

РЕЗЮМЕ

В статье представлен анализ факторов риска развития остеопороза у жителей Республики Казахстан по данным специального анкетирования и ультразвукового исследования прочностных свойств костной ткани (денситометр Sonost 3000, Южная Корея). По данным исследований проведено ранжирование факторов риска, ассоциирующиеся с развитием ОП. В рейтинговом порядке установлены взаимосвязи остеопороза с возрастным признаком, регионами проживания, курением, низкой массой тела, гендерным признаком, приемом глюкокортикоидов, предшествующими переломами. Выявлен высокий уровень нарушений костной массы у жителей Южного региона республики, связанный с негативным влиянием окружающей среды обитания. Отмечено отсутствие статистических значимых различий в выявляемости остеопороза у городских и сельских жителей.

Ключевые слова: остеопороз, фактор риска.

ABSTRACT

In the article the analysis of risk factors of osteoporosis progression of the Kazakh republic residents is expounded according to a special survey and ultrasonic analysis of strength properties of ostein (densitometer Sonost 3000, South Korea). According to analyses the ranking of risk factors associating with osteoporosis progression is made. In a ranking order interconnections between osteoporosis and age, region of habitation, smoking, low weight, gender, taking glucocorticoid, previous fractures are established. A high level of bone mass malfunction of the inhabitants of the south region of the republic, connected with negative influence of environment, is exposed. The absence of statistically significant difference in the detectability of osteoporosis of urban and rural population is noted.

Key words: osteoporosis, risk factor.

Контакты:

Шакиева Роза Акшокиевна. E-mail: ldc77@mail.ru

ОЦЕНКА ПОСЛЕНАГРУЗОЧНОЙ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СЕРДЕЧНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 612.084 + 612.1-027.1 + 796.912-057.87

Панкова Н.Б.: ведущий научный сотрудник, д.б.н.;

Богданова Е.В.: старший научный сотрудник, к.м.н.

ФГБУ «НИИ общей патологии и патофизиологии» РАМН, г. Москва, Россия

ASSESSMENT OF AFTERLOAD DYNAMICS IN CARDIAC PERFORMANCE BY ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS OF CARDIAC COMPLEX

Pankova N.B., Bogdanova E.V.

Введение

К показателям сердечной производительности относят, в первую очередь, величины ударного объема сердца (УО) и минутного объема кровообращения (МОК). Вторым показателем рассчитывается на основе УО – мно-

жением на величину частоты сердечных сокращений (ЧСС). Классическими являются методы определения УО, основанные на принципе Фика (1870): сердечный выброс пропорционален разности в содержании кислорода в артериальной и венозной крови [1]. Данный прин-

цип применим не только к собственно кислороду, но и двуокиси углерода (на чём основан метод возвратного дыхания углекислотой) или любым другим газом [2]. При работе с детьми более приемлемы неинвазивные способы определения УО, основанные на разработанной для импедансной кардиографии формуле Кубичека [3], связывающей величину УО с параметрами пульсовой волны. Данный подход нашёл своё продолжение в новых способах неинвазивного определения УО на базе непрерывной регистрации артериального давления (АД) приборами типа Finometer [4–5]. Другим подходом является расчёт УО методом двухфазной реконструкции по параметрам усреднённого сердечного комплекса [6]. Последний алгоритм использован в аппаратно-программном комплексе «спироартериокардиоритмограф» (САКР). Ранее мы установили, что величина УО, оцениваемая на САКР, хорошо согласуется с результатами прибора Finometer Pro [7], где показатели сердечной производительности оцениваются по параметрам пульсовой волны.

Вместе с тем, до сих пор активно используются расчётные способы определения УО по величине АД [8–9]. Однако известно, что показатели сердечной производительности, определяемые разными методами, могут различаться до 30% [10], что существенно затрудняет сравнение результатов разных исследовательских групп. В последние годы с появлением комплекса экспрессных полифункциональных методов саногенетического мониторинга, в частности, САКР, происходит переоснащение инструментария спортивного врача [11]. Целью данной работы была апробация метода оценки показателей сердечной производительности по параметрам сердечного комплекса (на базе САКР) для изучения посленагрузочной динамики показателей сердечной производительности у взрослых и юных испытуемых с разным уровнем физической тренированности, и сравнительный анализ полученных данных с результатами оценки сердечной производительности другими методами.

Материалы и методы

Исследование выполнено на аппаратно-программном комплексе САКР (производитель – ООО «Интокс», Санкт-Петербург). Комплекс предназначен для регистрации потоков вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, измерения показателей пальцевого АД методом ненагруженной артерии (методом Пеназа), и записи электрокардиограммы в 1-м стандартном отведении, с расчётом спектральных показателей вариабельности сердечного ритма и АД. Из показателей сердечной производительности САКР оценивает: ЧСС, длительность межсистолических (R-R) интервалов, конечный систолический (КСО), конечный диастолический (КДО) и ударный (УО) объёмы сердца, с расчётом МОК.

В состоянии покоя показатели сердечной производительности у взрослых оценивали как на нетренированных лицах (n = 71), так и на высококвалифицированных спортсменах (n = 46). У детей в возрасте 8–14 лет выборки включали: нетренированных лиц (n = 73), начинающих спортсменов любительского уровня (n = 48) и юных

фигуристов со спортивной квалификацией «кандидат в мастера спорта» и «мастер спорта» (n = 69). Посленагрузочную динамику показателей сердечной производительности во взрослой выборке испытуемых оценивали у нетренированных лиц по пробе Мартинэ (20 приседаний за 30 секунд). Для этого проводили 2 последовательные 2-минутные регистрации: в состоянии покоя, и сразу после физической нагрузки. Критерием оценки была степень изменения (реактивность) усреднённых за 2 минуты параметров сердечного комплекса после выполнения нагрузки по сравнению с усреднёнными за 2 минуты показателями фоновой регистрации. В детской выборке для нетренированных лиц проводили оценку реактивности показателей сердечной производительности после беговой разминки на уроке физкультуры (нагрузка умеренной мощности). У юных фигуристов критерием оценки была степень изменения (реактивность) показателей после выполнения короткой программы (длительностью 2 мин 30 сек ± 10 сек с одинаковым набором исполняемых элементов), по сравнению с тестированием до выхода на лёд (после разминки). Данный тест близок к субмаксимальному нагрузочному тесту, но может проводиться в процессе тренировки, что облегчает организационные моменты. Длительность обеих записей у детей также составляла 2 минуты.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием алгоритмов для независимых или повторных измерений из непараметрических методов и дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

В данной работе проведен сравнительный анализ величины УО, определяемой САКР, и рассчитываемой непрямими способами по АД, на выборке взрослых и детей разного возраста, с разным уровнем физической подготовленности. Использована формула Старра [9], модифицированную для взрослых (1) и детей 8–14 лет (2) [12]:

$$(1) \text{ УО} = 90.97 + (0.54 \triangleleft (\text{АДС} - \text{АДД})) - (0.57 \triangleleft \text{АДД}) - (0.61 \triangleleft \text{возраст})$$

$$(2) \text{ УО} = 80.00 + (0.50 \triangleleft (\text{АДС} - \text{АДД})) - (0.60 \triangleleft \text{АДД}) - (2 \triangleleft \text{возраст})$$

Кроме того, определяли УО «по непрямому способу Лилье-Штрандера и Цандера» (цит. по: [8]):

$$\text{УО} = (\text{АДС} - \text{АДД}) / ((\text{АДС} + \text{АДД}) / 2) \triangleleft 100$$

Оказалось, что величина УО, определённая разными неинвазивными способами, статистически значимо различается во всех группах испытуемых (табл. 1, табл. 2). В группах взрослых испытуемых (табл. 1), из всех методов определения величины УО, результаты САКР были ближе всего к нашим данным, полученным методом возвратного дыхания углекислотой: у нетренированных лиц (n = 28, мужчины и женщины) УО составил 74.0 ± 1.2 мл, у спортсменов (лёгкая атлетика, современное пятиборье, водное поло, плавание, фигурное катание, n = 32, мужчины и женщины) – 90.0 ± 2.6 мл; различия между спортсменами и нетренированными лицами статистически значимы, $p < 0.05$ по One way ANOVA. Метод оценки УО

Таблица 1. Сравнительный анализ величины УО, полученной разными методами у одних и тех же испытуемых (взрослых). Статистическая значимость отличий (по парному критерию Вилкоксона): * – $p < 0.05$ по сравнению с методом САКР, + – $p < 0.05$ по сравнению с методом Вейна.

Группы	n	Определение УО на базе САКР, мл	Расчёт УО по Вейну [8], мл	Расчёт УО по формуле Старра [9], мл
Нетренированные взрослые	43	71.23 ± 1.35	44.04 ± 1.30 *	42.12 ± 1.93 *
Взрослые-спортсмены (регби)	14	75.61 ± 3.50	42.42 ± 4.03 *	57.92 ± 2.80 +

Таблица 2. Сравнительный анализ величины УО, полученной разными методами у одних и тех же испытуемых (детей). Статистическая значимость отличий (по парному критерию Вилкоксона): * – $p < 0.05$ по сравнению с методом САКР, + – $p < 0.05$ по сравнению с методом Вейна.

Группы	n	Определение УО на базе САКР, мл	Расчёт УО по Вейну [8], мл	Расчёт УО по формуле Старра [9], мл
Нетренированные дети (8–14 лет)	73	62.54 ± 0.93	53.17 ± 1.69 *	43.37 ± 1.60 **+
Дети-спортсмены (спортивные игры и единоборства) (11–14 лет)	48	61.49 ± 1.03	53.53 ± 1.50 *	33.48 ± 1.63 **+
Юные фигуристы (8–14 лет)	69	53.02 ± 0.97	53.35 ± 2.62	43.15 ± 1.78 +

по параметрам усреднённого сердечного комплекса дал следующие результаты: у нетренированных лиц ($n = 43$, мужчины и женщины) величина УО составила 71.2 ± 1.4 мл (отличия от величины, полученной методом возвратного дыхания углекислотой, статистически незначимы по One way ANOVA); более низкие по сравнению с методом возвратного дыхания углекислотой величины УО у спортсменов (75.6 ± 3.5 мл) могут быть обусловлены тем, что в выборке ($n = 14$) были только женщины.

В детской выборке величины, регистрируемые САКР (табл. 2), оказались наиболее близки к данным отечественных исследователей, полученным методом эхокардиографии [13] и данным зарубежных исследователей, полученными различными неинвазивными методами [14–15].

Результаты оценки УО на САКР при физической нагрузке показали следующее.

В выборке взрослых реактивность показателей сердечной производительности оценивали только у нетренированных лиц ($n = 43$, 22 мужчины и 21 женщина) при выполнении теста с физической нагрузкой (20 приседа-

ний за 30 секунд). Было выявлено, что после физической нагрузки у взрослых возрастает как УО, так и МОК. При этом чувствительными в такому возрастанию были только метод анализа сердечного комплекса на САКР и расчёты по формуле Старра (рис. 1).

В детской контрольной выборке после беговой разминки (нагрузка умеренной мощности) возрастание МОК определено только САКР (рис. 2, Б). После «проката» программы фигуристами (нагрузка субмаксимальной мощности) возрастание МОК было определено всеми методами (рис. 2, Г). В отношении УО различные методы дали разные результаты: по алгоритму САКР выявлено снижение на 8–9 % в обеих группах, по формульным расчётам – снижение у нетренированных детей и, наоборот, возрастание, у юных спортсменов (рис. 2, А, В).

Ранее постулировалось, что при физической нагрузке УО возрастает примерно до уровня 40% МПК, а затем выходит на плато [16]. Однако данные последних лет свидетельствуют о том, что показатели сердечной производительности при выполнении физической нагрузки

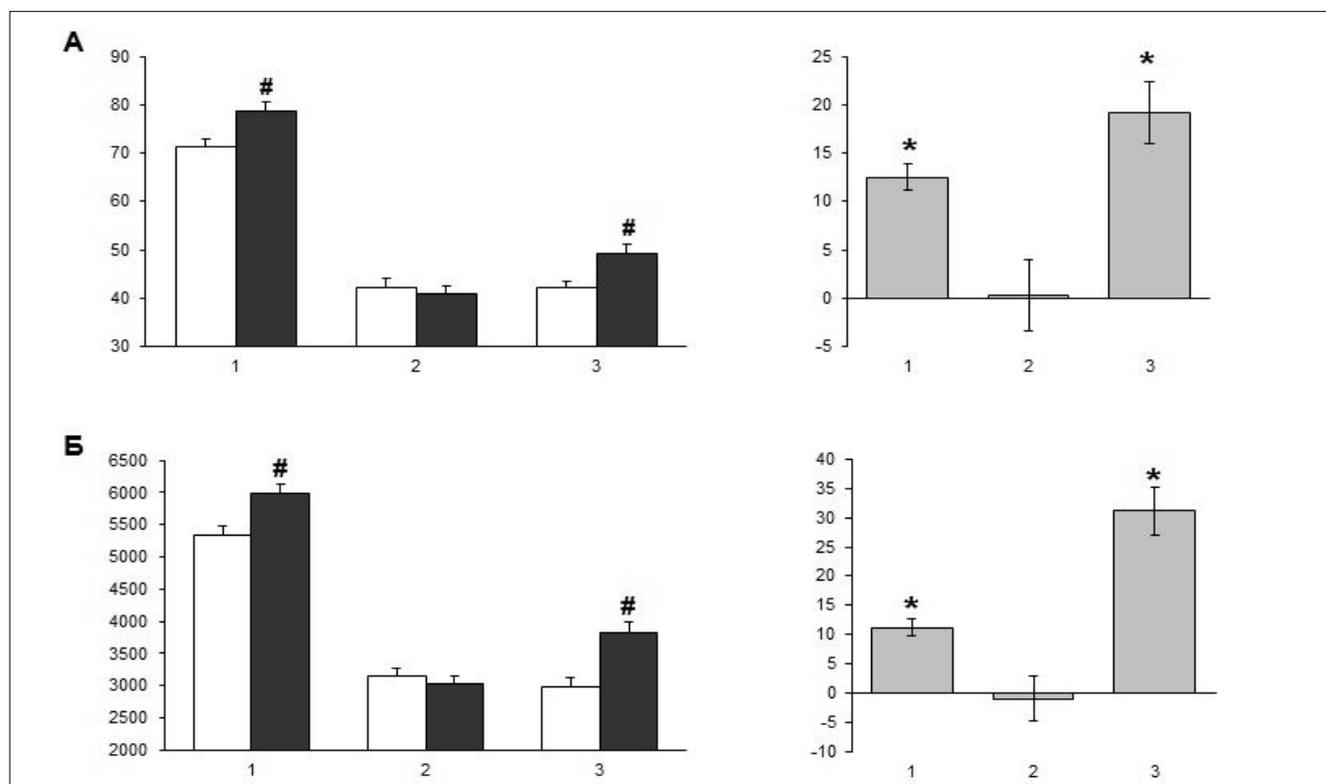


Рис. 1. Изменения показателей сердечной производительности после физической нагрузки (20 приседаний за 30 секунд) у взрослых испытуемых.

А – УО, Б – МОК. По оси X – метод оценки показателя: 1 – определение на базе САКР, 2 – расчёт по Вейну [8], 3 – расчёт по формуле Старра [9]. На левых гистограммах представлены значения до (светлые столбики) и после нагрузки (тёмные столбики), статистическая значимость различий по Repeated measures ANOVA ($p < 0.05$) обозначена решёткой. На правых гистограммах представлена степень изменения показателя в %, статистическая значимость отличий от фона по One way ANOVA ($p < 0.05$) обозначена звёздочкой.

могут вести себя по-разному, в зависимости от мощности выполняемой работы, пола и возраста спортсменов [17], и, вероятно, метода определения УО и МОК. Так, при определении УО методом возвратного дыхания инертным газом получены величины, сопоставимые с таковыми, определяемыми методом анализа электрокардиографических параметров сердечного комплекса. При этом в условиях выполнения субмаксимальных и максимальных нагрузок физических нагрузок у юных спортсменов 8–17 лет выявлено снижение УО до величин, ниже, чем в состоянии покоя (91% – как и в нашей работе) [15]. Аналогичные закономерности были выявлены ранее у взрослых [18]. Предполагается, что, поскольку при физической нагрузке возрастание МОК у юных спортсменов обусловлено в большей степени ростом ЧСС, это сокращает длительность сердечного цикла, и, соответственно, сокращает длительность систолы, и, как следствие, снижает УО [17]. При этом большей чувствительностью к данным изменениям обладают методы определения УО, основанные на алгоритмах оценки пульсовой волны и сердечного цикла (в т.ч. алгоритм, реализованный в САКР, что и выявлено в нашей работе).

Наличие доступного метода определения показателей сердечной производительности играет важную роль в спортивной медицине не только при работе с детьми, но и в спорте высших достижений. Так, ранее мы показали, что величины УО у профессиональных регбисток существенно изменяются на протяжении соревновательного периода [18]. Вопрос о том, насколько такие изменения являются обратимыми, и какими методами реабилитации они могут быть компенсированы, должен решать врач команды на

основании данных мониторинга. В этом плане неоспоримым преимуществом САКР является возможность надёжной оценки УО не только в состоянии покоя, но и в динамике проведения функциональных проб. Такая информация существенным образом расширяет список контролируемых врачом параметров сердечно-сосудистой системы спортсменов в различных экспериментальных ситуациях (в покое, при проведении проб, при выполнении физической нагрузки различной мощности и интенсивности [20]), что, несомненно, будет способствовать повышению качества медицинского сопровождения спортивных тренировок.

Выводы

1. Величины показателей сердечной производительности, регистрируемые по параметрам сердечного комплекса (на базе «спироартериокардиографа»), близки к таковым, получаемым по алгоритмам, основанным на принципе Фика и эхокардиографии, но значительно отличаются от данных, рассчитываемых по артериальному давлению.

2. Метод оценки величины ударного объёма сердца по параметрам сердечного комплекса позволил показать, что после физической нагрузки у нетренированных взрослых (проба Мартинэ) происходит возрастание ударного объёма сердца и минутного объёма кровообращения. У юных испытуемых 8–14 лет, вне зависимости от уровня тренированности и мощности физической нагрузки, возрастание минутного объёма кровообращения достигается за счёт учащения пульса, тогда как ударный объём снижается на 8–9 %.

3. Полученные данные позволяют рекомендовать оценку показателей сердечной производительности методом САКР в работе спортивных врачей.

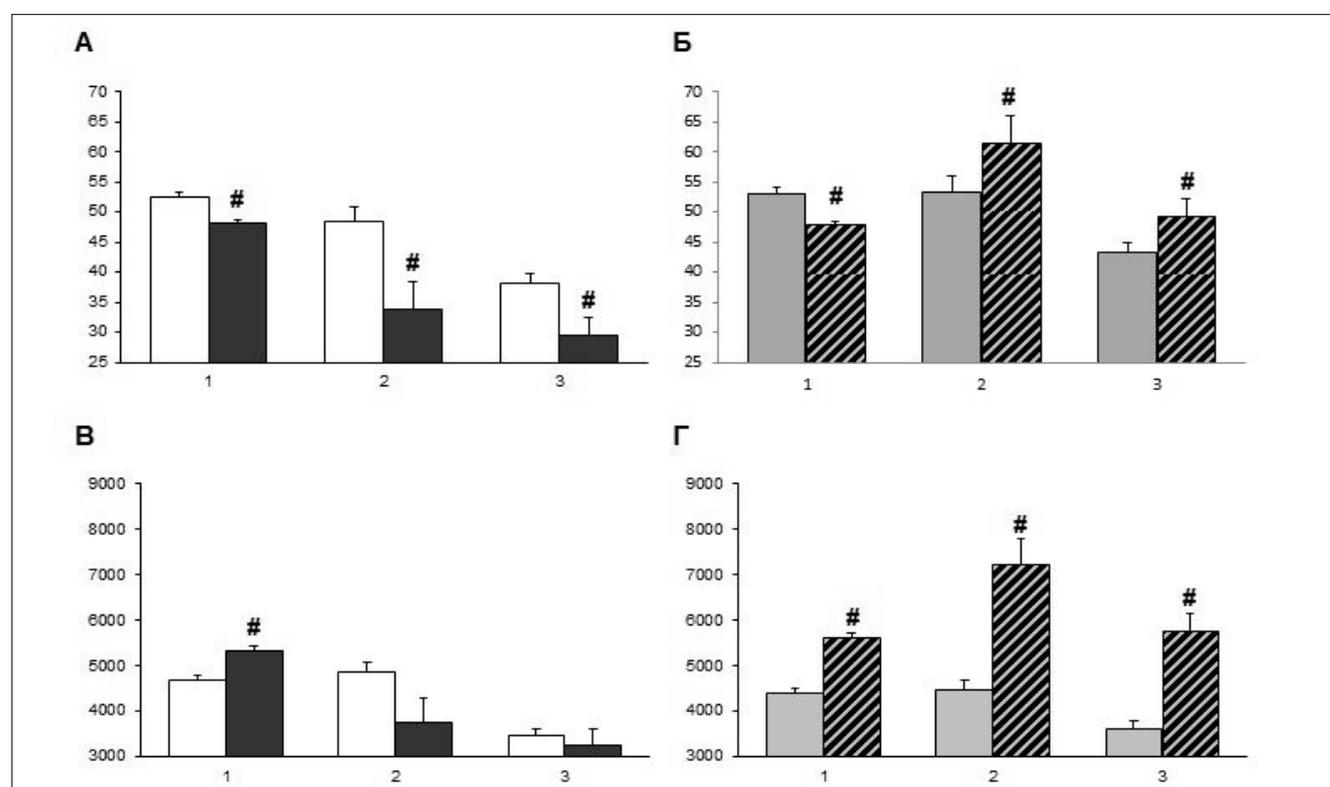


Рис.2. Показатели сердечной производительности до (светлые столбики) и после (тёмные столбики) физической нагрузки.

А – УО у нетренированных школьников после беговой разминки на уроке физкультуры, Б – УО у юных фигуристов после «проката» короткой программы, В – МОК у нетренированных школьников, Г – МОК у юных фигуристов. По оси X – метод оценки показателя: 1 – определение на базе САКР, 2 – расчёт по Вейну [8], 3 – расчёт по формуле Старра для соответствующего возраста [9]. Статистическая значимость различий по Repeated measures ANOVA ($p < 0.05$) обозначена решёткой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Ehlers K.C., Mylrea K.C., Waterson C.K., Calkins J.M. Cardiac output measurements. A review of current techniques and research. *Ann Biomed Eng.* 1986; 14(3): 219–239.
- Geerts B.F., Aarts L.P., Jansen J.R. Methods in pharmacology: measurement of cardiac output. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2011; 71(3): 316–330.
- Kubicek W.G., From A.H., Patterson R.P., Witsoe DA, Castaneda A., Lillehei R.C., Ersek R. Impedance cardiography as a noninvasive means to monitor cardiac function. *J. Assoc. Adv. Med. Instrum.* 1970; 4(2): 724–732.
- Headley J.M. Arterial pressure-based technologies: a new trend in cardiac output monitoring. *Crit. Care Nurs. Clin. North. Am.* 2006; 18 (2): 179–187.
- Reisner A.T., Xu D., Ryan K.L., Convertino V.A., Rickards C.A., Mukkamala R. Monitoring non-invasive cardiac output and stroke volume during experimental human hypovolaemia and resuscitation. *Br. J. Anaesth.* 2011; 106(1): 23–30.
- Kim T.H., Hur J., Kim S.J., Kim H.S., Choi B.W., Choe K.O., Yoon Y.W., Kwon H.M. Two-phase reconstruction for the assessment of left ventricular volume and function using retrospective ECG-gated MDCT: comparison with echocardiography. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2005; 185(2): 319–325.
- Панкова Н.Б., Карганов М.Ю., Фесенко А.Г., Фесюн А.Д., Терновой К.С., Абакумов А.А. Сравнительный анализ методов экспресс-оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. *Вестник восстановительной медицины.* 2011; 6(46): 60–63.
- Вейн А.М. Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика. М.: МИА; 2000. 752 с.
- Starr I., Schild A. A rough cardiac output method so simple that it could be performed by any doctor with the apparatus he now has. *Trans. Assoc. Am. Physicians.* 1954; 67: 192–198.
- Алексеев В.Н., Сучков А.И., Леонченко В.В., Олейник Л.В. Оценка ударного объема сердца при различных методах его определения. *Амбулаторная хирургия: стационарозамещающие технологии.* 2005; 4(20): 46–48.
- Эйгель М.Я., Кузнецов П.П., Панкова Н.Б., Фесенко А.Г., Карганов М.Ю. Инновационные подходы к созданию автоматизированного рабочего места (АРМ) спортивного врача. *Врач и информационные технологии.* 2013; 1: 27–31.
- Войнов В.Б., Воронова Н.В., Золотухин В.В. Методы оценки состояния систем кислородообеспечения организма человека. *Ростов-на-Дону; 2001.* 101 с.
- Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г., Горелов В.А., Уголькова И.В. Эргометрические критерии анаэробной работоспособности у спортсменов разного возраста и пола. *Физиология человека.* 2004; 30(1): 124–131.
- Garcia X., Mateu L., Maynar J., Mercadal J., Ochagavia A., Ferrandiz A. Estimating cardiac output. Utility in the clinical practice. Available invasive and non-invasive monitoring. *Med. Intensiva.* 2011; 35(9): 552–561.
- Rosenthal M., Bush A. Haemodynamics in children during rest and exercise: methods and normal values. *Eur. Respir. J.* 1998; 11: 854–865.
- Astrand P.O., Cuddy T.E., Saltin B., Stenberg J. Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.* 1964; 19: 268–274.
- Vella C.A., Robergs R.A. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects. *Br. J. Sports Med.* 2005; 39(4): 190–195.
- Donald K.W., Bishop J.M., Cumming G., Wade O.L. The effect of exercise on the cardiac output and circulatory dynamics of normal subjects. *Clin. Sci.* 1955; 14: 37–73.
- Панкова Н.Б., Архипова Е.Н., Фесенко А.Г., Алчинова И.Б., Карганов М.Ю. Влияние коррекции элементного статуса на динамику функционального состояния организма девушек-регбисток в соревновательный период (по результатам полисистемного мониторинга) // *Вестник восстановительной медицины.* 2011; 5 (45): 60–66.
- Агаджанян Н.А., Башкирева Т.В. Адаптационные реакции вариабельности сердечного ритма у спортсменов парашютистов при высотных полётах // *Вестник восстановительной медицины.* 2012; 5 (51): 36–39.

РЕЗЮМЕ

Приведен сравнительный анализ результатов оценки показателей сердечной производительности по параметрам сердечного комплекса (на базе аппаратно-программного комплекса «спироартериокардиоритмограф» – САКР) и расчётными методами на основе артериального давления в состоянии покоя. Показано, что результаты оценки ударного объёма по параметрам сердечного комплекса значительно отличаются от данных, рассчитываемых по артериальному давлению, но наиболее близки к величинам, получаемым методами Фика и эхокардиографии. Метод оценки величины ударного объёма сердца по параметрам сердечного комплекса позволил показать, что после физической нагрузки у нетренированных взрослых (проба Мартина) происходит возрастание ударного объёма сердца и минутного объёма кровообращения. У юных испытуемых, вне зависимости от уровня тренированности и мощности физической нагрузки выявлено, что возрастание минутного объёма кровообращения достигается за счёт учащения пульса, тогда как ударный объём снижается на 8–9 %. Предлагается использование оценки показателей сердечной производительности методом САКР в работе спортивных врачей.

Ключевые слова: ударный объём сердца, минутный объём кровообращения, физическая нагрузка.

ABSTRACT

A comparative analysis of the results of the assessment of cardiac performance parameters of cardiac complex (based on the device «spiroarteriocardiorhythmograph» – SACR) and computational methods based on blood pressure was carried out at rest. It is shown that the results of the evaluation of the impact on cardiac complex parameters differ significantly from the data calculated by the blood pressure, but is most close to the values obtained by Fick principle and echocardiography method. A method of estimating the value of the stroke volume of the heart in the parameters of the complex cardiac allowed showing that, after exercise in untrained adults (sample Martine) there is an increase in stroke volume and cardiac output of blood circulation. In young subjects, regardless of the power level of fitness and physical load revealed that the increase in cardiac output blood flow achieved by increased heart rate, while the stroke volume is reduced by 8–9%. Application of the assessment of cardiac performance by SACR in the sports medicine is proposed.

Key words: stroke volume, cardiac output, physical load.

Контакты:

Панкова Наталия Борисовна. E-mail: nbpankova@gmail.com