

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕСТА СО СТУПЕНЧАТОЙ НАГРУЗКОЙ НА РУЧНОМ ЭРГОМЕТРЕ И ВЕЛОЭРГОМЕТРЕ

Бурень Н. В.

Севастопольский национальный технический университет

Аннотация. Рассмотрены особенности адаптационных реакций организма студентов технического университета на физическую нагрузку, выполняемую разными по объёму и расположению мышечными группами. По результатам тестирования студентов на велоэргометре и ручном эргометре рассчитаны показатели потребления кислорода на каждой ступени теста. Разработаны рекомендации по интенсивности физической нагрузки при выполнении упражнений мышечной группой плечевого пояса в процессе оздоровительных занятий студентов.

Ключевые слова: студенты, упражнения, эргометрия, ЧСС, PWC_{170} , энерготраты.

Анотація. Бурень Н. В. Адаптаційні реакції організму студентів під час виконання тесту зі ступінчастим навантаженням на ручному ергометрі і велоергометрі. Розглянуто особливості адаптаційних реакцій організму студентів технічного університету на фізичне навантаження виконуване різними за об'ємом і розташуванням м'язовими групами. За результатами тестування студентів на велоергометрі і ручному ергометрі розраховані показники споживання кисню на кожному ступені тесту. Розроблено рекомендації з інтенсивності фізичного навантаження під час виконання вправ м'язовою групою плечевого пояса у процесі оздоровчих занять студентів.

Ключові слова: студенти, вправи, ергометрія, ЧСС, PWC_{170} , енерговитрати.

Abstract. Buren N. Adaptation reactions of students organism during a graded load test on a hand arm and bicycle ergometry. The specific adaptation reactions of technical university students organism upon physical load, performed by muscle groups of different size and position, are considered in this article. The parameters of oxygen consumption at every stage of the test are calculated according to the results of tests on a arm ergometry and bicycle ergometry. Recommendations towards the intensity of physical load during a workout for a shoulder girdle muscles during health-improving exercises for students are developed.

Key words: students, exercises, ergometry, hart rate, PWC_{170} , energy output.

Постановка вопроса. Одним из основных принципов оздоровительной направленности физического воспитания студентов является соответствие величины нагрузок функциональным возможностям организма. Реализация этого принципа основывается на использовании различных критериев, в числе которых: функциональные показатели (% от МПК, ЧСС, ПАНО), метаболические характеристики (МЕТ, ккал) и субъективные ощущения [5; 11].

В оздоровительных программах, разработанных для студенческой молодежи, применяются различные критерии интенсивности физической нагрузки [1; 2; 6; 7]. Рассчитаны параметры интенсивности оздоровительных упражнений для студентов на основании величины % от МПК (О. В. Дрозд, 1998). Разработана методика экспресс-контроля физической деятельности (С. А. Савчук, 1992). Для совершенствования физического состояния студентов рассчитан коэффициент физической нагрузки (Д. В. Бондарев, 2004). Разработана теория «беговых» нагрузок, адаптированная для военнослужащих (А. Г. Поддубный, 2003).

Однако содержание оздоровительных программ занятий предусматривает выполнение упражнений с участием различных групп мышц, отличающихся по своему объёму, расположению и функциональным возможностям. Тем не менее, рекомендации относительно интенсивности нагрузки чаще всего не учитываются при определении нагрузки. В лучшем случае интенсивность нагрузки при выполнении упражнений задается по формуле М. Карвонена и составляет 60–

80 % пульсового резерва, 60–80 % от МПК, 70–85 % ЧСС_{макс.} занимающихся [4]. При этом не учитывается, что такая интенсивность оптимальна лишь для упражнений, в которых в работу вовлечено свыше 60–70 % мышечного массива (ходьба, бег, плавание и др.). Когда с такой интенсивностью выполняются упражнения «локального» или «регионального» характера [5], вовлекающие в работу 40–60 % мышц (упражнения на силовых тренажёрах и др.), что вызывает значительные перегрузки [9; 15]. Причина перегрузок, на наш взгляд, заключается в следующем. Оптимальный эффект оздоровительных занятий достигается тогда, когда энергообеспечение работающих мышц в процессе тренировки осуществляется, в основном, за счет аэробных процессов, при уровне потребления кислорода вблизи анаэробного порога. Такой уровень достигается, если потребление кислорода составляет 60–80 % от МПК. Однако известно, что величина МПК различна у одного и того же занимающегося, в зависимости от того, при выполнении какого упражнения оно измерялось [9; 11; 13; 15].

В исследованиях [11; 15] показано, что величина МПК, зафиксированная при выполнении работы на велоэргометре, составляет 80–95 %, от МПК при тесте в беге, а величина МПК, измеренная при выполнении физической нагрузки с участием мышц плечевого пояса, составляет 48–76 % от МПК «бегового» теста.

Эти различия можно объяснить тем, что каждая мышца и каждая группа мышц имеет свой «локальный» уровень МПК. А физиологическая интенсивность упражнения зависит от суммарного МПК мышц, вовлеченных в работу. Чем их меньше вовлечено,

тем ниже уровень «локального» МПК. Если не учитывать этот факт и задавать интенсивность нагрузок для упражнений, в которых в работу вовлечено менее 60–70 % мышечного массива, ориентируясь на формулы, основанные на МПК «бегового» теста, то это приведёт к неприемлемо высокой интенсивности нагрузки, энергообеспечение работающих мышц будет осуществляться преимущественно анаэробным путем. Уровень лактата в крови резко возрастает [9], возникает локальный кислородный долг, следствием чего является ощущение высокого субъективного напряжения [15]. Таким образом, налицо все признаки не оздоровительной, а жёсткой спортивной тренировки. Чтобы этого не происходило, по нашему мнению, интенсивность нагрузок должна задаваться с учетом объёма, вовлекаемых в упражнение групп мышц.

Поэтому адаптационные реакции организма студентов при использовании упражнений, вовлекающих в работу разные объёмы мышечного массива, требуют дополнительных исследований.

Анализ последних исследований и публикаций. Адаптационные реакции организма и сравнительные тренировочные эффекты при тренировке на велоэргометре, ручном эргометре и других упражнениях, выполняемых разными мышечными группами, рассматривались исследователями в нашей стране и за рубежом [5; 9; 10; 11; 15; 17].

В частности, в исследовании [14] проведён сравнительный анализ тренировочных эффектов на нагрузку, выполняемую на велотренажёре и ручном эргометре продолжительностью 5 недель, с частотой занятий – 3 раза в неделю по 20 мин. В результате тренировки на ручном эргометре было установлено, что показатель МПК при работе руками увеличился в среднем на 23,5 %; PWC_{170} на 23,1 %. Выполнение упражнений на велотренажёрах привело к увеличению МПК на 18,1 %; PWC_{170} на 36,8 %.

Показано [17], что в результате 5-недельных занятий интервальной тренировкой на ручном эргометре зафиксировано снижение показателей ЧСС и уровня лактата в крови (La) у юношей. Снижение ЧСС составило 22,5 % и уровня лактата (La) 54,5 %; на велоэргометре соответственно ЧСС – на 17,6 % и La – на 38,4 %.

Сравнивалась субъективная тяжесть ощущаемой нагрузки при работе разными мышечными группами на мощности 100 и 200 Вт у мужчин среднего возраста. Установлено, что более низкий порог толерантности нагрузки фиксируется при работе руками [15].

Исследована эффективность упражнений на ручном эргометре как средства физической реабилитации кардиологических больных [16].

Показано, что при тренировке спортсменов высокого класса эффект упражнений «локального» характера (менее 40 % активной мышечной массы) особенно возрастает, если используются методические приёмы, увеличивающие нагрузку на работающие мышечные группы [5].

Установлено также, что показатели потребления кислорода при работе разными мышечными группами могут использоваться для динамического наблюдения за физической подготовленностью спортсменов и служить медико-биологическим критерием при отборе в плавании [10].

Краткий обзор исследований свидетельствует о

возможности совершенствования функционального состояния организма человека с учётом специфики нагрузки. Однако результаты исследований, приведённых выше, получены на разном возрастном и этническом контингенте, у лиц с разным уровнем физического состояния и подготовленности. Поэтому использовать представленные параметры интенсивности нагрузки в процессе физического воспитания студентов, на наш взгляд, не совсем корректно. В связи с этим возникает необходимость проведения собственных исследований.

Работа выполнена по плану НИР кафедры ФВ и С Севастопольского национального технического университета.

Цель исследований: определить адаптационные реакции организма студентов при выполнении упражнений, вовлекающих в работу различные объёмы мышечного массива.

Задачи:

1. Определить особенности адаптационных реакций организма студентов технического вуза при выполнении теста со ступенчатой нагрузкой на ручном эргометре и велоэргометре.

2. Разработать рекомендации по интенсивности нагрузки при выполнении упражнений, вовлекающих в работу различные объёмы мышечного массива, для студентов, занимающихся оздоровительной тренировкой.

Результаты исследования. В исследовании принимали участие студенты СевНТУ, юноши ($n=41$) 2–3 курсов, по состоянию здоровья отнесённые к основной группе (табл. 1).

Таблица 1

Показатели физического развития и функциональной подготовленности участников тестирования, $\bar{X} \pm t$

Показатель	Студенты технического университета, юноши ($n=41$)	
	2 курс, $n=24$	3 курс, $n=27$
Возраст, лет	18,3±1,6	19,6±1,4
Масса тела, кг	69,1±0,4	70,5±0,6
Длина тела, см	177,5±0,4	177,3±0,7
Жировая масса, %	12,3±0,04	14,6±0,04
МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	51,5±0,24	52,7±0,17

Жировая масса тела рассчитывалась по методике [11]. Величина МПК прогнозировалась по результатам преодоления дистанции в беге на 1000 м [8].

Методической основой исследования являлся тест со ступенчатой нагрузкой [3; 11]. Нагрузка выполнялась на велоэргометре и ручном эргометре. В тесте на ручном эргометре начальная мощность нагрузки составляла 40 Вт, задавалась ступенчатая нагрузка, с «шагом» 20 Вт, продолжительностью 3 мин, пауза отдыха составляла 2 мин. Регистрация ЧСС осуществлялась каждые 5 с с помощью монитора сердечного ритма Garmin Forerunner 305. Электрические импульсы сердца записывались и передавались на прибор,

снабжённий запоминающим устройством, который находился на запястье. Затем данные со значениями ЧСС обрабатывались с помощью программы Garmin Training Center. Были получены графики изменения ЧСС для каждого студента (рис. 1).

Статистически данные обрабатывались с помощью электронных таблиц MS Excel. Результаты исследования представлены как средняя арифметическая и стандартная ошибка средней ($\bar{X} \pm m$).

На рис. 1 представлены результаты тестирования студентов. К собственным результатам проведённого исследования мы относим следующее:

1. Результаты тестирования студентов технического университета подтверждают положение о существующих различиях в адапционных реакциях организма человека при выполнении физической нагрузки разными по объёму и расположению группами мышц. Зависимость между реакцией сердечно-сосудистой системы организма студентов и мощностью нагрузки имеет линейный характер и выражается следующими уравнениями регрессии:

Нагрузка на ручном эргометре:

$$\text{ЧСС} = 16,3 \times \text{Мощность (Вт)} + 78,06$$

Нагрузка на велоэргометре:

$$\text{ЧСС} = 10,4 \times \text{Мощность (Вт)} + 58,1$$

2. По результатам тестирования нами был рассчитан показатель физической работоспособности PWC_{170} , а также шкала оценки физической работоспособности организма студентов технического университета при выполнении физической нагрузки на ручном эргометре. Шкала оценки рассчитана методом перцентилей. К «высокому» уровню физической работоспособности организма при выполнении физической нагрузки на ручном эргометре относятся результаты 2,55–2,45 $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$; к уровню «выше среднего» – 2,44–2,35 $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$; к «среднему» – 2,34–2,15 $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$; к уровню «ниже среднего» – 2,14–1,95 $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$; «низкому» уровню соответствуют результаты 1,94 $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ и менее.

Статистически достоверное соотношение меж-

ду показателями физической работоспособности (PWC_{170}), зафиксированное при выполнении нагрузки на ручном эргометре составляет $83,3 \pm 3,1\%$ к результату теста на велоэргометре. Величина соотношения варьирует от 40 % (в начале теста) до 80 % (на последних ступенях нагрузки) (рис. 1).

При разработке рекомендаций по интенсивности нагрузки при выполнении упражнений разными по объёму и расположению мышечными группами мы использовали методику [11]. Эксперты Американского колледжа спортивной медицины (АКСМ) методом прямой калориметрии определили действительные физиологические затраты организма при выполнении физических упражнений, наиболее часто используемых в оздоровительных программах. На основании полученных данных были разработаны уравнения, позволяющие определить расход энергии при различных видах двигательной активности. В частности: установили [13], что потребление кислорода при выполнении нагрузки на велоэргометре мощностью $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-1}$ составляет около 2 мл. Расход кислорода, соответствующий мощности $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-1}$, при выполнении упражнений руками на 50 % выше, чем при работе на велоэргометре [16].

По результатам тестирования студентов, нами были рассчитаны метаболические показатели нагрузки (потребление кислорода; MET) при выполнении теста со ступенчатой нагрузкой на велоэргометре и ручном эргометре (табл. 2).

На основании данных табл. 2, методом графической интерполяции мы рассчитали диапазоны тренировочной ЧСС при выполнении оздоровительных упражнений мышечной группой плечевого пояса (табл. 3). Диапазоны тренировочной ЧСС, представленные в таблице, соответствуют 60–80 % от максимального потребления кислорода (МПК) студента. В качестве рекомендаций напомним, что студентам с низким уровнем подготовленности рекомендуется выполнять физическую нагрузку с более низким порогом интенсивности (60 % от МПК). Физически под-

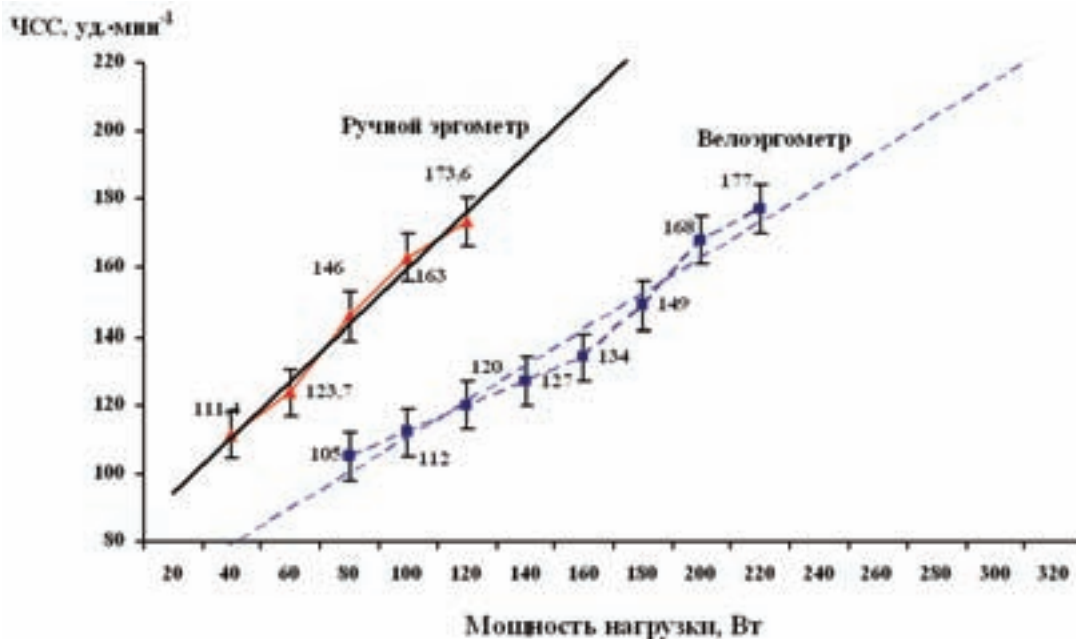


Рис. 1. Реакция сердечно-сосудистой системы организма студентов технического университета при выполнении теста со ступенчатой нагрузкой на велоэргометре и ручном эргометре

готовленним студентам рекомендується працювати при більш високому порозі інтенсивності – 80 % від МПК.

Середні значення діапазонів (70 % МПК) представляють собою середню інтенсивність фізичних нагрузок, котра підходить здоровому человеку, решившему регулярно займатися фізичними упражнениями. Двигательная активність з такою інтенсивністю оказує адекватну нагрузку на кардіореспіраторну систему, що з часом приводить до її адаптації.

Висновки:

1. Результати тестування студентів технічного університету підтверджують положення про існуючі різниці в адаптаційних реакціях організму человека при виконанні фізичної нагрузки різними за об'ємом і розташуванням групами

м'язів.

2. Соотношение между показателями физической работоспособности студентов технического университета (PWC_{170}), зафиксированное при выполнении нагрузки на ручном эргометре и велоэргометре, составило $83,3 \pm 3,1$ %.

3. Студентам с «низким» уровнем физической подготовленности при выполнении оздоровительных упражнений руками рекомендуется придерживаться интенсивности нагрузки по ЧСС от 115 до 135 уд.·мин⁻¹. Для студентов с высоким уровнем подготовленности рекомендуется диапазон ЧСС от 140 до 155 уд.·мин⁻¹.

Перспективой дальнейших исследований является разработка методики коррекции интенсивности физической нагрузки при выполнении оздоровительных упражнений разной направленности.

Таблица 2

Величина потребления кислорода при выполнении студентами теста со ступенчатой нагрузкой на велоэргометре и ручном эргометре, мл·мин·кг⁻¹

Масса тела, кг	Мощность нагрузки, Вт						
	40	60	80	90	100	110	120
50	– (21,7)	– (29,8)	24,5 (34,7)	27,1 (38,3)	30,1 (42)	33,2 (45,5)	36,05 (49,1)
60	– (19,7)	– (22,8)	20,0 (28,8)	22,2 (32)	24,8 (35)	27,2 (37,8)	30,1 (41,6)
70	– (17,8)	– (22,7)	17,5 (24,7)	19,5 (27,3)	21,3 (30,1)	23,4 (32,5)	25,6 (35)

Примечание. Показатели верхней строки – величина потребления кислорода при работе на велоэргометре, нижней (показатели в скобках) – величина потребления кислорода при работе на ручном эргометре

Таблица 3

Рекомендуемые диапазоны ЧСС при выполнении оздоровительных упражнений мышечной группой плечевого пояса, уд.·мин⁻¹

Масса тела, кг	Уровень физической подготовленности				
	Высокий	Выше среднего	Средний	Ниже среднего	Низкий
50	145–140	140–135	130–125	125–120	120–115
60	150–145	145–135	135–130	130–125	125–120
70	155–150	150–145	145–140	140–135	135–130

Литература:

1. Бондарев Д. В. Фізичне вдосконалення студентів технічних ВНЗ засобами футболу: автореф. дис. канд. наук з фіз. виховання і спорту: 24.00.02. // Д. В. Бондарев. – Львів, 2009. – 20 с.
2. Дрозд О. В. Фізичний стан студентської молоді західного регіону України та його корекція засобами фізичного виховання: автореф. дис. канд. наук з фіз. вихов. і спорту: 24.00.02 / О. В. Дрозд. – Луцьк: ВДУ ім. Л. Ураїнки, 1998. – 17 с.
3. Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 28 с.
4. Пирогова Е. А. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека / Е. А. Пирогова, Л. Я. Иващенко, Н. П. Страпко. – К.: Здоров'я, 1986. – 152 с.
5. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 807 с.
6. Поддубный А. Г. Оптимизация физической подготовки курсантов высших учебных заведений в период начального военно-профессионального обучения: автореф. дис. канд. наук по физ. восп. и спорту / А. Г. Поддубный. – Львов, 2003. – 20 с.
7. Савчук С. А. Корекція фізичного стану студентів технічних спеціальностей в процесі фізичного виховання: автореф. дис. канд. наук з фіз. вих. і спорту / С. А. Савчук. – Рівне, 2002. – 18 с.
8. Сергієнко Л. П. Тестування рухових здібностей школярів / Л. П. Сергієнко. – К.: Олімпійська літера-

тура, 2001. – 437 с.

9. Сонькин В. Д. Энергетика оздоровительных упражнений / В. Д. Сонькин / Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 2. – С. 32–39.

10. Филимонов В. И. Динамика показателей физической работоспособности и потребления кислорода у юных спортсменов при работе верхними и нижними конечностями / В. И. Филимонов, Ю. Р. Владова / Теория и практика физической культуры. – 1989. – № 7. – С. 45–52.

11. Хоулі Едвард Т., Френкс Б. Дон. Оздоровчий фітнес : [довідкове видання російською мовою] / Хоулі Едвард Т., Френкс Б. Дон. – К. : Олімпійська література, 2000. – 367 с.

12. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardioresperatory and muscular fitness in healthy adults // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1990. – № 22. – P. 265–274.

13. Astrand P. O. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity / P. O. Astrand, B. Saltsn // *Journal of Applied Physiology*. – 1998. – № 16. – P. 977–981.

14. Boldin E. M. Comparative aerobic training effects of arm wheelchair ergometry / E. M. Boldin, H. L. Lundegren // *Med. S. S. Ex*. – 1985. – № 17 – 288 p.

15. Borg P. Hassmen. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise / Borg P. Hassmen, M. Lagestrom // *J. Appl. Phisiol*. – 1987. – Vol. 56, № 6. – P. 679–685.

16. Franklin B. A. Exercise, testing, training and arm ergometry / B. A. Franklin // *Sport Medicine*. – 1985. – № 2. – P. 100–119.

17. Mc Kenzie E. L. Cohen Specificity of metabolic and circulatory responses to arm or leg interval training / E. L. Mc Kenzie, K. Fox // *EFAP*. – 1978. – № 4. – P. 241–248.