

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Дозированная физическая нагрузка является распространенным видом физиологических провокаций, который используют для оценки компенсаторно-приспособительных механизмов организма. В работе представлена динамика показателей частоты сердечных сокращений и артериального давления в моменты времени, которые соответствуют заданной мощности физической нагрузки. В результате исследования установлено, что умеренная доза физической нагрузки увеличивает количественные значения данных показателей с последующим выходом на стабильный уровень стационарного состояния, максимальная же нагрузка может привести к сбоям и отклонениям регуляции сердца и системы кровообращения в целом.

Ключевые слова: гемодинамика, дозированная физическая нагрузка, велоэргометр, срочная адаптация.

Dosed physical activity is a common type of physiological provocation, which is used to assess the compensatory and adaptive mechanisms of the body. The paper presents the dynamics of indicators of heart rate and blood pressure, at times that correspond to a given power of physical activity. As a result of the study, it was found that a moderate dose of physical activity increases the quantitative values of these indicators with subsequent access to a stable level of stationary state, while the maximum load can lead to failures and deviations in the regulation of the heart and circulatory system as a whole.

Keywords: hemodynamics, metered physical activity, bicycle ergometer, urgent adaptation.

Введение. Дозированная физическая нагрузка позволяет в достаточной степени оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Это один из наиболее распространенных видов физиологических провокаций, который используют для оценки компенсаторно-приспособительных механизмов организма [1, 2]. При физических нагрузках основная работа ложится на сердце и систему кровообращения, которая обеспечивает кислородом ткани и органы организма. Дозированная физическая нагрузка является фактором адаптации; принято различать периоды срочной и долговременной адаптации.

Для диагностики функции системы кровообращения срочная адаптация является важной функциональной пробой. В ходе данной адаптации системы кровообращения при совершении физической нагрузки увеличивается частота сердечных сокращений, ударный объем сердца, артериальное давление. Умеренная доза физической нагрузки в течение 10 минут увеличивает частоту сердечных сокращений и выходит на стабильный уровень стационарного состояния, которое не должно приводить к утомлению.

Отличительной особенностью срочной адаптации в условиях максимальной физической нагрузки является то, что работа системы кровообращения протекает на пределе возможностей организма при полной мобилизации физиологических резервов [3]. В этих условиях в достаточной мере возможны сбои и отклонения, как в системе кровообращения, так и в системе регуляции работы сердца и кровеносных сосудов.

Широко распространенной функциональной пробой в клинической практике, физиологии спорта и других отраслях, является велоэргометрическая проба. Физическая нагрузка велоэргометра определяется сопротивлением вращения педалей прибора, которое задается установленным выбором мощности. При прохождении магнитного потока через вращающийся диск, в нем возникают вихревые токи, в результате чего создается тормозной момент, который преодолевается усилием на педалях [1].

Целью данного исследования являлось оценить динамику основных показателей системы кровообращения: значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД, соответственно).

Материалы и методы. Исследование проводилось в УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины» на базе кафедры зоологии, физиологии и генетики, а также УЗ «Гомельский областной клинический госпиталь инвалидов Великой Отечественной Войны». В

исследовании участвовало 15 мужчин в возрасте от 20 до 30 лет. Для проведения нагрузочной пробы и измерения показателей гемодинамики использовали электронный тонометр Microlife, 12-канальный цифровой электрокардиограф «Интекард-3», велоэргометр М32-В1. Измерения проводились в соответствии с руководством комплекса ЭКГ интерпретирующего «Интекард», Рег. удостоверение № ИМ7.6566/1604 ТУ ВУ1050381.001-2005. По результатам протоколов обследований сформирована база данных. Статистический анализ проводили с применением пакета прикладных программы Statistica 6.0 (StatsoftInc., США).

Результаты и обсуждение. Выборочные данные позволили провести статистический анализ и оценку отклонения показателей гемодинамики и степени влияния мощности физической нагрузки на систему кровообращения. В таблице 1 представлены средние значения и степень варьирования частоты сердечных сокращений у обследуемой когорты. Значения коэффициента вариации показывают, что выборочные данные однородны и принадлежат одной генеральной совокупности. Измерение частоты сердечных сокращений производилось в момент изменения мощности нагрузки.

Таблица 1. Динамика частоты сердечных сокращений, уд/мин

Показатель	Мощность, Вт			
	0	50	100	150
Среднее арифметическое	81 ± 6 (11)	119 ± 7 (13)	143 ± 8 (16)	156 ± 6 (11)
Коэффициент вариации	13%	11%	11%	7%

Из таблицы 1 видно, что подъем ЧСС происходит с увеличением мощности в момент выполнения пробы, что связано с нарастающей работой сердца. Динамика прироста ЧСС составляет 49,9% при мощности нагрузки 50 Вт, 20,2% - при 100 Вт и 9,1% - при 150 Вт. Наблюдается постепенное уменьшение прироста ЧСС с каждым последующим увеличением мощности нагрузки. Наиболее резкий скачок увеличения частоты (31,9%) наблюдается при подаче нагрузки, вследствие срочной адаптации организма.

В выборке не выявлены лица с резкими отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы или иными патологиями, которые могли бы повлиять на результаты обследования. В этой связи выборка является достаточно однородной, коэффициент вариации не превышает 15. Уравнение линейной регрессии позволяет предположить постепенное изменение частоты сердечных сокращений в соответствии с дозой физической нагрузки. Выбранный режим позволил сердцу плавно подстроиться под выбранный режим нагрузки. Математический анализ регрессионной функции $y=24x+62,5$ показал, что линейная регрессия достаточно точно позволяет описать динамику частоты сердечных сокращений, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,95$.

Уровень артериального давления у человека определяется двумя показателями – это верхнее (систолическое) и нижнее (диастолическое) давление. В комплексе они показывают, насколько правильно работает мышца сердца (миокард), а зависит нормальное ее функционирование от работы крупных артерий.

Таблица 2. Динамика систолического артериального давления, мм рт. ст.

Показатель	Мощность, Вт			
	0	50	100	150
Среднее арифметическое	114 ± 5 (9)	124 ± 6 (11)	136 ± 7 (13)	140 ± 8 (15)
Коэффициент вариации	8%	9%	10%	10%

В таблице 2 отображены средние значения и степень варьирования величины САД у обследуемой группы мужчин. Наблюдается линейное увеличение значения данного показателя. Динамика прироста по САД в зависимости от мощности нагрузки составляет: 8,8%, 9,7%, 3%. Наибольший прирост САД происходит при подаче нагрузки, затем давление остается на относительно постоянном уровне. Регрессионная функция имеет вид $y=9x+106$, достаточно точно позволяет описать динамику САД, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,97$.

В таблице 3 представлены средние значения и степень варьирования по величине ДАД. Динамика прироста по данному показателю составляет 5,4%, 5,1% и далее не изменяется. Выборочные данные однородны и также принадлежат одной совокупности. Коэффициент вариации не превышает 15%.

Таблица 3. Динамика диастолического артериального давления, мм рт. ст.

Показатель	Мощность, Вт			
	0	50	100	150
Среднее арифметическое	74 ± 3 (5)	78 ± 2 (4)	82 ± 4 (7)	82 ± 4 (7)
Коэффициент вариации	7%	5%	8%	9%

Уравнение регрессионной функции $y=2,8x+72$, коэффициент аппроксимации $R^2=0,89$, что достаточно точно позволяет описать динамику САД.

В работе также была оценена динамика ЧСС, САД и ДАД по времени в период восстановления после физической нагрузки.

Таблица 4. Динамика частоты сердечных сокращений, уд/мин

Показатель	Время восстановления, мин					
	1	2	3	4	5	6
Среднее арифметическое	120 ± 7 (13)	100 ± 6 (12)	97 ± 6 (11)	94 ± 6 (11)	92 ± 6 (10)	93 ± 4 (5)
Коэффициент вариации	11%	12%	12%	12%	11%	6%

По данным таблицы 4 видно, что ЧСС снижается в конце каждой минуты восстановительного периода. Но первоначального значения не было достигнуто, что может быть связано с избыточной физической нагрузкой или скрытой сердечно-сосудистой патологией.

Уравнение экспоненциальной зависимости ЧСС от времени имеет вид $y=115,56e^{-0,044x}$, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,70$. Отрицательное значение линейного коэффициента в уравнении функции свидетельствует о резком скачке значений ЧСС на 1 и 2 минутах восстановительного периода.

Таблица 5. Динамика систолического артериального давления, мм рт. ст.

Показатель	Время восстановления, мин					
	1	2	3	4	5	6
Среднее арифметическое	145 ± 8 (16)	141 ± 7 (14)	128 ± 6 (12)	120 ± 6 (12)	114 ± 4 (8)	113 ± 6 (9)
Коэффициент вариации	11%	10%	10%	10%	7%	8%

Данные таблиц 5 и 6 отображают динамику снижения САД и ДАД в разное время периода восстановления, вплоть до практически полного восстановления исходного значения данных показателей, что свидетельствует о хороших резервных возможностях сердечно-сосудистой системы испытуемых.

Таблица 6. Динамика диастолического артериального давления, мм рт. ст.

Показатель	Время восстановления, мин					
	1	2	3	4	5	6
Среднее арифметическое	84 ± 4 (7)	81 ± 5 (9)	75 ± 4 (8)	73 ± 4 (8)	71 ± 4	70 ± 5
Коэффициент вариации	9%	12%	11%	11%	9%	10%

Отрицательные значения угловых коэффициентов в уравнениях экспоненциальной зависимости $y=153,39e^{-0,056x}$ и $y=86,268e^{-0,038x}$ зависимости САД и ДАД, соответственно, от времени восстановления свидетельствуют о более резком скачке давления.

Вывод. Таким образом, дозированная физическая нагрузка позволяет вычислить ряд простых параметров, дающих представление о физической работоспособности обследуемого в количественном выражении. Умеренная доза физической нагрузки увеличивает количественные значения частоты сердечных сокращений и артериального давления с последующим выходом на стабильный уровень стационарного состояния, максимальная же нагрузка может привести к сбоям и отклонениям регуляции сердца и системы кровообращения в целом.

Литература:

1. Тавровская, Т.В. Велозргометрия. Практическое пособие для врачей/ Т.В. Тавровская. – СанктПетербург.: Нео, 2007. – 138 с.
2. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии. Часть I // Кардиология. – 1995. – №3. – С. 74-82.
3. Солодков, А. С, Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. // А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

Научный руководитель:

кандидат биологических наук Дроздов Денис Николаевич
Нуржан Темирбай, Алибек Уралбеков, Арман Сенгирбай
(Тараз, Казахстан)