4 ± 1,1 [^]
	Ф, n = 11	55,5 ± 1,0 ^{^#}	60,5 ± 1,2 ^{^**}	51,7 ± 1,1 ^{^**}	54,4 ± 0,8 ^{^#}	55,1 ± 0,9 ^{^#}
ТВА, %	Н, n = 12	27,7 ± 1,1	31,5 ± 0,8*	30,2 ± 0,9*	28,8 ± 1,0	28,1 ± 1,1
	Б, n = 11	19,5 ± 0,9 [^]	17,2 ± 0,8 ^{^*}	18,0 ± 0,8 ^{^*}	18,7 ± 0,8 [^]	19,4 ± 0,9 [^]
	Ф, n = 11	23,0 ± 1,2 ^{^#}	27,1 ± 1,5 ^{^**}	25,7 ± 1,3 ^{^**}	24,3 ± 1,3 ^{^**}	23,3 ± 1,2 ^{^#}
ТАВ, %	Н, n = 12	11,2 ± 1,3	12,9 ± 1,2*	12,9 ± 1,1*	12,4 ± 1,1*	11,6 ± 1,3
	Б, n = 11	6,1 ± 0,4 [^]	5,4 ± 0,4 ^{^*}	5,6 ± 0,4 ^{^*}	5,8 ± 0,4 [^]	6,1 ± 0,4 [^]
	Ф, n = 11	9,1 ± 0,5 ^{^#}	10,5 ± 0,8 ^{^**}	10,0 ± 0,8 ^{^**}	9,6 ± 0,7 ^{^**}	9,2 ± 0,6 ^{^#}
ТАДС, %	Н, n = 12	17,8 ± 1,3	14,5 ± 1,4*	15,5 ± 1,3*	16,7 ± 1,3*	17,3 ± 1,3
	Б, n = 11	11,5 ± 0,7 [^]	9,7 ± 0,4 ^{^*}	10,0 ± 0,5 ^{^*}	10,8 ± 0,6 ^{^*}	11,3 ± 0,7 [^]
	Ф, n = 11	13,5 ± 0,7 ^{^#}	17,3 ± 0,9 ^{^**}	12,2 ± 0,7 ^{^**}	12,8 ± 0,7 ^{^**}	13,3 ± 0,6 ^{^#}

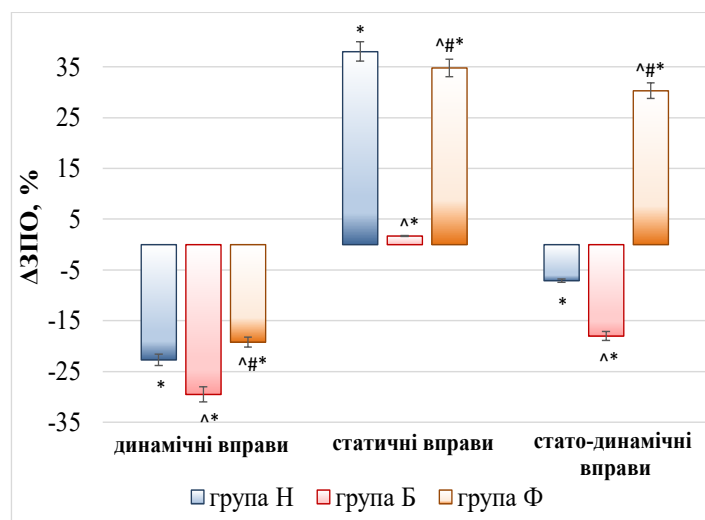


Рис. 1. Зміни Δ ЗПО одразу після виконання фізичних вправ різного типу

Примітка. Тут і надалі: * – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра власної групи у вихідному стані, $p < 0,05$; [^] – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра в групі нетренованих осіб, $p < 0,05$; # – засвідчує статистично достовірну різницю зі значенням цього параметра в групі бодибілдерів, $p < 0,05$.

реагувала менш стабільно: спостерігалось значне короткочасне, підвищення судинного тону та периферійного опору, що може бути наслідком недостатньої адаптації до умов обмеженого венозного відтоку та підвищеного післянавантаження.

У групі бодибілдерів адаптація до статичних та статодинамічних навантажень виявилася найбільш збалансованою. Після динамічної проби спостерігалось швидке й значне зниження ЗПО та ППО, з високою швидкістю відновлення, що є свідченням економізації механізмів гемодинамічної регуляції. Особливістю цієї групи було також відстрочене, але виражене зниження опору після статичних вправ – явище, яке може бути результатом тренуваної здатності артеріол до реактивної дилатації після компресії. У відповідь на СДВ бодибілдери демонстрували збереження судинного комплаєнсу без ознак спазму, що відображає інтегровану роботу пресорних і депресорних механізмів регуляції.

Нетреновані особи мали загалом менш стабільну та менш ефективну судинну реакцію. Після ДВ фіксували зниження ЗПО та ППО, однак темп відновлення був повільнішим, а після статичного навантаження – навпаки – спостерігалось різке підвищення опору, що свідчить про домінування симпато-адреналової реакції за відсутності достатньої вазодилатаційної противаги.

ДКІн, як відомо, відображає характер відбивної хвилі у фазі діастолі та є показником постнавантаження, тоді як ДСІн характеризує здатність артеріального русла підтримувати перфузійний тиск на тлі зниження серцевого викиду. У бодибілдерів ці індекси знижувалися після навантаження, що свідчить про зменшення периферійного опору та покращення артеріального комплаєнсу. У фітнес-групі динаміка цих індексів була більш варіабельною: після ДВ фіксувалося помірне зниження ДКІн і стабілізація ДСІн, тоді як після СВ та СДВ спостерігався короткочасний їхній підйом, імовірно компенсаторного характеру. У нетренованих осіб ці індекси демонстрували парадоксальні коливання – підвищення після ізометричного навантаження і нестабільність після СДВ – що вказує на недостатню адаптацію механізмів артеріального ресентування до зміненої циркуляторної ситуації.

Інші параметри – тону артерій усіх калібрів (ТВА), артерій великого (ТАВ) та середнього/малого (ТАДС) калібрів – загалом узгоджувалися з динамікою ЗПО/ППО (рис. 2).

Зниження ТАВ і ТАДС в групі Б після всіх типів вправ свідчить про тренувану здатність до вазодилатації. У групі фітнесу показники мали тенденцію до нормалізації після ДВ, однак зростали після СВ і СДВ, що є характерною

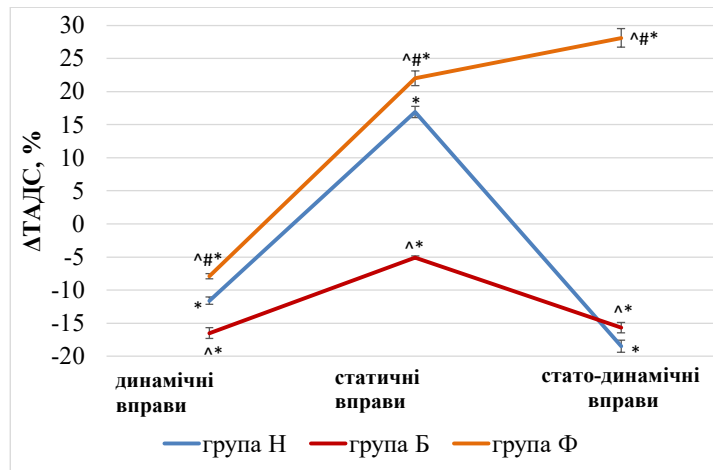


Рис. 2. Зміни ΔТАДС одразу після виконання фізичних вправ різного типу

реакцією судин, менш пристосованих до компресійного впливу. У нетренованих осіб тонус залишався підвищеним, що підтверджує низьку адаптивність.

Так, різні види тренувального навантаження формують специфічні судинні фенотипи адаптації: фітнес – з орієнтацією на швидку регуляцію периферійного опору при динамічних змінах об'єму крові, що циркулює, бодибілдінг – зі здатністю до ефективного контролю артеріального тонузу в умовах навантажень на тлі підвищеного внутрішньосудинного тиску, тоді як у нетренованих осіб зберігається реакція симпатичного типу з недостатньою участю вазодилаторних механізмів.

Висновки. 1. Тип фізичного навантаження визначає характер судинної реакції: у тренуваних осіб спостерігається специфічна адаптація до того виду вправ, які переважають у їхній руховій активності – фітнес сприяє кращій переносимості динамічних навантажень,

бодибілдінг забезпечує ефективну реакцію на статичні та статодинамічні зусилля.

2. У тренуваних юнаків виявлено більш виражене й контрольоване зниження периферійного опору та тонузу артерій після фізичного навантаження, що свідчить про наявність ефективних механізмів вазодилатації, підтримки артеріального комплаєнсу й стабілізації гемодинаміки.

3. У нетренованих осіб судинна реакція є найменш ефективною: після статичних і статодинамічних вправ фіксується різке підвищення судинного тонузу, нестабільність показників опору та уповільнене відновлення, що вказує на недостатність адаптаційних механізмів регуляції кровообігу.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні тривалих ефектів різних типів вправ на судинну реактивність, а також у визначенні статево- та віковозалежних особливостей гемодинамічної адаптації.

Література

1. Talbot JS, Perkins DR, Dawkins TG, Lord RN, Oliver JL, Lloyd RS, McManus AM, Stembridge M, Pugh CJA. Flow-mediated dilation is modified by exercise training status during childhood and adolescence: preliminary evidence of the youth athlete's artery. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2024;327(2):H331–H339. DOI: 10.1152/ajpheart.00287.2024.
2. Haferanke J, Baumgartner L, Dettenhofer M, Huber S, Mühlbauer F, Engl T, Wasserfurth P, Köhler K, Oberhoffer R, Schulz T, Freilinger S. Molecular Drivers of Vascular Adaptation in Young Athletes: An Integrative Analysis of Endothelial, Metabolic and Lipoprotein Biomarkers. *Biomolecules.* 2025;15(12):1726.
3. Shakhlina L, Futomi S, Sokha T, Maslova O, Chistyakova M, Chernyakova O. et al. Medical and biological fundamentals of young athletes' training. *Slobozhanskyi herald of science and sport.* 2023;27(4):185–92.
4. Baumgartner L, Weberruß H, Oberhoffer-Fritz R, Schulz T. Vascular Structure and Function in Children and Adolescents: What Impact Do Phys-

ical Activity, Health-Related Physical Fitness, and Exercise Have? *Front Pediatr.* 2020;8:103. DOI: 10.3389/fped.2020.00103.

5. Малюга СС. Зміни системи кровообігу в період швидкого відновлення у осіб, які займаються бодибілдінгом [Changes in the circulatory system during the rapid recovery period in individuals engaged in bodybuilding]. Київ; 2023. 254 с.

6. Saladini F. Effects of Different Kinds of Physical Activity on Vascular Function. *J Clin Med.* 2023;13(1):152. DOI: 10.3390/jcm13010152.

7. Лук'янцева ГВ, Пастухова ВА, Бакуновський ОМ, Малюга СС, Олійник ТМ. Особливості структурно-функціональних змін показників системи кровообігу осіб, які займаються бодибілдінгом [Structural and functional characteristics of changes in circulatory system parameters in individuals engaged in bodybuilding]. *Вісник проблем біології і медицини.* 2020;4(158):31–35.

8. Pierce DR, Doma K, Raiff H, Golledge J, Leicht AS. Influence of Exercise Mode on Post-exercise Arterial Stiffness and Pressure Wave

Measures in Healthy Adult Males. *Front Physiol.* 2018;9:1468. DOI: 10.3389/fphys.2018.01468.

9. Лазарева ОБ, Леськів НВ. Сучасні підходи до корекції серцево-судинних ризиків у чоловіків з метаболічним синдромом [Modern approaches to the correction of cardiovascular risk in men with metabolic syndrome]. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія.* 2024;1:213–20.

10. Isath A, Koziol KJ, Martinez MW, Garber CE, Martinez MN, Emery MS, Baggish AL, Naidu SS, Lavie CJ, Arena R, Krittanawong C. Exercise and cardiovascular health: A state-of-the-art review. *Prog Cardiovasc Dis.* 2023;79:44–52.

11. Soynikov Yal, Lukyantseva HV. Reactive and adaptive changes of the cardiovascular system in men in response to different types of physical exercise: physiological and training context. *Вісник Черкаського університету, серія Біологія.* 2025;2:70-87. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2025-2-70-87.

12. Van Ochten NA, Suckow E, Forbes L, Comwell WK. The structural and functional aspects of exercise-induced cardiac remodeling and the

impact of exercise on cardiovascular outcomes. *Ann Med.* 2025;57(1):2499959.

13. Лук'янцева ГВ, Пастухова ВА, Скоробогатов АМ, Олійник ТМ, Хмельницька ЮК, Ільїн ВМ, et al. Електрокардіографічні особливості спортсменів різних видів спорту: фізіологічні адаптації та діагностичні ризики [Electrocardiographic features in athletes of different sports: physiological adaptations and diagnostic risks]. *Вісник проблем біології і медицини.* 2025;3(178):58–70.

14. Dausin C, Ruiz-Carmona S, Cauwenberghs N, De Bosscher R, Ntalianis E, Kuznetsova T et al. Cardiovascular adaptation to training load in endurance athletes: a longitudinal study. *Eur Heart J.* 2026 Jan 7:ehaf1018. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaf1018.

15. Romanchuk O, Guzii O, Mahlovanyi A, Smirnov I. Cardiorespiratory synchronization under the influence of strength endurance training. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies.* 2024;9(1):25–35. DOI: 10.15391/prrht.2024-9(1).04.

ORCID 0000-0002-8054-0108, hlukiantseva@uni-sport.edu.ua

ORCID 0000-0001-6546-1025, alexandr.bakunovskiy@uni-sport.edu.ua

ORCID 0000-0002-8833-3269, maliuha@uni-sport.edu.ua

Дата першого надходження статті до видання: 22.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.04.2026