

УДК 616.713:616.12-089

**Инновационная технология
компьютерного гемодинамического анализа**

Кузьминский Ю.Г., Шилько С.В.

Институт механики металлополимерных систем

им. В.А. Белого НАН Беларуси

Борисенко М.В.

Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

Предметом исследования является гемодинамика артериальной части сердечно-сосудистой системы (ССС). Моделирование функционирования последней на основе теоретических представлений ряда научных дисциплин (биомеханики, биофизики, биохимии) и индивидуальных данных тонометрии и антропометрии обследуемого позволяет осуществить биомеханический анализ гемодинамики, важный для многих приложений (здравоохранение, спорт, оценка трудоспособности и т.д.). С этой целью ранее было предложено большое число гидродинамических моделей различной размерности, посредством которых либо имитируют всю артериальную часть СССР, исходя из усредненных справочных данных, либо детально описывают кровоток в локальных областях. Первые имеют скорее фундаментальное научное значение, вторые находят клиническое применение для выявления патологии отдельных органов или фрагментов сосудов.

Значительное внимание к раннему выявлению заболеваний и дисфункций сердечно-сосудистой системы актуализирует разработку метода быстрой донозологической диагностики предвестников заболеваний в рамках профилактических исследований. Такие методы нужны также для обоснования решений о допуске учащихся к занятиям физкультурой, при мониторинге трудоспособности и т.д. [1]. Особенно востребован подобный подход для кардиодиагностики представителей профессий, нарушение состояния здоровья которых может привести к возникновению внештатных ситуаций, аварий и т.п. Для массового применения подобная диагностика должна быть неинвазивной, экономичной по времени проведения и материальным затратам [2].

С этой целью авторами на основе прикладной теории течения вязких жидкостей в эластичных сосудах разработана 0-D модель гемодинамики и реализующее ее программное средство «БИОДИС V2.2» [3,4]. В общем виде модель реализует функциональную зависимость:

$$M = \{X, U, S, Y, S'\},$$

где $\{X_i\}$ – вектор входной информации в виде антропометрических данных (рост, вес, возраст, пол); $\{U_i^l\}$ – пространство векторов начальных условий моделирования, статистика нагрузки и соответствующих измеряемых тонометрией параметров, включая частоту сердечных сокращений (ЧСС, мин^{-1}), систолическое артериальное давление (АДс, мм рт. ст.) и диастолическое артериальное давление (АДд, мм рт. ст.); $\{S_j\}$ – вектор рассматриваемых состояний системы; $\{Y_i^l\}$ – вектор основных параметров состояния ССС человека для l реализации модели. На выходе модели $\{Y_i^l\}$ и $\{S'_{mi}\}$ – параметры состояния ССС и множество оценок состояния.

Установлено, параметрами, оказывающими наибольшее влияние на ЧСС и артериальное давление, являются: вязкость крови ρ , содержание гемоглобина Hb , показатель кислотного равновесия pH , адреналин, скорость распространения пульсовой волны C_v , начальная деформация и модуль упругости материала стенок сосудов E_d и др. [3].

Для повышения достоверности диагностики осуществлен принцип обучаемости (индивидуальной настройки) программы «БИОДИС V2.2» по измеренным параметрам гемодинамики обследуемого. По мере пополнения базы данных о состоянии артериальной системы индивидуума в различное время и при варьировании нагрузок определяются параметры референтной выборки и уточняется тип гемодинамики. В новом, модифицированном варианте программы «БИОДИС V2.3» расширен список параметров и совместно со специалистами в области физиологии и физической культуры автоматизируется процедура экспертной оценки.

Верификация и опыт использования предлагаемой инновационной технологии (2000 тестов) свидетельствует о том, что она позволяет получить большое число показателей состояния

сердечно-сосудистой системы) неинвазивным путем и при минимальных временных затратах.

При экспресс-обследовании группы жителей г. Гомеля (женщины старше 50 лет) выявлены повышенные (в сравнении с нормой) значения систолического и минутного объемов кровообращения, представленные в таблице 1. На рисунке приведены гемодинамические показатели студентов Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины общефизической подготовки без спортивной специализации и при наличии квалификации в расширенном режиме «покой – 30 приседаний за 30 с – восстановление в течение 5 мин». Они существенно отличаются от студентов со специализацией и высокой спортивной квалификацией (кандидат в мастера спорта). Полная интегральная оценка состояния ССС получается на основании осреднения 10-бальных оценок 30 отдельных параметров (входные, выходные, специализированные коэффициенты). Массовые оценки находятся в интервале 7-9,5. Оценка состояния ССС, требующая обращения за медицинской помощью, как правило, ниже 6. Статистический минимум оценки ССС равен 4,8.

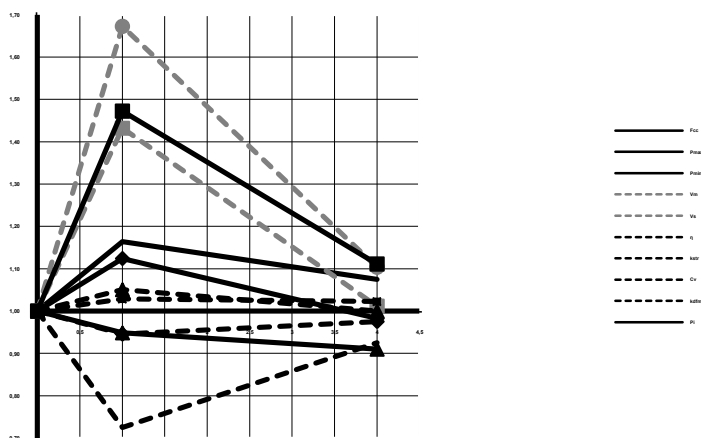


Рис. Относительные изменения параметров ССС у изучаемого контингента.

Таблица 1

Значение систолического и минутного объемов кровообращения обследованных жителей г.Гомеля

Архив результатов биомеханического мониторинга гемодинамики																			
Number of card	Sex	Height, cm	Weight, kg	Age	Frequency of cardiac contractions, ictus/min	Maximal pressure mm Hg	Minimal pressure, mm Hg	Minute blood volume, l	Systolic volume λ	pH	Content of hemoglobin g/l	Kinematic viscosity, cSt	Stress level	Wave speed, cm/s	Vessel narrowing/expanding $\mu\text{L/dl}$	Vessel dilatation $\mu\text{p/dl}$	Impact pressure mm Hg	Gradient O_2 in hemoglobin	Average pressure mm Hg
1		182	100	52	75	140	90	7,6	0,102	7,36	162	8,3	0,99	575	1,027	1,156	50	15,8%	115
2		171	88	55	54	140	100	6,4	0,118	7,42	160	6,6	1,00	887	1,120	1,076	40	17,1%	120
3	Ж	164	60	29	54	120	90	5,0	0,093	7,35	157	4,9	0,97	641	1,107	1,126	30	14,5%	105
4	Ж	167	105	56	84	140	80	12,5	0,148	7,37	145	5,2	1,00	480	0,973	1,194	60	19,2%	110
5	Ж	165	60	53	72	95	64	6,5	0,090	7,35	139	3,5	1,00	445	1,027	1,183	31	22,3%	80
6	Ж	155	67	53	72	150	90	6,9	0,097	7,41	157	6,8	1,00	427	0,957	1,265	60	20,4%	120
7	Ж	176	98	56	72	140	90	9,5	0,133	7,38	148	5,7	0,99	674	1,053	1,116	50	22,8%	115
74	Ж	164	60	18	70	110	70	7,3	0,105	7,35	133	3,3	0,97	571	1,027	1,122	40	19,8%	90
75	Ж	158	60	72	68	140	100	6,1	0,090	7,37	152	6,1	1,00	452	1,021	1,263	40	21,6%	120
77	Ж	165	78	46	78	110	70	9,9	0,127	7,35	127	3,2	0,97	580	1,027	1,119	40	19,8%	90
78	Ж	167	105	56	78	140	80	11,3	0,144	7,39	157	4,6	1,00	923	1,040	1,057	60	19,7%	110
Минимум					54	90	60	4,1	0,058	7,34	115	3,0	0,84	252	0,938	1,057	20	14,5%	75
Среднее					68	129	83	8,2	0,120	7,38	147	5,0	0,99	557	1,028	1,168	46	20,8%	106
Максимум					90	170	110	16,2	0,225	7,46	167	8,3	1,07	923	1,174	1,531	70	28,1%	140

Разработанное средство является доступным и наглядным, что позволяет человеку быть не только пассивным обследуемым, но и способствует его вовлечению в процесс мониторинга, формирует активную позицию в вопросе улучшения состояния своего здоровья (отказ от вредных привычек, здоровый образ жизни).

Практическое использование «БИОДИС V2.2» с привлечением современных информационных технологий (баз данных, WEB-сервисов) делает его пользователями не только врачей-кардиологов, но и специалистов по подготовке спортсменов массовых квалификаций. Разработанное программное средство, позволяющее проводить биомеханические исследования сердечно-сосудистой системы и диагностику состояния здоровья, может быть использовано и для иллюстрации учебного материала по ряду физико-математических дисциплин (биомеханика, биофизика, приборы и системы, гидравлика, математическое моделирование и т.д.

Таким образом, программа «БИОДИС V2.2» может служить средством массового первичного контроля работоспособности и информационной поддержки специалистов (спортивных тренеров, ведомственных медицинских комиссий, врачей-кардиологов).

Исследование проведено в рамках задания КЗ.5.01 «Разработка методологии адресной тренировочной нагрузки на основе биомеханического анализа координационных, скоростных и силовых действий спортсменов и концепции интеллектуального тренажерно-развивающего оборудования и технологий» ГПНИ «Конвергенция», подпрограмма «Современное естествознание и технологии будущего» (2011-2013 г.г.).

1. Агаджанян, Н.А. Изучение образа жизни, состояния здоровья и успеваемости студентов при интенсификации образовательного процесса / Н.А. Агаджанян [и др.]. // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 48–53.

2. Инструментальные методы исследования в кардиологии / Г.И. Сидоренко [и др.] / под ред. Г.И. Сидоренко. – Минск, 1994. – 272 с.

3. Шилько, С.В. Возможности первичной диагностики сердечно-сосудистой системы на основе биомеханического анализа гемодинамики / С.В. Шилько [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. – 2010. – Т. 14, № 3. – С. 148–155.

4. Свидетельство №166 от 05.05.2010 о регистрации компьютерной программы БИОДИС V2.2 / Ю.Г. Кузьминский, С.В. Шилько– 2010.

УДК 623.592:681.518:796.015.59

**Повышение мастерства спортсменов-стрелков
на основе применения новых адаптирующих технологий**

Полякова Т.Д., Zubовский Д.К.,

Панкова М.Д., Юрчик Н.А., Новиков А.Е.

Белорусский государственный университет физической культуры

Петраковский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Abstract: The paper analyses and grounds the application of new individual devices, which control and manage psycho-physiological organism parameters: audio, video and magnetic adapters. Particularly, the principle of radiation of low-frequency magnetic field with the maximum of biological activity was realized in the developed magnetic adapters. The before proved influence of low-frequency magnetic field on the tissues and body parts causes active compensatory-adaptive biological reaction of micro-vascular blood-stream, accelerating blood flow, microcirculation, activating tissue and plasma bloodstream. The magnetic adapters influence was tested and registered by methods of miography. This approach is a perspective trend in adaptive and training technologies. Thus, while using the low-frequency magnetic field, the sportsmen –shooters and biathlonists showed positive results: reduction of tiredness, quicker and qualitative rehabilitation, higher efficiency, activity and higher results in competitive conditions.

В современном стрелковом спорте постоянно продолжается поиск эффективных путей коррекции и регуляции двигательной активности и сенсорной деятельности спортсмена, с целью создания оптимального динамического моторно-висцерального стереотипа, а задача разработки технологий, адаптирующих сенсорные,