

УДК 797:12+796.01:61

СОСТОЯНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У СТУДЕНТОВ-ГРЕБЦОВ



Ильютин А.В. (фото),
Хроменкова Е.В.,
Асташова А.Ю.,
Зубовский Д.К., канд. мед. наук,
Сируц А.Л., канд. пед. наук, доцент
(Белорусский государственный университет физической культуры)

В статье приводятся результаты исследований функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов-гребцов по показателям центральной гемодинамики в состоянии покоя и при выполнении тестирующей физической нагрузки. Спортсменки, специализирующиеся в академической гребле и гребле на байдарках и каноэ, характеризуются более экономичным функционированием сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя и адекватными изменениями показателей центральной гемодинамики при выполнении физической нагрузки по сравнению с гребцами-мужчинами.

Ключевые слова: система кровообращения, центральная гемодинамика, физическая нагрузка, гребля на байдарках и каноэ.

THE STATE OF CENTRAL HAEMODYNAMICS IN STUDENTS-ROWERS

Research results of a functional state of the cardiovascular system of students-rowers according to indicators of the central haemodynamics at rest and under testing physical load are presented in the article. Sportswomen specializing in rowing and rowing on kayaks and canoe are characterized by more economic functioning of the cardiovascular system at rest and by adequate changes of indicators of the central haemodynamics at physical loading in comparison with the male rowers.

Keywords: blood circulation system, central haemodynamics, physical load, rowing on kayaks and canoe.

Введение

Эффективное функционирование сердечно-сосудистой системы (ССС) во многом определяет спортивный результат, так как повышенный энергообмен и увеличенный кислородный запрос при

физических нагрузках может быть удовлетворен за счет усиления кровотока и доставки кислорода к сокращающимся скелетным мышцам. По типу реакции ССС на физическую нагрузку, например, при проведении функциональной пробы, можно оценить состояние организма спортсмена. Нормотонический тип реакции ССС на физическую нагрузку характеризуется адекватным увеличением частоты сердечных сокращений (ЧСС), увеличением систолического артериального давления (САД) не более 150 % от исходного, постоянством или незначительным снижением диастолического артериального давления (ДАД). При этом важными адаптационными механизмами являются расширение просвета функционирующих периферических сосудов и открытие резервных капилляров [1–6].

Выделяют также атипические типы реакции ССС на физическую нагрузку, которые могут свидетельствовать о возможном неблагоприятном функциональном состоянии организма спортсменов, переутомлении, перетренированности и т. д. Гипотонический (астенический) тип реакции определяется при незначительных колебаниях артериального давления (АД) и резком увеличении ЧСС, неадекватном физической нагрузке. Гипертонический тип реакции предполагает значительный прирост как АД, так и ЧСС. Дистонический тип реакции характеризуется неустойчивой тенденцией изменений АД без связи с ЧСС [1, 3, 7]. При выявлении атипических типов реакций ССС на физическую нагрузку важно определить причины их возникновения: заболевание, неправильное построение тренировочного

процесса, нарушение режима тренировки и др. Для студентов-спортсменов, как правило, характерно сочетание большого объема учебной информации и интенсивной физической нагрузки на фоне высокого нервно-эмоционального напряжения, что может привести к нарушениям в работе функциональных систем, в том числе и аппарата кровообращения. Поэтому своевременное выявление подобных состояний важно для сохранения здоровья спортсменов в процессе получения образования.

Цель исследования – оценка функционального состояния ССС студентов-гребцов по показателям центральной гемодинамики в состоянии покоя и при выполнении физической нагрузки.

Организация и методы исследования

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивалось по показателям центральной гемодинамики (ЦГД) в отделе психофизиологического мониторинга спортсменов и немедикаментозных оздоровительных технологий межкафедральной учебно-научно-исследовательской лаборатории (МУНИЛ).

В тестировании принимали участие 20 высококвалифицированных гребцов, студентов БГУФК (11 мужчин и 9 женщин). Разряд КМС имели 8 спортсменов, МС – 9 человек, МСМК – 3 человека. Спортсмены специализировались в гребле на байдарках (10 человек), в гребле на каноэ (5 человек) и в гребле академической (5 человек). Так как спортсмены проходили тестирование 1–2 раза, то символ n, который приводится в таблицах и рисунках обозначает количество человека/обследований.

Показатели системного кровообращения регистрировались методом дифференциальной тетраполярной реографии при помощи компьютерного многофункционального реографа «Импекард-М» (производство РБ). Изучались показатели ЦГД: ЧСС (уд/мин); САД, ДАД, АДср. (мм рт. ст.); ударный объем крови – УО (мл); минутный объем кровообращения – МОК (мл/мин); ударный индекс – УИ (мл/м²); сердечный индекс – СИ (л/мин×м²); давление наполнения левого желудочка – ДНЛЖ (мм рт. ст.); общее периферическое сопротивление сосудов – ОПСС (дин×с×м⁻⁵); а также производное от ЧСС и АД: общий гемодинамический показатель – ОГП (усл. ед.). Показатели регистрировали в покое и сразу после выполнения физической нагрузки.

В качестве тестирующей нагрузки использовали субмаксимальный тест на тредмиле со ступенчатым повышением нагрузки. Спортсмены разминались в течение 5 минут (скорость составляла 6 км/ч для мужчин и 5 км/ч для женщин), через пять минут отдыха выполняли основное тестирование. Начальная скорость составляла 9 км/ч для мужчин и 7,2 км/ч для женщин. Длительность ступени – три

минуты. Каждые три минуты скорость повышалась на 1,8 км/ч, а угол наклона дорожки – на 2°. Нагрузка выполнялась без интервалов отдыха, вплоть до отказа от работы из-за усталости. Каждую минуту регистрировали ЧСС при помощи пульсометра «Polar» (производство Финляндия).

Статистический анализ данных производили с помощью программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». Проводили проверку нормальности распределения количественных признаков с использованием критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Полученные данные (основной массив) не подчинялись закону нормального распределения и поэтому анализировались методами непараметрической статистики. Статистически значимые различия для парных наблюдений до и после нагрузки определяли с использованием критерия Уилкоксона (W). Значимость различий в частоте встречаемости какого-либо признака в сравниваемых группах определяли с помощью критерия χ^2 и многомерного критерия углового преобразования Фишера (φ). Количественные данные представлены в виде медианы значений (Me) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 перцентилей: Me (25 %; 75 %). Критическим значением уровня значимости считали 0,05.

Основные результаты и их обсуждение

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны среднегрупповые величины морфометрических показателей (таблица 1.) и показателей ЦГД в состоянии покоя и после выполнения нагрузочного тестирования (таблица 2.) студентов-гребцов в зависимости от пола.

В целом как спортсмены, так и спортсменки характеризуются правильным, пропорциональным телосложением, при этом имеют более высокий рост по сравнению с популяционными данными (таблица 1.).

Таблица 1. – Морфометрические характеристики студентов-гребцов

Показатели	Группы	
	Мужчины (n=21)	Женщины (n=18)
Возраст, лет	20,3 (20,0; 21,0)	19,9 (19,5; 20,3)
Рост, см	185 (183; 189)	174 (167; 179)
Вес, кг	87 (75,5; 90,5)	70 (68,0; 73,5)
ИМТ, кг/м ²	25,2 (23,8; 25,9)	22,8 (22,5; 25,0)
Масса мышечной ткани, %	49,2 (47,1; 50,3)	44,6 (41,1; 45,3)
Масса жировой ткани, %	15,1 (8,1; 15,5)	22,8 (20,0; 23,5)
Масса костной ткани, %	15,6 (14,9; 16,2)	14,8 (13,1; 16,2)

У студентов-гребцов в состоянии покоя показатели ЦГД в основном соответствовали физиологической норме вне зависимости от пола. Отмечен повышенный УО, как у мужчин, так и у женщин: 123,4 (101; 141) мл и 103 (87; 117) мл соответственно

(таблица 2.), что согласуется с литературными данными [1, 2, 8, 9, 10]. Как средние, так и индивидуальные высокие показатели УО у спортсменов указывают на высокую производительность их сердца и в целом об адаптации к физическим нагрузкам и высокому уровню развития физических качеств.

По мнению многих исследователей, общим фактором повышенного УО у спортсменов является сниженное ОПСС [1, 2, 4, 8, 9, 10]. В данном исследовании у студентов-гребцов в состоянии покоя также отмечены показатели ОПСС ниже физиологической нормы: 769 (642; 921) $\text{дин}\times\text{с}\times\text{см}^5$ у мужчин и 759 (631; 1066) $\text{дин}\times\text{с}\times\text{см}^5$ у женщин (таблица 2.). Сниженный уровень ОПСС в обеих группах спортсменов, а также связанное с этим невысокое САД в группе спортсменок объясняется, вероятно, постнагрузочными эффектами в периферическом сосудистом русле [10]. Длительность гипотензивной реакции на тренировочную нагрузку может достигать до 12 часов [10], что приводит к снижению ОПСС и является важным для обеспечения отставленных восстановительных процессов.

Проведен анализ динамики показателей ЦГД у студентов-гребцов в зависимости от пола при выполнении физической нагрузки (таблица 2.). У женщин наблюдались наиболее оптимальные изменения рассматриваемых показателей по сравнению с

мужчинами. Так, например в обеих группах отмечено закономерное повышение САД и снижение ДАД при выполнении физической нагрузки. Однако сдвиги АД у мужчин были более выраженными: систолическое давление возросло на 57 % и 50 % у мужчин и женщин соответственно, диастолическое давление снизилось на 42 % и 27 % соответственно. При этом прирост ЧСС в обеих группах практически одинаковый: в 3,1 раза в первой группе (спортсмены) и 3,2 раза – во второй (спортсменки).

Необходимо обратить внимание на изменение величины УО после нагрузки, так как в группах мужчин и женщин оно отличалось. У спортсменок отмечено значимое повышение величины УО при выполнении физической нагрузки по сравнению с состоянием покоя: от 103,0 (87; 117) мл до 112,7 (102; 125) мл ($P=0,047$ по W-критерию). У спортсменов показатель УО, напротив, снижался: от 123,4 (101; 141) мл в покое до 105,3 (81; 145) мл после нагрузки (различия незначимы, таблица 2.). В результате МОК как производное от УО при выполнении физической нагрузки у мужчин увеличился в 2,7 раза по сравнению с исходными значениями, а у женщин – в 3,4 раза. При этом увеличение МОК после нагрузки у спортсменок реализуется как за счет хронотропного механизма деятельности сердца (увеличение ЧСС), так и за счет инотропного меха-

Таблица 2. – Показатели центральной гемодинамики студентов-гребцов

Показатели	Группы					
	Мужчины (n=21)			Женщины (n=18)		
	до нагрузки	после нагрузки	P_1	до нагрузки	после нагрузки	P_2
САД, мм рт. ст.	115* (110; 120)	180* (160; 190)	0,000	100** (90; 115)	150** (145; 175)	0,000
ДАД, мм рт. ст.	60* (55; 65)	35* (0; 78)	0,001	55** (50; 65)	40** (15; 55)	0,001
АДср, мм рт.ст.	78,3 (73; 83)	79,1 (73; 98)	0,13	70,0** (67; 81)	78,3** (70; 93)	0,012
ЧСС, уд/мин	62* (58; 73)	193* (189; 198)	0,000	59,5** (54; 64)	189** (185; 194)	0,000
УО, мл	123,4 (101; 141)	105,3 (81; 145)	0,33	103,0 (87; 117)	112,7 (102; 125)	0,047
МОК, л/мин	7,5* (7,3; 8,7)	20,3* (15,5; 26,5)	0,000	6,2** (5,1; 7,4)	21,3** (19,1; 27,2)	0,000
УИ, мл/м ²	57,7 (48; 70)	53,0 (40; 67)	0,31	54,8** (51; 65)	62,3** (56; 78)	0,050
СИ, л/мин \times м ²	3,7* (3,5; 4,0)	10,3* (7,8; 12,4)	0,000	3,3** (2,6; 4,0)	11,7** (10,5; 14,7)	0,000
ОПСС, $\text{дин}\times\text{с}\times\text{см}^5$	769* (642; 921)	560* (346; 721)	0,003	759** (631; 1066)	616** (355; 785)	0,001
ДНЛЖ, мм рт. ст.	16,3* (15,4; 17,2)	17,8* (17,2; 20,3)	0,001	17,1 (16,2; 19,7)	19,1 (17,0; 20,4)	0,14
ОГП, у.е.	141 (131; 155)			133 (123; 146)		
Примечания:						
1) * – значимые различия при сравнении группы спортсменов до и после нагрузки по W-критерию Уилкоксона, P_1 – достигнутый уровень значимости;						
2) ** – значимые различия при сравнении группы спортсменок до и после нагрузки по W-критерию Уилкоксона, P_2 – достигнутый уровень значимости						

низма (увеличение УО). У гребцов-мужчин преимущественно реализуется хронотропный механизм.

Проведен индивидуальный анализ показателей ЦГД у студентов-гребцов в зависимости от пола. Определены типы кровообращения спортсменов в состоянии покоя, типы гемодинамической реакции на физическую нагрузку, а также выявлены особенности данных характеристик в группах мужчин и женщин. Полученные результаты представлены на рисунках 1–3.

Отмечено, что в общей группе студентов-гребцов с наименьшей частотой встречаются спортсмены с гипокинетическим типом кровообращения (5,1 %), и примерно с одинаковой частотой – с нормокинетическим (46,2 %) и гиперкинетическим (48,7 %). Согласно литературным данным, поддержание уровня артериального давления при гиперкинетическом типе гемодинамики осуществляется за счет большого СИ и высокой мощности сокращения левого желудочка при низких величинах ОПСС. В случае гипокинетического типа, напротив, ведущую роль в поддержании гомеостаза играет артериолярный тонус, при этом СИ и мощность сокращения левого желудочка минимальные, а ОПСС – максимальное. Нормокинетический тип характеризуется промежуточными значениями данных показателей и может рассматриваться как самый экономичный тип функционирования ССС [1, 2, 7].

Выявлены статистически значимые различия в частоте встречаемости различных типов кровообращения в группах мужчин и женщин ($P=0,03$ по критерию χ^2). Так, у мужчин с наибольшей частотой отмечен гиперкинетический тип гемодинамики: 66,7 % (рисунок 1а.), что значимо чаще по сравнению с группой женщин, у которых данный тип кровообращения зарегистрирован в 27,8 % случаев ($P<0,01$ по критерию Фишера, $\phi_{эмп}=2,49$). В группе спортсменок преобладал нормокинетический тип – в 61,1 % случаев, что значимо выше, чем в группе спортсменов – 33,3 % ($P<0,05$, $\phi_{эмп}=1,76$, рисунок 1а.). Необходимо отметить, что гипокинетический тип гемодинамики в группе мужчин не встречался, а в группе женщин он выявлен в 11,1 % случаев ($P<0,05$, $\phi_{эмп}=2,12$).

Наличие гиперкинетического типа кровообращения в покое характеризуется как ограничивающее резервные возможности гемодинамического ответа на физические нагрузки, а гипо- и нормокинетические типы являются наиболее экономичными, следовательно, результаты данного исследования свидетельствуют о более оптимальном состоянии гемодинамики в покое у спортсменок, специализирующиеся в академической гребле и гребле на байдарках и каноэ, по сравнению с гребцами-мужчинами.

Данное заключение подтверждается при индивидуальном анализе ОГП в группах мужчин и жен-

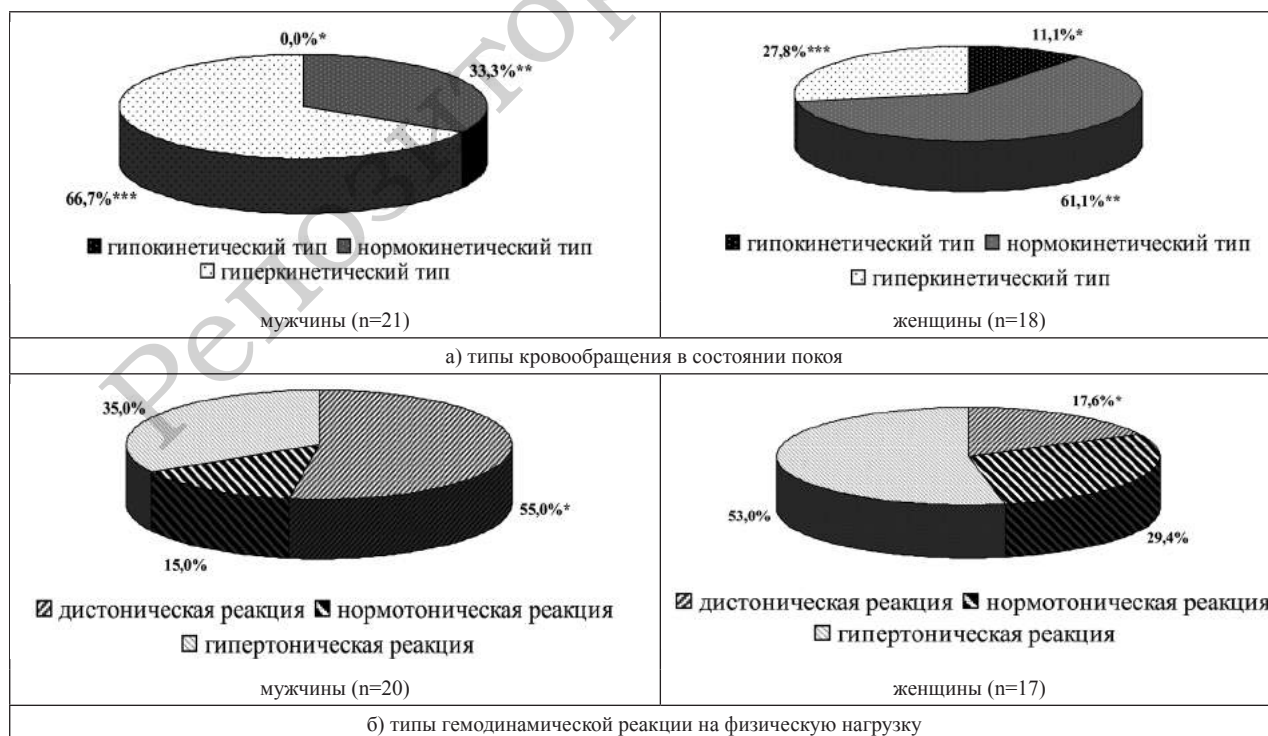


Рисунок 1. – Частота встречаемости различных типов кровообращения в состоянии покоя и различных типов гемодинамической реакции на физическую нагрузку у студентов-гребцов

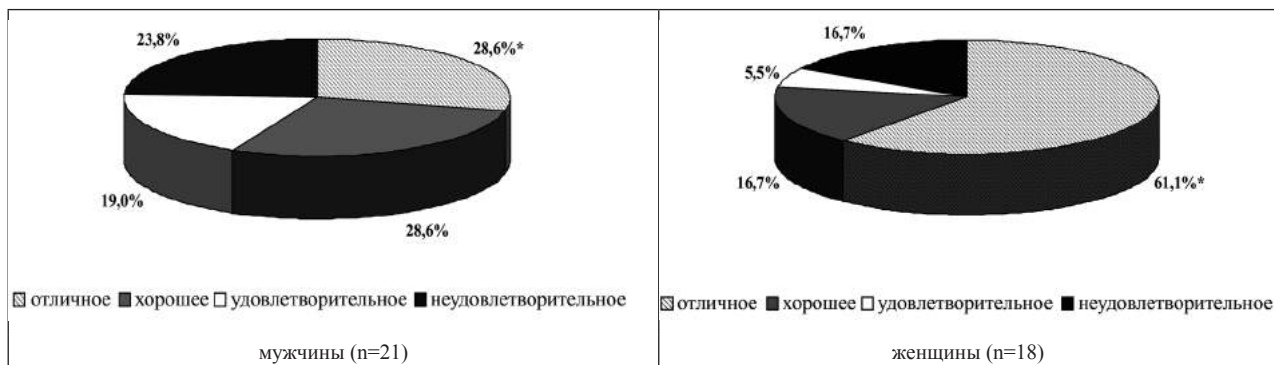


Рисунок 2. – Общее гемодинамическое состояние сердечно-сосудистой системы студентов-гребцов в состоянии покоя

щин (рисунок 2.). Так, у спортсменок значимо чаще по сравнению со спортсменами зафиксированы значения ОГП, соответствующие отличному гемодинамическому состоянию: в 61,1 % и 28,6 % случаев соответственно ($P < 0,05$, $\varphi_{ЭМП} = 2,08$). У женщин по сравнению с мужчинами реже отмечено удовлетворительное (5,5 % и 19,0 % соответственно) и неудовлетворительное состояние кровообращения (16,7 % и 23,8 % соответственно, различия незначимы).

На рисунке 16. представлено соотношение различных типов гемодинамической реакции на выполненную физическую нагрузку у студентов-гребцов в зависимости от пола. Индивидуальный анализ реакций системы кровообращения на нагрузку выявил статистически значимые различия в группах мужчин и женщин ($P = 0,05$ по критерию χ^2). У спортсменок по сравнению со спортсменами чаще отмечена нормотоническая реакция (29,4 % и 15,0 % соответственно), а также гипертоническая реакция (53,0 % и 35,0 % у женщин и мужчин соответственно, различия незначимы).

У гребцов-мужчин в 55,5 % случаев отмечен дистонический тип реакции ССС на физическую нагрузку (рисунок 16.), что значимо чаще по сравнению с женщинами – 17,6 % ($P < 0,01$, $\varphi_{ЭМП} = 2,44$).

Необходимо также отметить, что у спортсменов значимо чаще, чем у спортсменок зарегистрирован феномен бесконечного тона (ФБТ) после выполнения нагрузочного тестирования (рисунок 3.). Феномен бесконечного тона, при котором ДАД не определяется, а САД достигает 160–190 мм рт. ст., является вариантом дистонического типа реакции ССС на нагрузку. При измерении АД постоянно выслушивается систолический тон с момента его появления и до нуля (это не означает, что ДАД равно нулю). Бесконечный систолический тон объясняется «звучанием» стенок сосудов, когда амплитуда звучания имитирует пульсацию крови. Появление ФБТ является критерием переутомления, перенапряжения ССС. В механизмах этого явления преобладает несоответствие сердечного выброса и периферического тонуса сосудов. У спортсменов ФБТ отмечен

в 45,0 % случаев, что значимо чаще, чем у спортсменок – 17,6 % ($P < 0,05$, $\varphi_{ЭМП} = 1,83$, рисунок 3.).

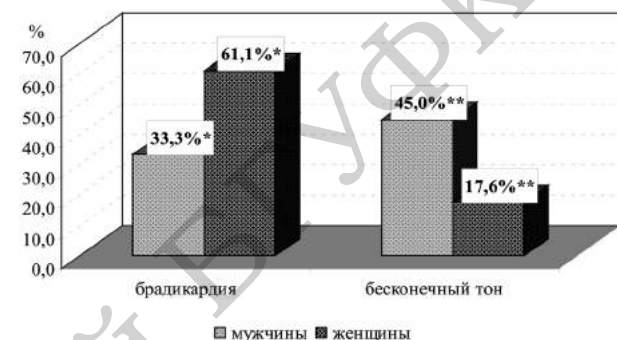


Рисунок 3. – Частота встречаемости брадикардии в состоянии покоя и феномена бесконечного тона после выполнения физической нагрузки у студентов-гребцов

Индивидуальный анализ показателей ЦГД студентов-гребцов показал, что в группе женщин с высокой частотой отмечена брадикардия (61,1 %), что значимо выше по сравнению с группой мужчин, у которых брадикардия в покое зарегистрирована только в 33,3 % случаев ($P < 0,05$, $\varphi_{ЭМП} = 1,76$, рисунок 3.).

Таким образом, высокая частота брадикардии в группе спортсменок свидетельствует об экономизации кровообращения в состоянии покоя, а высокая частота ФБТ при выполнении физической нагрузки в группе спортсменов указывает на некоторое напряжение механизмов функционирования ССС.

Как было отмечено выше, изменение некоторых показателей ЦГД при выполнении физической нагрузки в группах мужчин и женщин отличалось. На рисунке 4. представлены данные о динамике УО и ОПСС при нагрузке у студентов-гребцов. У спортсменок в большинстве случаев (53,0 %) величина ударного объема увеличивалась по сравнению с до-рабочими значениями. У спортсменов увеличение УО зафиксировано только в 35,0 % случаев (рисунок 4а.). При этом в половине случаев (50,0 %) в группе мужчин УО снижался, что значимо выше по сравнению с группой женщин, в которой данный показатель составил только 23,5 % ($P < 0,05$, $\varphi_{ЭМП} = 1,69$, рисунок 4а.).

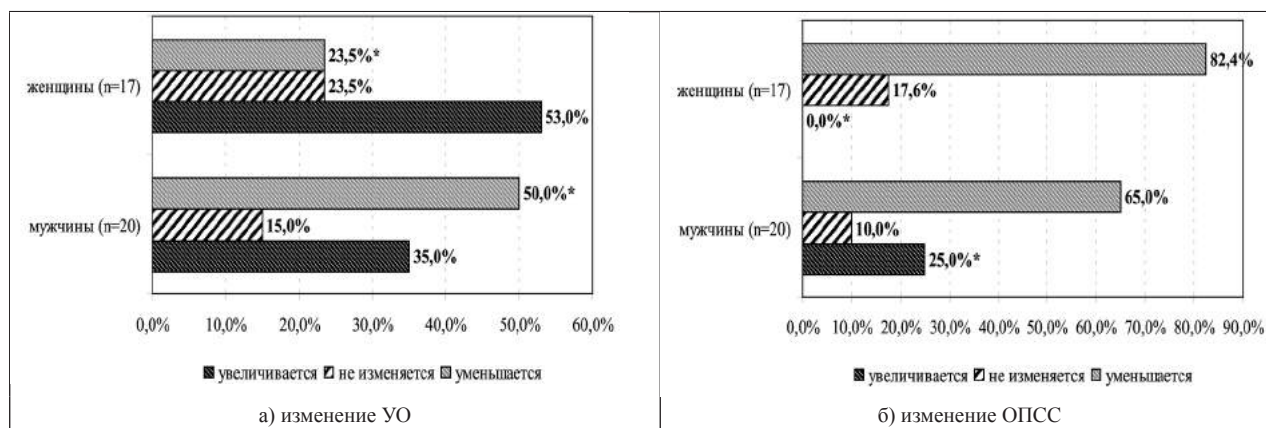


Рисунок 4. – Изменение УО и ОПСС у студентов-гребцов после выполнения физической нагрузки

Величина общего периферического сопротивления сосудов снижалась при выполнении физической нагрузки, как у гребцов-мужчин (в 65,0 % случаев), так и у женщин (82,4 %, рисунок 4б.). Однако у спортсменов в 25,0 % случаев отмечено увеличение ОПСС, что значимо выше по сравнению с группой спортсменок, в которой такое изменение ОПСС не встречалось (0,0 %, $P < 0,01$, $\varphi_{эмп} 3,17$).

Заключение

Анализ показателей ЦГД способствует выявлению индивидуальных критериев адаптации организма к физическим нагрузкам. При изучении показателей ЦГД в условиях покоя и при выполнении тестирующей физической нагрузки в группах студентов-гребцов в зависимости от пола у мужчин по сравнению с женщинами отмечены следующие статистически значимые отличия ($P < 0,05$), определяющие некоторое напряжение механизмов функционирования сердечно-сосудистой системы:

- значимо реже встречается брадикардия в состоянии покоя;
- значимо реже отмечены показатели ОГП, соответствующие отличному состоянию кровообращения в покое;
- в покое значимо реже зафиксированы гипо- и нормокинетический типы кровообращения, при этом чаще выявлен гиперкинетический тип;
- значимо чаще отмечено снижение величины ударного объема при выполнении физической нагрузки;
- при выполнении физической нагрузки значимо чаще выявлено повышение общего периферического сопротивления сосудов;
- значимо чаще отмечен дистонический тип гемодинамической реакции при выполнении физической нагрузки;
- при выполнении физической нагрузки значимо чаще зафиксирован феномен бесконечного тона.

При этом увеличение минутного объема кровообращения после нагрузки у спортсменок реализуется как за счет хронотропного механизма деятель-

ности сердца (увеличение ЧСС), так и за счет инотропного механизма (увеличение ударного объема). У гребцов-мужчин преимущественно реализуется хронотропный механизм.

Спортсменки, специализирующиеся в академической гребле и гребле на байдарках и каноэ, характеризуются более экономичным функционированием сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя и адекватными изменениями показателей центральной гемодинамики при выполнении физической нагрузки по сравнению с гребцами-мужчинами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Граевская, Н. Д. Спортивная медицина: Курс лекций и практические занятия : учеб. пособие / Н. Д. Граевская, Т. И. Долматова. – М. : Советский спорт, 2004. – 304 с.
2. Дембо, А. Г. Спортивная кардиология : рук-во для врачей / А. Г. Дембо. – Л. : Медицина, 1989. – 464 с.
3. Оценка типов реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку / Г. М. Загородный [и др.] // Спортивная медицина. – 2000. – № 2. – С. 19–23.
4. Макарова, Г. А. Спортивная медицина: учебник / Г. А. Макарова. – М. : Советский спорт, 2003. – 480 с.
5. Физиология человека : учеб. пособие / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича. – Минск : Вышэйшая школа, 2008. – 544 с.
6. Состояние центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / А. Ю. Мальцев [и др.] // Физиология человека. – 2010. – Том 36, № 1. – С. 112–118.
7. Гизатуллина, Ч. А. Функциональная подготовка легкоатлетов с разными типами кровообращения и биоэнергетики : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Ч. А. Гизатуллина ; ФГБОУ ВПО Поволжская ГАФКСиТ. – Набережные Челны, 2013. – 24 с.
8. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function / B. M. Pluim [et al.] // Circulation. – 2000. – Vol. 101. – P 336–342.
9. Белоцерковский, З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности спортсменов / З. Б. Белоцерковский. – М. : Советский спорт, 2005. – 312 с.
10. Kenney, M. J. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance / M. J. Kenney, D. R. Seals // Hypertension. – 1993. – Vol. 22. – P. 653–658.

9.07.2015