

## Сравнительный анализ центрального и периферического кровообращения у юных спортсменов при физической нагрузке

*Запорожский национальный университет (г. Запорожье)*

**Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций.** Изучение функциональных особенностей сердечно-сосудистой системы юных спортсменов в условиях повышенных физических нагрузок имеет значение в спортивной практике и привлекает повышенное внимание исследователей [4].

В процессе систематической спортивной тренировки развиваются функциональные приспособительные изменения в работе сердечно-сосудистой системы, которые подкрепляются морфологической перестройкой аппарата кровообращения. Комплексная структурно-функциональная перестройка сердечно-сосудистой системы обеспечивает ее высокую работоспособность, позволяющую спортсмену выполнять интенсивные и длительные физические нагрузки [7].

Как известно, физическая нагрузка является одним из существенных факторов жизнедеятельности человека и относится к одному из функциональных состояний организма, которое характеризуется выраженными изменениями кровообращения. Наряду с этим дозированная физическая нагрузка является важным приемом функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы [1; 2; 3; 8].

На фоне увеличения объемов тренировочной работы оперативная оценка функционального состояния основных, поддерживающих работоспособность организма, физиологических систем, в частности кардиореспираторной, приобретает важное, а зачастую и определяющее значение [5; 6].

**Цель исследования** – оценка реакции центрального и периферического кровообращения юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом, в состоянии покоя и после дозированной физической нагрузки.

**Методы и организация исследования.** В экспериментальном исследовании участвовало 24 юных спортсмена в возрасте 12–14 лет, которые систематически занимаются спортом (единоборствами), и 30 детей, не занимающихся спортом, того же возраста. Показатели центрального и периферического кровообращения оценивались методом тетраполярной реоплетизмографии с помощью диагностического автоматизированного комплекса “Кардио+” утром, натощак. Измерялись следующие показатели: среднее артериальное давление (АДср., мм рт. ст.), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин.), сократительная функция сердца (СФС, ом/с), ударный индекс (УИ, мл/м), сердечный индекс (СИ, л/мин./м), удельное периферическое сопротивление сосудов (УПС, дин·с·см<sup>-5</sup>). Кровообращение нижних конечностей (голеней) оценивалось по показателям пульсового артериального кровенаполнения (ПАК), минутного артериального кровенаполнения (МАК), тонуса регионарных артерий крупного калибра (Ткр), тонуса регионарных артерий среднего калибра (Тср), тонуса регионарных артерий мелкого калибра (Тм), венозного оттока регионов (Вор).

Реакция на физическую нагрузку исследовалась в два этапа (по 5 минут каждый) с помощью велоэргометра. Уровень предъявляемой нагрузки определялся с помощью метода “ШВСМ” в соответствии с антропометрическими данными [5; 6]. ЭКГ регистрировалась в отведениях по Небу. Полученные результаты обсчитывались стандартными статистическими параметрическими методами.

**Изложение основного материала исследования.** При сравнении основных показателей центрального кровообращения по всей выборке в положении сидя мы наблюдаем, что у юных спортсменов показатели среднего артериального давления достоверно выше (АДср =  $79 \pm 0,69$ ), чем у неспортсменов (АДср =  $76 \pm 0,92$ ). Показатель удельного периферического сопротивления также достоверно ниже в группе юных спортсменов (УПС =  $2795 \pm 202,15$ ) в отличие от неспортсменов (УПС =  $3801 \pm 434,75$ ).

На фоне первой физической нагрузки отмечается достоверно более высокий у неспортсменов по сравнению с юными спортсменами прирост хронотропной функции сердца (ЧСС на 28 % и на 15 % соответственно к фону сидя). Мы наблюдаем незначительное снижение сократительной функции сердца в группе неспортсменов (СФС на 2 %) и прирост по инотропной функции сердца в группе юных спортсменов (СФС на 11 %). Данная тенденция реализуется в высоком приросте у юных

спортсменов ударного (УИ на 26 %) и минутного (СИ на 44 %) выбросов в ответ на предъявляемую физическую нагрузку, а в группе неспортсменов мы видим, что ударный индекс значительно снижен (УИ на 18 %) и незначительно вырос сердечный индекс (СИ на 6 %), см. табл. 1.

Сравнивая основные показатели реакции центральной гемодинамики на вторую физическую нагрузку, мы наблюдаем, что среднее артериальное давление и частота сердечных сокращений достоверно выше в группе неспортсменов по сравнению с юными спортсменами ( $A_{\text{ср}} = 96 \pm 1,2$  и  $86 \pm 0,92$ ; ЧСС =  $126 \pm 4,06$  и  $107 \pm 4,28$  соответственно). В то же время мы наблюдаем в обеих группах сравнения незначительный прирост по сократительной функции сердца (СФС на 9 % – у юных спортсменов и 5 % – у неспортсменов), такая направленность реализуется в значительном приросте сердечного выброса (СИ на 36 % и 50 % соответственно) и незначительном приросте ударного индекса (УИ на 7 %) у юных спортсменов, а в группе неспортсменов его снижение (УИ на 10 %), что приводит к снижению удельного периферического сопротивления в обеих группах (УПС на 23 % – у юных спортсменов и 22 % – у неспортсменов).

Таблица 1

## Показатели центрального кровообращения при физической нагрузке

		Сидя		I нагрузка				II нагрузка			
		Н С		Ю С		Н С		Ю С		Н С	
показатели					%		%		%		%
АД <sub>ср</sub> , мм рт. ст	<b>М</b>	<b>79</b>	<b>76**</b>	<b>80</b>	<b>101</b>	<b>92***</b>	<b>121***</b>	<b>86</b>	<b>109</b>	<b>96***</b>	<b>126***</b>
	<i>t</i>	0,69	0,92	0,74	0,93	1,27	1,38	0,92	1,07	1,2	1,25
ЧСС, уд./мин.	<b>М</b>	<b>80</b>	<b>76</b>	<b>92</b>	<b>115</b>	<b>97</b>	<b>128***</b>	<b>107</b>	<b>134</b>	<b>126***</b>	<b>166***</b>
	<i>t</i>	2,02	1,72	2,05	2,23	2,25	2,32	4,28	4,00	4,06	3,22
СФС, ом·с <sup>-1</sup>	<b>М</b>	<b>1,99</b>	<b>2,01</b>	<b>2,21</b>	<b>111</b>	<b>1,96</b>	<b>98</b>	<b>2,16</b>	<b>109</b>	<b>2,12</b>	<b>105</b>
	<i>t</i>	0,17	0,1	0,17	7,69	0,17	8,67	0,19	8,80	0,06	2,83
УИ, мл/м <sup>2</sup>	<b>М</b>	<b>30,8</b>	<b>30,3</b>	<b>38,84</b>	<b>126</b>	<b>24,84***</b>	<b>82***</b>	<b>32,89</b>	<b>107</b>	<b>27,34</b>	<b>90</b>
	<i>t</i>	2,16	3,36	2,08	5,36	2,62	10,55	1,82	5,53	2,79	10,20
СИ, л/м <sup>2</sup>	<b>М</b>	<b>2,5</b>	<b>2,3</b>	<b>3,6</b>	<b>144</b>	<b>2,44***</b>	<b>106***</b>	<b>3,4</b>	<b>136</b>	<b>3,45</b>	<b>150</b>
	<i>t</i>	0,2	0,26	0,2	5,56	0,27	11,07	0,2	5,88	0,34	9,86
УПС, дин·с·см <sup>-5</sup> /м <sup>2</sup>	<b>М</b>	<b>2795</b>	<b>3801*</b>	<b>1983</b>	<b>71</b>	<b>4084***</b>	<b>107**</b>	<b>2139</b>	<b>77</b>	<b>2979**</b>	<b>78</b>
	<i>t</i>	202,15	434,75	171,48	8,65	386,92	9,48	134,06	6,27	314,35	10,55

**Примечание:** % даны по отношению к фону сидя; \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Достоверно выше все показатели кровообращения голени в положении сидя у юных спортсменов, чем у неспортсменов, за исключением тонуса регионарных артерий мелкого калибра.

При первой дозированной нагрузке в группе юных спортсменов умеренно вырос показатель пульсового артериального кровотока (ПАК на 9 %), в то время как у неспортсменов наблюдается значительный прирост этого показателя (ПАК на 45 %). Минутный артериальный кровоток вырос в обеих группах, но у неспортсменов он значительно выше (МАК на 84 %), чем у юных спортсменов (МАК на 27 %). Это объясняется тем, что в этой группе наблюдается более высокий прирост по ЧСС.

Таблиця 2

**Показатели периферического кровообращения при физической нагрузке**

		Сидя		I нагрузка				II нагрузка					
		Ю С		Н С		Ю С		Н С		Ю С		Н С	
						%		%					
ПАК	<b>M</b>	<b>0,23</b>	<b>0,11***</b>	<b>0,25</b>	<b>109</b>	<b>0,16***</b>	<b>145**</b>	<b>0,26</b>	<b>113</b>	<b>0,14***</b>	<b>127</b>		
	<i>m</i>	0,02	0,02	0,01	4,00	0,02	12,50	0,01	3,85	0,02	14,29		
МАК	<b>M</b>	<b>1,84</b>	<b>0,85***</b>	<b>2,33</b>	<b>127</b>	<b>1,56**</b>	<b>184***</b>	<b>2,89</b>	<b>157</b>	<b>1,72***</b>	<b>202***</b>		
	<i>m</i>	0,17	0,15	0,15	6,44	0,21	13,46	0,19	6,57	0,19	11,05		
Вор	<b>M</b>	<b>0,35</b>	<b>0,18***</b>	<b>0,39</b>	<b>111</b>	<b>0,23***</b>	<b>128</b>	<b>0,36</b>	<b>103</b>	<b>0,24***</b>	<b>133**</b>		
	<i>m</i>	0,04	0,03	0,04	10,26	0,03	13,04	0,03	8,33	0,02	8,33		
Ткр	<b>M</b>	<b>0,57</b>	<b>0,39**</b>	<b>0,59</b>	<b>104</b>	<b>0,46</b>	<b>118</b>	<b>0,59</b>	<b>104</b>	<b>0,35***</b>	<b>90</b>		
	<i>m</i>	0,03	0,07	0,03	5,08	0,06	13,04	0,02	3,39	0,03	8,57		
Тср	<b>M</b>	<b>0,3</b>	<b>0,16***</b>	<b>0,29</b>	<b>97</b>	<b>0,26</b>	<b>163**</b>	<b>0,41</b>	<b>137</b>	<b>0,13***</b>	<b>81***</b>		
	<i>m</i>	0,03	0,02	0,03	10,34	0,05	19,23	0,05	12,20	0,01	7,69		
Тм	<b>M</b>	<b>0,3</b>	<b>0,38</b>	<b>0,21</b>	<b>70</b>	<b>0,42***</b>	<b>111**</b>	<b>0,29</b>	<b>97</b>	<b>0,47**</b>	<b>124</b>		
	<i>m</i>	0,04	0,04	0,02	9,52	0,04	9,52	0,02	6,90	0,06	12,77		

*Примечание:* % даны по отношению к фону сидя; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Венозный отток в группах сравнения вырос (Вор на 11 % – у юных спортсменов, на 28 % – у неспортсменов). Тонусы артерий крупного и среднего калибров у юных спортсменов практически остаются неизменными (Ткр =  $0,59 \pm 0,03$ , Тср =  $0,29 \pm 0,03$  по отношению к фону сидя), а в группе неспортсменов наблюдается снижение тонусов как крупного (Ткр на 18 %), так и среднего калибров (Тср на 63 %). Тонус мелкого калибра у юных спортсменов понижается (Тм на 30 %), у неспортсменов он незначительно повышается (Тм на 11 %).

На втором этапе велоэргометрической пробы (с увеличенной мощностью) объемные показатели кровотока повышается в обеих группах (ПАК на 13 % и МАК на 57 % – у юных спортсменов, ПАК на 27 % и МАК на 102 % у не спортсменов). Наблюдается повышение всех тонусов в группе неспортсменов (Ткр – на 10 %, Тср на 19 %, Тм на 24 %), а у юных спортсменов наоборот тонусы понижаются (Ткр на 4 %, Тср на 37 %, Тм на 3 %).

По венозному оттоку наблюдается большее депонирование в группе неспортсменов ( $Вор = 0,24 \pm 0,02$ ) в сравнении с более сбалансированным характером у юных спортсменов ( $Вор = 0,36 \pm 0,03$ ).

**Выводы.** Показатели функционального состояния организма юных спортсменов на предъявляемую физическую нагрузку показывают более оптимизированную работу сердечно-сосудистой системы по сравнению с детьми, не занимающихся систематически спортом. Объемные показатели кровообращения нижних конечностей говорят о лучшем кровотоке у юных спортсменов при физической нагрузке. У юных спортсменов, в связи с систематическими занятиями спортом, более оптимизированный венозный кровоток.

**Перспективы дальнейших исследований.** Сравнительный типологический анализ центрального кровообращения у юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом в разных положениях тела и при физической нагрузке. Сравнительная характеристика периферического кровотока нижних и верхних конечностей юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом. Диагностика и сравнение работоспособности юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом. Онтогенетические аспекты адаптации детского организма к физическим нагрузкам.

*Литература*

1. Белина О. Н. Механизмы регуляции сердечной деятельности у спортсменов в условиях мышечной работы // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: Сб., посвящ. двадцатипятилетию каф. спорт. медицины им. проф. В. Л. Карпмана / РГАФК.– М., 1994.– С. 59–62.
2. Дибнер Р. Д., Бородянский М. М. Новый подход к оценке функциональной готовности спортсменов (сочетанное исследование морфологии, функции сердца и активности симпатико-адреналовой системы) // Теория и практика физ. культуры.– 1997.– № 1.– С. 2–5.

3. Карпман В. Л., Меркулова Р. А. Производительность сердца при мышечной работе // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: Сб., посвящ. двадцатипятилетию каф. спорт. медицины им. проф. В. Л. Карпмана / РГАФК.– М., 1994.– С.47–53.
4. Меркулова Р. А., Хрущев С. В., Хельбин В. Н. Возрастная кардиогемодинамика у спортсменов.– М.: Медицина, 1989.– 112 с.
5. Шаповалова В. А., Маликов Н. В., Сватъев А. В. Компьютерная программа комплексной оценки функционального состояния и функциональной подготовленности организма // ШВСМ.– Запорожье, 2003.– 75 с.
6. Сватъев А. В., Маликов М. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл.– Запоріжжя: ЗДУ, 2004.– 195 с.
7. Поднебесная Е. В., Шкопинский Е. А. Особенности центрального кровообращения юных спортсменов в разных позах условиях и при физической нагрузке // Спорт. вісн. Придніпров'я.– Д., 2007.– № 2–3.– С. 184.
8. Поднебесная Е. В., Шкопинский Е. А. Велоэргометрическая проба в оценке реакции гемодинамики юных спортсменов // Слобожан. наук.-спорт. вісн.– Х., 2007.– № 11.

#### *Аннотации*

*В работе проведен сравнительный анализ реакции центрального и периферического кровообращения юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом, на дозированную физическую нагрузку.*

**Ключевые слова:** юные спортсмены, дети, центральное и периферическое кровообращение, физическая нагрузка.

*У роботі проведено порівняльний аналіз реакції центрального і периферичного кровообігу юних спортсменів і дітей, котрі не займаються спортом, на дозоване фізичне навантаження.*

**Ключові слова:** юні спортсмени, діти, центральний і периферичний кровообіг, фізичне навантаження.

*In work conducted the comparative analysis of reaction of central and peripheral circulation of blood of young sportsmen and children, not going in for sports on the dosed physical loading.*

**Key words:** young sportsmen, child, central and peripheral circulation of blood, physical loading.