

## ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФЕНОТИПЫ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
УО «Белорусский государственный университет физической культуры»<sup>2</sup>

Обследованы практически здоровые молодые люди обоих полов возраста  $22,8 \pm 0,56$  лет – студенты БГМУ (220 чел., имеющих среднюю физическую подготовку) и БГУФК (144 чел., регулярно занимающихся физкультурой и спортом). Проводилось анкетирование по состоянию здоровья и измерения АД по С. Н. Короткову на протяжении нескольких дней; по индивидуальным рядам величин АД определялся гемодинамический фенотип методом линейной регрессии. Проведен анализ распространенности фенотипов и их характеристик в группах лиц с разным уровнем физической подготовки, а также у спортсменов, занимающихся разными видами спорта. Гармонический фенотип (норма) отмечен у 64,5% студентов БГМУ и у 74,3% студентов БГУФК, у остальных выявлены пограничные и дисфункциональные фенотипы, самым частым из которых был диастолический дисфункциональный – 16,4 % (БГМУ) и 13,2% (БГУФК). Показано, что регулярные занятия физкультурой и спортом отражаются на фенотипе снижением величины показателя пропульсивной работы миокарда за счет увеличения влияния «периферического сердца» в процессе продвижения крови. Данное обстоятельство доказывает принципиальную возможность коррекции дисфункциональных типов, в частности, диастолического, путем повышения физической активности. У спортсменов выявлена связь между высокой спортивной квалификацией и гармоническим фенотипом при отсутствии значимой зависимости от спортивного стажа. Показана целесообразность дальнейших исследований индивидуальных особенностей кровообращения, включая фенотипы и их характеристики, на репрезентативных выборках, в том числе у спортсменов разных видов спорта.

**Ключевые слова:** артериальное давление, линейная регрессия, гемодинамический фенотип.

R. V. Khursa, E. I. Zabela

## HEMODYNAMIC PHENOTYPES IN HEALTHY YOUNG PEOPLE WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL TRAINING

A total of 364 practically healthy young people of both genders at the age  $22.8 \pm 0.56$  years old were investigated: medical students of the BSMU with average physical activity (220 persons) and students of the BSUFC, who regularly engaged in physical culture and sports (144 persons). The questionnaires about health conditions and blood pressure (BP) measurements during a few days were used in every person; on individual series of the BP values the hemodynamic phenotypes were defined. The analysis of the phenotypes prevalence and their characteristics was made in students with different levels of physical form, as well as in athletes involving in different groups of the sport. Harmonic phenotype (norm) was in 64.5% of BSMU students and in 74.3% of BSUFC students, others participants had borderlines phenotypes and dysfunctional ones, the most frequent of them was diastolic dysfunction type – 16.4% (BSMU) and 13.2% (BSUFC). It has been shown that regular employment by physical culture and sports have been reflected in phenotype as decrease of the indicator of heart propulsive work and an increase the of the “peripheral heart” work in the hemodynamic process. Therefore an increasing in physical activity is the main way for correction of dysfunctional phenotypes, especially of diastolic ones which is related with “hypertrophied” heart function in the hemodynamic process.

**Key words:** blood pressure, linear regression, hemodynamic phenotype.

Хорошо известно, что одним из негативных результатов научно-технического прогресса стала «разгрузка» человека от физических напряжений, повлекшая за собой, в совокупности с нервно-психическими перегрузками и изменением характера питания, всплеск сердечно-сосудистых заболеваний, особенно артериальной гипертензии (АГ). Перспективный путь профилактики этих заболеваний – ранняя диагностика латентных гемодинамических нарушений и их коррекция, в первую очередь, путем модификации образа жизни. В этом направлении большой и пока не использованный диагностический потенциал имеет метод количественного анализа связей параметров артериального давления (КАСПАД), требующий для своего применения только ряд величин артериального давления (АД) пациента, полученных обычными методами измерения в желаемом интервале времени. КАСПАД предполагает проведение линейной регрессии систолического АД (САД) по пульсовому АД, которое определяется по разнице САД и диастолического давления (ДАД). Получаемые при этом индивидуальные коэффициенты регрессии характеризуют кровообращение пациента в интервале времени наблюдения как процесс взаимодействия сердца и сосудов в продвижении крови и имеют конкретный физический смысл: угловой коэффициент  $a$  характеризует вклад в продвижение крови сердечного выброса, барическим эквивалентом которого является пульсовое давление, и, соответственно, вклад периферической составляющей (сосуды, мышцы); коэффициент  $Q$  (коэффициент-пресечение) характеризует давление беспульсового тока крови, т.е. непьюлирующую составляющую АД. Определены граничные значения углового коэффициента  $a$ , разделяющие разные типы сердечно-сосудистого взаимодействия в процессе продвижения крови: гармонический (Г) при  $1 > a > 0$ , и два дисфункциональных – диастолический (ДД) при  $a > 1$  и, редкий в популяции, систолический (СД) при  $a < 0$ . Иногда на протяжении недолгого времени или при индивидуально недостаточном количестве величин АД для получения качественной регрессии, могут определяться пограничные типы между гармоническим и одноименными дисфункциональными (ПД – пограничный с диастолическим дисфункциональным, и ПС – пограничный с систолическим дисфункциональным). Дисфункциональные типы свидетельствуют о дисбалансе «сердечной» и «сосудистой» составляющих кровообращения [6].

Формирование гемодинамического типа является результатом адаптации организма к условиям существования, т.е. это фенотипическая характеристика кровообращения индивидуума – гемодинамический фенотип. Есть основания полагать, что нормотензивных лиц с дисфункциональными фенотипами следует рассматривать как контингент повышенного риска сердечно-сосудистой заболеваемости и проводить не только целенаправленное наблюдение за ними, но осуществлять профилактические мероприятия в первую очередь, немедикаментозного характера. В частности, ранее мы показали, что нормотензивные молодые люди с фенотипом ДД имеют функциональные сосудистые нарушения, аналогичные таковым у молодых пациентов с АГ [4]. Кроме того, было показано, что модификация образа жизни с включением регулярных физических нагрузок позволяет улучшить кровообращение и изменить фенотип ДД на гармонический [5].

В этой связи представляет интерес распространенность фенотипов и их характеристики у практически здоровых молодых людей с разной повседневной физической активностью, а также влияние разных видов физической нагрузки на модель кровообращения (фенотип). Исследований такой направленности ранее не проводилось.

**Цель исследования:** определить распространенность гемодинамических фенотипов по методу КАСПАД у практически здоровых молодых людей с разным уровнем физической подготовки, а также провести анализ фенотипов в зависимости

от разных видов физических нагрузок у лиц, регулярно занимающихся спортом.

**Материалы и методы.** Проведено одномоментное обследование 364 практически здоровых нормотензивных молодых людей (134 мужчины, 230 женщин), включающее анамнестическое анкетирование по состоянию здоровья и измерения АД по Н. С. Короткову 1–2 раза в день на протяжении нескольких дней (не менее 7–12 величин у каждого). По индивидуальным рядам величин АД методом КАСПАД определялся гемодинамический фенотип и величина давления в области затухающей пульсовой волны ( $Q$ ) [2]. Основную массу испытуемых составляли студенты Белорусского государственного медицинского университета (БГМУ), ведущие современный образ жизни многих студентов со средней физической подготовкой – 220 чел., остальные 144 чел. были представлены студентами Белорусского государственного университета физической культуры (БГУФК), имеющими регулярные занятия физкультурой и спортом: факультета оздоровительной физической культуры и туризма и спортивно-педагогического факультета массовых видов спорта. Соотношение мужчин и женщин среди испытуемых обоих вузов было идентичным, большинство составляли женщины – 56,3 % (БГМУ) и 59,7 % (БГУФК). Все испытуемые не имели серьезных хронических заболеваний и жалоб на здоровье в момент исследования, и по состоянию здоровья относились к категории групп диспансерного наблюдения Д-I (здоровые) и Д-II (практически здоровые).

Для статистической обработки использован пакет программ Statistica 10.0. Оценка нормальности распределения признаков проводилась по критерию Шапиро–Уилка, соответственно характеру распределения для характеристики признаков использованы медиана и квартили –  $Me$  ( $Q_{25\%}$ – $Q_{75\%}$ ) или среднее и стандартная ошибка ( $M \pm m$ ); для сравнения значений признаков независимых групп – критерий Стьюдента и Манна–Уитни; для сравнения качественных признаков и относительных величин –  $\chi^2$  Пирсона и Фишера. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Средний возраст испытуемых составил  $22,8 \pm 0,56$  лет. В группе обследованных среднее значение измеряемой величины АД составило  $111,3 \pm 0,83$  мм рт.ст. – САД и  $72,3 \pm 4,6$  мм рт.ст. – ДАД, что соответствует принятым нормам. Распространенность гемодинамических типов в общей группе наблюдения представлена на рис. 1, на котором видно, что 67,0% (244 чел.) имели гармоническое кровообращение (фенотип Г), а у остальных были дисфункциональные или пограничные с ними типы. Самым частым из дисфункциональных фенотипов был ДД (15,1%), который означает, что продвижение крови обеспечивается, главным образом, усилиями сердца, а «периферия» мало помогает ему. Такое кровообращение у нормотензивных молодых людей, как установлено нами ранее, сопряжено с повышенной сосудистой жесткостью и недостаточной физической тренированностью [5]. На рисунке также видны определенные тенденции в распространенности фенотипов в группах лиц с разной физической подготовкой: среди студентов БГМУ доля лиц с гармоническим кровообращением была меньше, чем среди студентов БГУФК ( $p = 0,05$ ), а лиц ДД-фенотипа – несколько большей, хотя и статистически не значимо ( $p = 0,41$ ). Кроме того, среди студентов БГМУ оказалось значимо больше лиц с пограничными типами ПД и ПС ( $p = 0,006$ ), что часто обусловлено высокой вариабельностью АД и поэтому требует большего количества его измерений для получения гемодинамической модели конкретного типа. Однако сам факт высокой вариабельности АД также привлекает к себе внимание как потенциальный фактор повышенного сердечно-сосудистого риска. По крайней мере, для пациентов с АГ это в настоящее время доказано [7].

Лица с дисфункциональным кровообращением нуждаются в наблюдении и углубленном медицинском обследовании

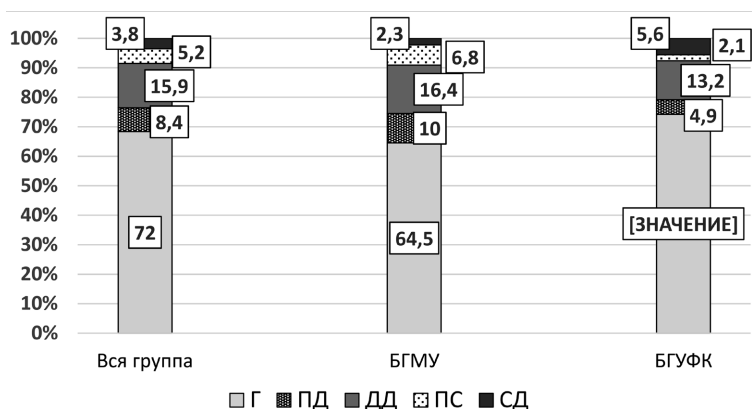


Рис. 1. Распространенность гемодинамических фенотипов в группе наблюдения в целом и среди студентов БГМУ и БГУФК раздельно

для исключения возможных органических или функциональных причин имеющихся у них латентных гемодинамических нарушений (клапанные пороки, малые аномалии сердца, вегетативная дисфункция и др.), а также в оздоровлении.

Параметры фенотипов (коэффициенты  $a$  и  $Q$ ), а также средние значения измеряемого АД в интервале времени наблюдения по типам приведены в табл. 1. Из этой таблицы видно, что при отсутствии значимых различий в измеряемом АД, гемодинамические параметры фенотипов достоверно различаются, что подтверждает точность их разделения. Т.е. одна и та же величина АД достигается разными пропорциональными усилиями пропульсивной работы миокарда левого желудочка и «периферического сердца». При этом характерной особенностью фенотипа ДД является снижение давления  $Q$  по сравнению с Г-типом, а фенотипа СД – его повышение ( $p < 0,05$ ).

ложным был проведен анализ структуры Г-типа у студентов БГМУ и БГУФК.

Среди студентов БГУФК было статистически значимо большей долей лиц с МН-подтипом (48 чел. из 107 с фенотипом Г), чем среди студентов БГМУ (39 чел. из 142,  $p < 0,05$ ), где существенно преобладали лица с гармоническим оптимальным (Гопт) подтипом ( $0,5 \leq a < 1,0$ ), рис. 2. При МН-подтипе величина давления  $Q$  в обеих группах не различалась и составила  $97,6 \pm 1,32$  мм рт.ст. (БГУФК) и  $98,8 \pm 2,83$  мм рт.ст. (БГМУ). У студентов БГУФК с оптимальным подтипом Г-типа среднее значение  $Q$  было меньшим, чем у студентов БГМУ, составив  $80,4 \pm 0,90$  мм рт.ст. и  $86,2 \pm 0,94$  мм рт.ст. соответственно,  $p < 0,05$ . При этом различий в измеряемом АД между обеими группами студентов, в т.ч. и с разными подтипами Г-типа, не было.

Таблица 1. Параметры гемодинамических фенотипов и измеряемого АД у практически здоровых студентов,  $M \pm m$  или  $Me (Q25\% - Q75\%)$

Параметры гемодинамики	Фенотипы				
	ДД, n = 55	ПД, n = 29	Г, n = 249	ПС, n = 18	СД, n = 13
Коэффициент $a$	$1,3 \pm 0,03^*$	$0,97 \pm 0,03^*$	$0,6 \pm 0,01$	$-0,0 \pm 0,00^*$	$-0,29 \pm 0,05^*$
Коэффициент $Q$ , мм рт.ст	$60,1 \pm 1,40^*$	$75,3 \pm 3,01^*$	$89,1 \pm 0,79$	$114,0 \pm 2,10^*$	$120,8 \pm 4,25^*$
САД, мм рт.ст	$111,1 \pm 1,86$	$108,1 \pm 4,56$	$111,7 \pm 0,99$	$113,8 \pm 4,77$	$108,8 \pm 2,72$
ДАД, мм рт.ст	$69,6 (65,8 - 75,3)$	$72,0 (64,0 - 79,2)$	$71,6 (67,3 - 76,0)$	$74,5 (69,9 - 83,7)$	$68,3 (65,0 - 72,7)$

Примечание: \* – статистически значимые отличия с гармоническим типом Г ( $p < 0,05$ ).

Исходя из физического смысла регрессии, давление  $Q$  в определенной степени характеризует давление крови в конечной части артериол, где кровоток становится постоянным (непульсирующим), а значит, этот показатель в какой-то степени может отражать уровень обмена веществ между кровью и органами. Из этого вытекает предположение, что умеренное повышение  $Q$  может рассматриваться как положительный адаптационный феномен, направленный на улучшение кровоснабжения, в частности, скелетной мускулатуры. Такое повышение  $Q$  имеет место при уменьшении значения углового коэффициента. Теоретически, согласно физическому смыслу регрессии, уменьшение углового коэффициента  $a$  в рамках гармонического типа до значений менее 0,5 указывает на снижение участия сократительной силы миокарда левого желудочка при соответствующем увеличении вклада «периферического сердца» в продвижение крови (при  $a = 0,5$  сердце и «периферия» вносят эквивалентные усилия в продвижение крови). Поэтому при  $0 < a < 0,5$  нами выделен подтип Г-типа – МН («миокардиально-недостаточный»). При этом подтипе неппульсирующая составляющая давления, характеризующаяся величиной  $Q$ , всегда умеренно увеличивается [6]. В связи с вышеиз-

Приведенные факты подтверждают правильность теоретически обоснованной нами трактовки МН-подтипа, сделанной только на основании физического смысла коэффициентов регрессии, поскольку модель кровообращения у лиц, регулярно занимающихся физическими упражнениями и спортом и, как известно, имеющих более развитое «периферическое сердце» (сильный «мышечный насос» и эластичные сосуды), соответствует данной трактовке. Кроме того, факт уменьшения значения коэффициента  $a$  у лиц с высокой физической активностью указывает принципиально возможный путь к «гармонизации» кровообращения у лиц с ДД-типом (как у нормотензивных молодых людей, так и у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, особенно с АГ), при котором величина коэффициента  $a$  чрезмерно велика, что означает «гипертрофированное» участие миокарда в продвижении крови.

В одном из наших предыдущих исследований КАСПАД был проведен по величинам АД, полученным вовремя велоэргометрической пробы у здоровых молодых солдат-призывников в начале срочной службы и повторно через 6 месяцев службы, сопряженной с изменением привычного образа жизни гражданских лиц (регламентированный режим труда, отды-

ха и питания, а также обязательная регулярная физическая подготовка). При этом установлено, что изменение образа жизни привело к выраженным положительным изменениям гемодинамики: в начале службы даже во время умеренной физической нагрузки (100 Вт) у 46,9% испытуемых было патологическое и пограничное с ним кровообращение (ДД и ПД фенотипы), тогда как через полгода службы таких лиц осталось только 9,1% [5]. Эти результаты согласуются с результатами, полученными в настоящем исследовании и наглядно демонстрируют путь к немедикаментозной гармонизации кровообращения через увеличение физической активности.

В обследованной группе студентов БГУФК были лица, регулярно занимающиеся не только физкультурой, но и разными видами спорта (120 чел.). Влияние спортивной деятельности на сердечно-сосудистую систему связано с повышенной нагрузкой на сердце, при этом разные виды спорта отличаются по направленности тренировочного процесса и имеют свою специфику, обусловленную типом и интенсивностью физической нагрузки. Например, более высокая эффективность работы сердечно-сосудистой системы (показатели физической работоспособности, кардиогемодинамики и максимальное потребление кислорода) отмечена у спортсменов, тренирующихся выносливостью по сравнению со спортсменами, развивающими силу, быстроту и ловкость. Вместе с тем, сердечно-сосудистая система, являясь универсальным индикатором адаптации организма, одновременно может быть и лимитирующим звеном, ограничивающим индивидуальные возможности спортсменов в отношении отдельных видов спорта. В настоящее время известно более 200 отдельных видов спорта, которые группируются по разным признакам. В частности, с точки зрения риска развития сердечно-сосудистых осложнений в спортивной медицине используется классификация J. Mitchell с соавт., основанная на учете типов нагрузки (динамическая, статическая) и их интенсивности [8]. Существуют и другие классификации, наиболее известная из них – «олимпийская» – включает 6 групп олимпийских видов спорта:

- 1 – циклические виды спорта (беговые дисциплины легкой атлетики, плавание, гребля, велоспорт, лыжный, конькобежный спорт и т. д.);
- 2 – скоростно-силовые виды спорта (легкоатлетические виды спорта, метание, спринтерские номера программы в различных видах спорта);
- 3 – сложно-координационные виды спорта (спортивная и художественная гимнастика, фигурное катание на коньках, прыжки в воду и др.);
- 4 – единоборства (все виды борьбы и бокса);
- 5 – спортивные игры (футбол, хоккей, волейбол и т. д.);

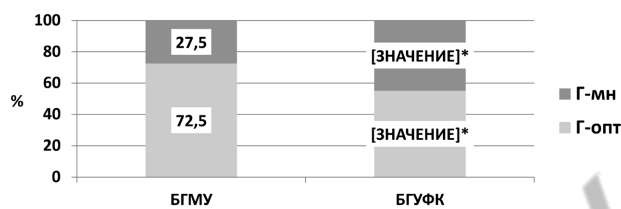
Таблица 2. Характеристика испытуемых по группам видов спорта (спортивные стаж и квалификация)

Группа	Спорт. стаж, лет	Спортивный разряд, доля лиц, % (абс.)						
		Нет	1-й	2-й	3-й	КМС	МС	МСМК
СК, n = 37	8,4±0,69	-	16,2 (6)	27,0 (10)	2,7 (1)	18,9 (7)	35,1 (13)	-
СС, n = 36	3,7±0,44*^	2,8 (1)	13,9 (5)	66,7 (24)	16,7 (6)	-	-	-
Ц, n = 16	3,2±0,62*^	-	43,8 (7)	31,3 (5)	12,5 (2)	-	6,3 (1)	-
Е, n = 20	6,1±0,69*	-	40,0 (8)	25,0 (5)	-	25,0 (5)	5,0 (1)	5,0 (1)
И, n = 11	4,8±0,86*	-	27,3 (3)	72,7 (8)	-	-	-	-

Примечания: 1. Сокращения: КМС – кандидат в мастера спорта, МС – мастер спорта, МСМК – мастер спорта международного класса. 2. \* – p < 0,05 с группой СК, ^ – p < 0,05 с группой Е.

6 – многоборья (лыжное двоеборье, легкоатлетическое десятиборье, современное пятиборье и т. д.).

Эти группы видов спорта предполагают разные условия функционирования систем организма, что может служить одним из механизмов формирования гемодинамических фенотипов и особенностей их параметров. Исходя из данного



Примечания – \* – p = 0,004 по сравнению с группой БГМУ.

Рис. 2. Структура гармонического фенотипа у студентов БГМУ и БГУФК (Обозначения: Г-мн – «миокардиально-недостаточный» подтип гармонического типа, Г-опт – оптимальный гармонический подтип, пояснения – в тексте)

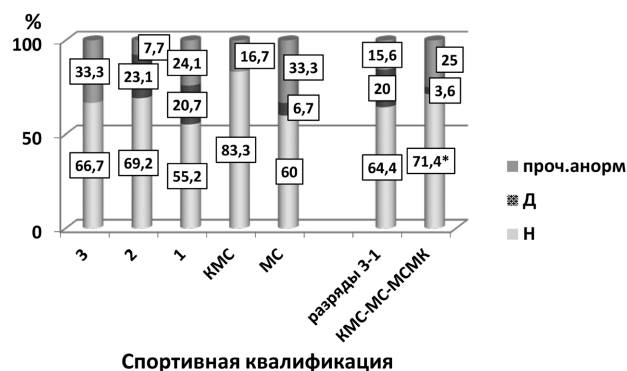
предположения, проведен анализ фенотипов у обследованных студентов БГУФК, регулярно занимающихся спортом, сгруппированных по «олимпийским» видам:

- сложно-координационные (художественная и спортивная гимнастика, спортивное ориентирование, спортивные танцы, пулевая стрельба, теннис, настольный теннис и др.) – 37 чел. (группа СК);
- скоростно-силовые (тяжелая атлетика, др. атлетические виды) – 36 чел. (группа СС);
- циклические, требующие, в первую очередь, выносливости (лыжный спорт, плавание, легкоатлетический бег, велоспорт и др.) – 16 чел. (группа Ц);
- единоборства (таэквондо, каратэ, рукопашный бой, кикбоксинг, муай-тай и др.) – 20 чел. (группа Е);
- игровые (волейбол, баскетбол, футбол и др.) – 11 чел.

Возрастом, индексом массы тела (ИМТ) и параметрами измеряемого АД испытуемые этих групп не различались между собой. Среднее САД составило 108,1±1,61 мм рт.ст., 107,4±1,36 мм рт.ст., 108,2±1,89 мм рт.ст., 110,9±2,03, 111,4±3,43 в группах СК, СС, Ц, Е и И соответственно, среднее ДАД – 67,8 (65,0-72,1) мм рт.ст., 68,3 (65,3-71,0) мм рт.ст., 67,2 (62,8-71,1) мм рт.ст., 71,1 (66,1-76,2) мм рт.ст. и 71,7 (65,8-79,3) мм рт.ст. соответственно. Параметры фенотипов (а, Q) в группах также не различались.

Спортивный стаж и квалификация испытуемых из этих групп приведены в табл. 2, из которой следует, что они различались по спортивным достижениям (квалификации) и по спортивному стажу: более высокую квалификацию и наибольший спортивный стаж имели лица из групп СК и Е, наименьший спортивный стаж и квалификацию – из групп СС и Ц (p < 0,05 относительно двух других групп).

На рис. 3 представлены основные фенотипы в группе спортсменов в целом в зависимости от спортивной квалификации, из которого следует, что среди спортсменов высоких квалификаций (КМС, МС, МСМК) статистически значимо реже встречаются дисфункциональные и пограничные с ними фенотипы, чем среди менее квалифицированных спортсменов.



Примечания: 1. Сокращения: КМС – кандидат в мастера спорта, МС – мастер спорта, МСМК – мастер спорта международного класса, 1, 2, 3 – спортивные разряды. 2. \* –  $p < 0,05$  с разрядниками.

Рис. 3. Распространенность разных гемодинамических фенотипов в зависимости от спортивной квалификации в группе спортсменов в целом (доля лиц, %)

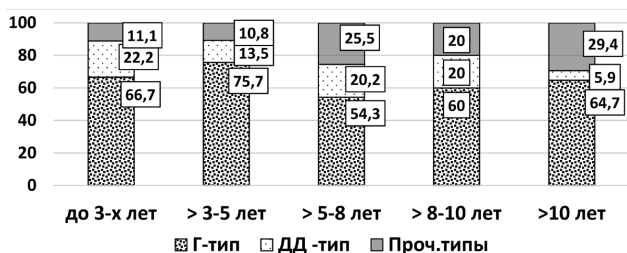


Рис. 4. Основные фенотипы в общей группе спортсменов (120 чел.) в зависимости от спортивного стажа, доля лиц, %

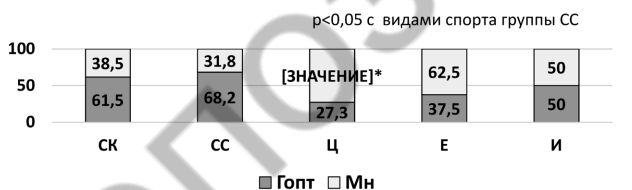
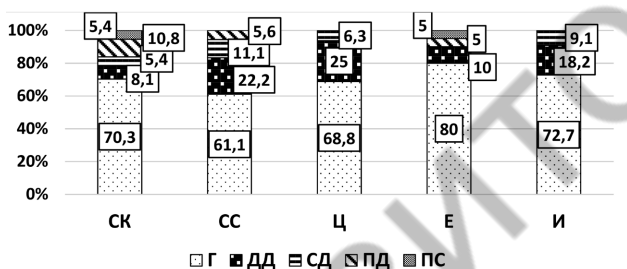


Рис. 5. Распространенность фенотипов и подтипов гармонического фенотипа среди спортсменов разных групп видов спорта

Закономерно, что спортивная квалификация повышается с увеличением стажа занятий спортом. Однако статистически значимых различий частоты фенотипов в зависимости от спортивного стажа не выявлено, рис. 4.

Распространенность фенотипов в группах по видам спорта представлена на рис. 5, из которого видно, что в группах спорта, требующих максимальной выносливости и силы (СС и Ц), были наименьший стаж занятий спортом и более высокая частота дисфункциональных фенотипов: ДД и СД (33,3 % и 31,3 % соответственно), хотя и статистически не значимая,

$p > 0,05$ . Однако при равном стаже спортсмены групп СС и Ц достоверно различались спортивной квалификацией: в группе СС преобладали менее квалифицированные спортсмены (2-й и 3-й разряды), а в группе Ц – более квалифицированные ( $p < 0,05$  для 1-го и 2-го разрядов), табл. 3. Это дает основание предполагать, что меньший уровень спортивной квалификации может быть связан не столько с малым спортивным стажем, сколько с худшими параметрами гемодинамики. Установлено, что распространенность МН-подтипа в группах по видам спорта существенно различалась между группами Ц (здесь была максимальная доля лиц с таким подтипом – 72,7 %) и СС (минимальная – 31,8 %),  $p < 0,05$ .

Это обстоятельство рождает вопрос, благоприятствует ли МН-подтип спортивным достижениям в циклических видах спорта? В настоящем исследовании мы не получили убедительных доказательств преимуществ МН-подтипа для достижения высокой спортивной квалификации. Так среди всех спортсменов группы, имевших фенотип МН (39 чел.), высокие квалификации (1-й разряд, КМС, МС, МСМК) были у 38,5 % (15 чел.), а среди имевших фенотип Гопт (44 чел.) – 52,3 % (23 чел.),  $p > 0,05$ . Однако для окончательного решения этого вопроса необходимы дальнейшие исследования, причем на больших выборках и в зависимости от конкретных видов спорта, предъявляющих разные требования к функционированию сердечно-сосудистой системы.

Известно, что у спортсменов циклических видов спорта в тренировочном процессе преобладает сочетание высокоинтенсивных динамических и средне-статических физических нагрузок, и они обладают большими резервными возможностями, тогда как у спортсменов скоростно-силовых видов преобладают высоко-статические нагрузки и низкая интенсивность динамичности, и у них сердечно-сосудистая система работает в энергетически напряженном режиме. Поэтому для спортсменов с высоко-статическими нагрузками и недостаточно интенсивными динамическими нагрузками необходим дифференцированный подбор тренировочных нагрузок, способствующих развитию системы кислородного обеспечения организма и восстановлению систем адаптации [1]. Именно потому, все большую актуальность приобретают новые подходы, ориентированные на необходимость учёта индивидуально-типологических особенностей и физиологических функций на всех этапах обучения спортсмена, и особенно в периоды подготовки, и участия в спортивных соревнованиях [3].

Таким образом, проведенное исследование на случайно сформированных группах лиц одного возраста с разной физической подготовкой позволило выявить некоторые важные факты и интересные тенденции на основании только гемодинамического фенотипирования по параметрам АД, что показывает целесообразность продолжения организованных исследований в данном направлении на репрезентативных выборках.

Таким образом, определение гемодинамического фенотипа по параметрам АД методом КАСПАД расширяет возможности функциональной диагностики кровообращения в выявлении скрытых нарушений. У практически здоровых молодых людей гармонический фенотип отмечен у 72,0 %, в том числе среди студентов, ведущих недостаточно физически активный образ жизни (БГМУ) – 64,5 %, среди лиц, регулярно занимающихся физкультурой и спортом (БГУФК) – у 74,3 % ( $p = 0,05$ ). У остальных выявлены дисфункциональные и пограничные с ними фенотипы. Самым частым из дисфункциональных был диастолический – 16,4 % среди студентов БГМУ, 13,2 % – среди студентов БГУФК. Лица с дисфункциональным кровообращением нуждаются в наблюдении и углубленном медицинском обследовании для исключения возможных причин гемодинамических нарушений (клапанные пороки, малые аномалии сердца, вегетативная дисфункция и др.), а также в оздоровлении.

Одним из основных путей оздоровления при дисфункциональных фенотипах является увеличение физической активности, что показало настоящее исследование: регулярные занятия физкультурой и спортом благотворно отражаются на фенотипе в виде уменьшения показателя участия пропульсивной работы сердца в процессе продвижения крови за счет увеличения влияния «периферического сердца». Таких лиц было достоверно больше среди студентов БГУФК, чем среди студентов БГМУ. Это обстоятельство подтверждает правильность теоретически обоснованной нами трактовки значений главного параметра фенотипа (углового коэффициента  $\alpha$ ), нахождение которого в границах  $0 < \alpha < 0,5$  служит признаком увеличения активности «периферического сердца» и показывает потенциальную возможность немедикаментозной коррекции дисфункциональных фенотипов путем повышения физической активности. В частности, это особенно актуально для дисфункционального диастолического фенотипа, который связан с «гипертрофированным» участием миокарда левого желудочка при ослаблении «периферической» составляющей процесса кровообращения, и нередок среди практически здоровых молодых людей, а также среди пациентов с АГ.

Проведенное пилотное исследование фенотипов в группах спортсменов разных видов спорта выявило отсутствие значимой зависимости между фенотипами и стажем занятий спортом, однако показало связь между высокой спортивной квалификацией и гармоническим фенотипом. Поэтому нельзя исключить, что одной из причин более слабых спортивных результатов может быть именно дисфункциональная гемодинамика, а не недостаточная продолжительность занятий спортом. Этот вопрос требует дальнейшего изучения на репрезентативных группах испытуемых, а также в зависимости от конкретных видов спорта, чтобы использовать индивидуальные особенности организма спортсменов, включая гемодинамический фенотип, в тренировочном процессе.

## Литература

1. Воскресенский, С. А. Функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов разного уровня адаптированности к специфической мышечной деятельности/С. А. Воскресенский/ [Электронный ресурс]. – <http://earthpapers.net/funktsionalnye-harakteristiki-serdechno-sosudistoy-sistemy-u-sportsmenov-raznogo-urovnya-adaptirovannosti-k-spetsifichesk>. Диссертации по геологии, географии, биологии и сельскому хозяйству. Дата доступа: 08.04.2019.
2. Метод определения гемодинамического фенотипа: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14.12.2018, регистр № 171-1218 [Электронный ресурс] / авт.: Р. В. Хурса, И. Л. Месникова, Н. М. Еремина, М. В. Войтикова; учреждения-разработчики: УО «БГМУ», институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси. – Минск, 2018. – 13 с. – Режим доступа: <https://www.bsmu.by/page/8/4184/>
3. Тарабрина, В. А. Изучение гемодинамических показателей спортсменов на различных этапах спортивной подготовки / В. А. Тарабрина, Н. Ю. Тарабрина.// Молодой ученый. – 2017. – № 8. – С. 133–136. – URL <https://moluch.ru/archive/142/40057/> (дата обращения: 08.04.2019).
4. Хурса, Р. В. Дисфункциональные типы кровообращения у практически здоровых молодых людей: особенности функционального состояния сосудов и центральной гемодинамики / Р. В. Хурса// Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. – 2018. – № 17 (6). – С. 26–35.
5. Хурса, Р. В. Латентные нарушения кровообращения у молодых людей и их коррекция при модификации образа жизни с включением физических нагрузок / Р. В. Хурса / Оздоровительная физическая культура молодежи: актуальные проблемы и перспективы: материалы II Международной научно-практической конференции, Минск, 2–3 апреля 2015 года / Электронный документ: <http://www.bsmu.by/page/8/2908/> – Минск, БГМУ, 2015. – С. 131–136.
6. Хурса, Р. В. Пульсовое давление крови: роль в гемодинамике и прикладные возможности в функциональной диагностике/ Р. В. Хурса // Медицинские новости. – 2013. – № 4. – С. 13–19; Артериальная гипертензия (Укр). – 2014. – № 5(37). – С. 21–28.
7. Juhanoja EP, Niiranen TJ, Johansson JK, et al. Outcome-driven thresholds for increased home blood pressure variability. Hypertension. 2017; 69(4):599–607.
8. Mitchell J., Haskell W. L., Raven P. B. Classification of Sports // J. Am. Coll. Cardiol. – 1994. – N. 24. – P. 864–866.