

УДК 612.146.4

## ОСОБЕННОСТИ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

<sup>1</sup>Шаяхметов Н.Н., <sup>2</sup>Ванюшин Ю.С., <sup>1</sup>Ардеев Р.Г.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет» Нефтекамский филиал, Нефтекамск, e-mail: profkom-nfbgu@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, e-mail: info@kazgau.ru

Статья посвящена изучению срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке малой мощности. В качестве нагрузок малой мощности использовалась возрастающая физическая нагрузка мощностью 0,25; 0,5 и 0,75 Вт/кг, а также вращение педалей при отсутствии внешнего сопротивления (0 Вт) и пассивное вращение педалей велоэргометра. Для регистрации показателей центральной гемодинамики использовали метод тетраполярной грудной реографии тела. В ходе анализа результатов исследования установлено повышение минутного объема кровообращения во всех типах нагрузок, а также установлена разнонаправленная тенденция динамики общего периферического сопротивления сосудов, времени изгнания крови при вращении педалей без внешнего сопротивления и пассивном вращении педалей. Результаты исследования показали, что срочная адаптация на физические нагрузки малой мощности юношей и девушек 20–22 лет зависят от пола. В результате этого нами определены более совершенные механизмы срочной адаптации сердечно-сосудистой системы в группах юношей.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, ударный объем крови, минутный объем крови, общее периферическое сопротивление сосудов, физическая нагрузка

## ADAPTIVE RESPONSES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM OF YOUNG MEN AND WOMEN OF 20-22 YEARS OLD TO LOW-POWER ACTIVITY

<sup>1</sup>Shayakhmetov N.N., <sup>2</sup>Vanyushin Y.S., <sup>1</sup>Ardeev R.G.

<sup>1</sup>Bashkir State University, Neftekamsk, e-mail: profkom-nfbgu@yandex.ru;

<sup>2</sup>Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: info@kazgau.ru

The article is devoted to studying of urgent adaptation of cardiovascular system to physical activity of low power. As a low power activity increasing physical activity in capacity of 0,25; 0,5 and 0,75 W/kg was used; and also we considered the pedals in the absence of external resistance and passive rotation of veloergometer pedals. To registrate the indicators of the central hemodynamics tetrapolar chest rheography of a body was used. The analysis of the research results established the increase of minute volume of blood circulation in all types of activities, also, there were revealed the multidirectional tendency of dynamics of the general peripheral resistance of vessels, the time of exile of blood in the time of rotation of pedals without external resistance and in the time of passive rotation of pedals. The results of the research showed that urgent adaptation to physical activities of low power among 20–22 years old young men and girls depends on sex. Thus, we defined more perfect mechanisms of urgent adaptation of cardiovascular system in the groups of young men.

**Keywords:** cardiovascular system, shock volume of blood, minute volume of blood, general peripheral resistance of vessels

В настоящее время достаточно хорошо изучена реакция сердца на нагрузки различной мощности [1, 2]. Все это явилось основой для развития физиологических основ физических упражнений. Однако исследований, посвященных изучению механизмов срочной адаптации насосной функции сердца к физическим нагрузкам малой мощности, недостаточно. Хотя такие нагрузки приводят к значительным изменениям в деятельности сердца [3, 4, 5], и они составляют большую часть движений человека в его повседневной жизни.

**Целью исследования** явилось изучение особенностей насосной функции сердца на физические нагрузки малой мощности в группах юношей и девушек 20–22 лет.

### Методы и методы исследования

Испытуемые обследовались в условиях покоя и при велоэргометрических нагрузках различной мощности. В качестве первой нагрузки была пред-

ложена работа ступенчато-возрастающей мощности, при которой мощность первой ступени равнялась 0,25 Вт/кг, мощность второй – 0,50 Вт/кг, мощность третьей – 0,75 Вт/кг. Вторая нагрузка состояла во вращении педалей велоэргометра без какого-либо сопротивления их вращению, т.е. при мощности равной 0 Вт/кг. Третья нагрузка заключалась в пассивном вращении педалей велоэргометра при 60 об/мин. Все нагрузки проводились в разные дни. Для выявления особенностей в деятельности сердца в группах юношей и девушек проводилась запись дифференциальной реограммы, по которой высчитывались следующие показатели насосной функции сердца: ЧСС, УОК, МОК.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенное исследование показало, что независимо от физических нагрузок наблюдается увеличение показателей насосной функции сердца. При этом наибольшие изменения данных показателей отмечались при физической нагрузке возрастающей

мощности (0,25; 0,50 и 0,75 Вт/кг). Так, ЧСС на достоверную величину была больше при данной физической нагрузке (таблица). При вращении педалей велоэргометра с отсутствием внешнего сопротивления (0 Вт) и пассивном вращении педалей (см. таблицу) также отмечается повышение ЧСС, но этот факт имеет зависимость от пола. Так, у девушек повышение ЧСС ( $p < 0,05$ ) отмечено к тридцатой секунде. У юношей такого рода изменения в хронотропной реакции сердца при вращении педалей велоэргометра с отсутствием внешнего сопротивления (0 Вт) и пассивном вращении педалей нами не отмечено. Исследование показало, что повышение ЧСС при пассивном вращении педалей носит временный характер и к последующим минутам выполнение нагрузки

наблюдается тенденция к урежению ЧСС. Нами установлено, что на шестой и девятой минутах работы имеются различия ( $p < 0,05$ ) в ЧСС между вращением педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и пассивным вращением педалей.

Изучение динамики ударного объема крови в ходе исследования показало, что максимальные изменения УОК были отмечены при физической нагрузке возрастающей мощности (см. таблицу). Установлено, что независимо от пола и типа физической нагрузки к тридцатой секунде наблюдалось повышение УОК ( $p < 0,05$ ). Между пассивным вращением и вращением педалей велоэргометра при отсутствии внешнего сопротивления (0 Вт) нами обнаружены достоверные различия с третьей по девятую минуту работы.

Реакция насосной функции сердца юношей и девушек на физические нагрузки малой мощности ( $M \pm m$ )

| Физическая нагрузка возрастающей мощности                     |                |                              |                              |                              |                             |                            |
|---|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Показатели  | Юноши          |                              |                              |                              |                             |                            |
|   | покой          | 0,25 Вт/кг                   |                              |                              | 0,5 Вт/кг                   | 0,75Вт/кг                  |
|   |                | 30 с                         | 1 мин                        | 3 мин                        | 6 мин                       | 9 мин                      |
| ССС   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 72,1 ± 2,7     | 76,1 ± 2,8 <sup>о</sup>      | 78,2 ± 2,8 <sup>о</sup>      | 82,3 ± 3,0 <sup>о</sup>      | 89,2 ± 3,3 <sup>о</sup>     | 97,0 ± 3,5 <sup>о</sup>    |
| УОК, мл   | 63,2 ± 2,3     | 75,2 ± 2,7                   | 76,1 ± 2,8                   | 78,0 ± 2,9                   | 89,2 ± 3,3* <sup>о</sup>    | 96,3 ± 3,5 <sup>о</sup>    |
| МОК, мл   | 4347,1 ± 160,8 | 5700,3 ± 210,9               | 5928,0 ± 219,3               | 6396,2 ± 236,7               | 7921,0 ± 293,0*             | 9312,2 ± 344,5*            |
| Показатели  | Девушки        |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 73,0 ± 2,7     | 86,1 ± 3,2 <sup>о</sup>      | 89,2 ± 3,3 <sup>о</sup>      | 96,0 ± 3,6 <sup>о</sup>      | 100,1 ± 3,7 <sup>о</sup>    | 110,2 ± 4,1 <sup>о</sup>   |
| УОК, мл   | 57,5 ± 2,1     | 69,5 ± 2,6 <sup>о</sup>      | 71,0 ± 2,6 <sup>о</sup>      | 73,5 ± 2,7 <sup>о</sup>      | 79,5 ± 2,9 <sup>о</sup>     | 82,0 ± 3,0 <sup>о</sup>    |
| МОК, мл   | 4255,2 ± 157,4 | 5977,1 ± 221,1* <sup>о</sup> | 6319,0 ± 233,8 <sup>о</sup>  | 7056,3 ± 261,0* <sup>о</sup> | 7950,0 ± 294,1*             | 9020,4 ± 333,7*            |
| Вращение педалей при отсутствии внешнего сопротивления (0 Вт) |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| Показатели  | Юноши          |                              |                              |                              |                             |                            |
|   | покой          | 30 с                         | 1 мин                        | 3 мин                        | 6 мин                       | 9 мин                      |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 71,1 ± 2,7     | 75,69 ± 3,5                  | 78,9 ± 3,6                   | 78,9 ± 3,633 <sup>о</sup>    | 77,0 ± 2,7 <sup>о</sup>     | 76,9 ± 3,112 <sup>о</sup>  |
| УОК, мл   | 63,2 ± 2,3     | 71,28 ± 1,8* <sup>х</sup>    | 73,8 ± 1,9 <sup>о</sup>      | 75,5 ± 1,893 <sup>х</sup>    | 76,5 ± 1,898 <sup>х</sup>   | 76,7 ± 1,944 <sup>о</sup>  |
| МОК, мл   | 4347,1 ± 160,8 | 5390,0 ± 258,0* <sup>х</sup> | 5820,0 ± 217,0 <sup>х</sup>  | 5960,0 ± 237,0               | 6140,0 ± 185,0              | 5890,0 ± 230,0             |
| Показатели  | Девушки        |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 71,0 ± 2,7     | 82,17 ± 2,3*                 | 87,5 ± 2,2                   | 87,7 ± 1,2 <sup>х</sup>      | 87 ± 1,36 <sup>х</sup>      | 86 ± 1,36 <sup>х</sup>     |
| УОК, мл   | 57,5 ± 2,1     | 61,46 ± 1,4                  | 66,0 ± 1,8* <sup>х</sup>     | 69,3 ± 2,1 <sup>х</sup>      | 70,2 ± 2,11 <sup>х</sup>    | 70,5 ± 2,11 <sup>х</sup>   |
| МОК, мл   | 4255,2 ± 157,4 | 5050,0 ± 160,0*              | 5780,0 ± 220,0* <sup>х</sup> | 6077,61 ± 520,0              | 6107,4 ± 520,0              | 6063 ± 540,0               |
| Пассивное вращение педалей                                    |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| Показатели  | Юноши          |                              |                              |                              |                             |                            |
|   | покой          | 30 с                         | 1 мин                        | 3 мин                        | 6 мин                       | 9 мин                      |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 73,1 ± 2,7     | 68,89 ± 3,1 <sup>о</sup>     | 75,01 ± 3,222 <sup>о</sup>   | 74,37 ± 3,33 <sup>о</sup>    | 73 ± 3,641 <sup>о</sup>     | 72,75 ± 4,373              |
| УОК, мл   | 63,2 ± 2,3     | 61,33 ± 2,344 <sup>х</sup>   | 67,4 ± 2,774 <sup>о</sup>    | 68,03 ± 1,038 <sup>х</sup>   | 68,91 ± 2,727 <sup>х</sup>  | 70,32 ± 2,403 <sup>о</sup> |
| МОК, мл   | 4347,1 ± 160,8 | 4220,0 ± 71,0 <sup>х</sup>   | 5050,0 ± 45,0* <sup>х</sup>  | 5060,0 ± 77,0                | 5530,0 ± 56,0* <sup>о</sup> | 5120,0 ± 80,0*             |
| Показатели  | Девушки        |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
|   |                |                              |                              |                              |                             |                            |
| ЧСС, уд/мин   | 70,0 ± 2,7     | 82,11 ± 1,35* <sup>о</sup>   | 83,5 ± 1,39 <sup>о</sup>     | 82,11 ± 1,35 <sup>х</sup>    | 81 ± 1,63 <sup>х</sup>      | 79,89 ± 1,12 <sup>х</sup>  |
| УОК, мл   | 57,5 ± 2,1     | 60,29 ± 0,91 <sup>о</sup>    | 60,29 ± 0,91 <sup>х</sup>    | 59,96 ± 0,69 <sup>х</sup>    | 60,29 ± 0,91 <sup>х</sup>   | 61,16 ± 0,56 <sup>х</sup>  |
| МОК, мл   | 4255,2 ± 157,4 | 4950,0 ± 100,0* <sup>о</sup> | 5030,0 ± 110,0 <sup>о</sup>  | 4920,0 ± 70,0 <sup>о</sup>   | 4640,0 ± 110,0 <sup>о</sup> | 4820,0 ± 60,0              |

Примечание. \* –  $P < 0,05$  в динамике внутри одной функциональной пробы; х –  $P < 0,05$  между вращением педалей при отсутствии внешнего сопротивления (0Вт) и пассивным вращением педалей; ° –  $P < 0,05$  по половому признаку между одинаковыми функциональными пробами; ◊ –  $P < 0,05$  между физической нагрузкой 0,25 Вт и пассивным вращением педалей.

К тридцатой секунде независимо от пола зафиксировано повышении МОК ( $p < 0,05$ ) как у юношей при нагрузке мощностью

0,5 Вт/кг, так и у девушек – при 0,75 Вт/кг. Как следует из вышесказанного максимальные значения МОК получены при физи-

ческой нагрузке возрастающей мощности (см. таблицу), минимальные – при пассивном вращении (см. таблицу). Абсолютная разница среднего значения МОК между функциональными пробами выглядит следующим образом: разница между возрастающей физической нагрузкой и 0 Вт – 6000–6200 мл; между 0 Вт и пассивным вращением педалей – 900–1100 мл. Указанные различия носят достоверный характер.

Таким образом, в ходе изучения насосной функции сердца на физические нагрузки малой мощности установлены особенности адаптивных реакций на каждую из функциональных нагрузок, которые имеют свои особенности от пола. Кроме того, в ходе исследования были установлены различия по показателям ЧСС, УОК и МОК между вращением педалей без внешнего сопротивления и пассивным вращением педалей.

### Выводы

1. В группах юношей и девушек 20–22 лет показатели частоты сердечных сокращений при физической нагрузке малой мощности имеют зависимость от половых особенностей. В группах девушек 20–22 лет частота сердечных сокращений увеличивается к тридцатой секунде независимо от функциональной пробы, у юношей – наблюдается лишь тенденция к повышению ЧСС.

2. В группах юношей и девушек 20–22 лет ударный объем крови увеличивается при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт/кг), при физической нагрузке 0,25 и 0,75 Вт/кг, а также у девушек 20–22 лет при пассивном вращении педалей велоэргометра.

3. В группах юношей и девушек 20–22 лет увеличение минутного объема кровообращения отмечено к тридцатой секунде каждой из функциональных проб, а также при физической нагрузке мощностью 0,50 Вт/кг у юношей и 0,75 Вт/кг у девушек.

4. В группах юношей и девушек 20–22 лет минутный объем кровообращения при вращении педалей без внешнего сопротивления больше, чем при пассивном вращении педалей. Это зависит от продолжительности функциональной пробы, так, у юношей различия зафиксированы с первой по девятую минуту работы, у девушек – только на первой минуте нагрузки. У юношей и девушек 20–22 лет различия в минутном объеме кровообращения между пассивным вращением

педалей велоэргометра, вращением педалей без внешнего сопротивления (0 Вт/кг) и физической нагрузкой малой мощности тем выше, чем больше мощность нагрузки.

### Список литературы

1. Ванюшин М.Ю., Ванюшин Ю.С. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов разных видов спорта и возраста к физической нагрузке. – Казань: Изд-во ООО «Печать-Сервис-XXI век», 2011. – 138 с.
2. Шайхелисламова М.В., Ситдииков Ф.Г., Ситдикова А.А. Нервная и гормональная регуляция локальной мышечной деятельности школьников // Вестник Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета. – Казань, 2010. – № 4(22). – С. 104–113.
3. Moller J.C., Oertel W.H., Koster J., et al. Long-term efficacy and safety of Pramipexole in advanced Parkinson's disease: results from a European multicenter trial. – *Mov Dis*, 2005. – № 5. – P. 602–610.
4. Ridgel A., Vitek J.L., Alberts J.L. Forced-exercise improves motor function in Parkinson's disease patients // *Neurorehab and Neural Repair*. – 2009. – № 23(6). P. 600–608.
5. Waldemar Diehl. Parkinson/neue Behandlungsmöglichkeiten // Herausgegeben von RECK Medizintechnik, Betzenweiler, Juli 2010.

### References

1. Vanyushin Y.S., Vanyushin M.Y. Cardiorespiratory adaptation athletes from different sports and age of exercise. Kazan: Publishing House Ltd. «Printing Service-XXI Century», 2011. 138 p.
2. Shayhelislamova M.V., Sitdikov F.G., Sitdikova A.A. Neural and hormonal regulation of local muscle activity students / Bulletin of the Tatar State Humanitarian Pedagogical University, Kazan, 4 (22). 2010. pp. 104–113.
3. Moller J.C., Oertel W.H., Koster J., et al. Long-term efficacy and safety of Pramipexole in advanced Parkinson's disease: results from a European multicenter trial. *Mov Dis* 2005; 5: 602–610.
4. Ridgel A., Vitek J.L., Alberts J.L. Forced-exercise improves motor function in Parkinson's disease patients. *Neurorehab and Neural Repair* 2009; 23(6). 600–608.
5. Waldemar Diehl. Parkinson/neue Behandlungsmöglichkeiten // Herausgegeben von RECK Medizintechnik, Betzenweiler, Juli 2010.

### Рецензенты:

Нигматуллина Р.Р., д.б.н., профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения и социального развития РФ, г. Казань;

Усенко В.И., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой фармакологии и токсикологии имени Н.А. Сохрественского ФГБОУ ВПО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» Министерства сельского хозяйства РФ, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 28.11.2012.