

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Канадского Совета по государственно-частным партнерствам [Электронный ресурс] // URL:<http://www.pppcouncil.ca/>. – Дата обращения 30.04.2013.
2. Официальный сайт Национального Совета по государственно-частным партнерствам в США [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ncppp.org/>. – Дата обращения 30.04.2013.
3. Официальный сайт XXX Олимпийских Игр в Лондоне в 2012 году [Электронный ресурс] // URL: <http://www.london2012.com/>. – Дата обращения 30.04.2013.
4. Официальный сайт Совета по спорту в Англии [Электронный ресурс] // URL: <http://www.sportengland.org/>. – Дата обращения 30.04.2013.

REFERENCES

1. *The Canadian Council for public-private partnerships*, available at: <http://www.pppcouncil.ca/>
2. *The National Council for public-private partnerships in USA*, Available at: <http://www.ncppp.org/>
3. *Olympic Games in London*, available at: <http://www.london2012.com/>
4. *English Sports Council*, available at: http://www.sportengland.org

Контактная информация: tsepeleva_anna@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.04.2013.

УДК 796:61

**ПРОГНОСТИЧНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ
ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ РЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ,
СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В БЕГЕ НА 800 МЕТРОВ**

*Екатерина Геннадьевна Цуканова, аспирант, мастер спорта РФ по легкой атлетике,
Алексей Николаевич Корольков, кандидат технических наук, доцент,
Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и
туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва,*

*Геннадий Николаевич Германов, доктор педагогических наук, профессор,
Московский городской педагогический университет, педагогический институт физической
культуры и спорта (ПИФКС МГПУ)*

Аннотация

Рассматриваются реографические методы исследования как высокоинформативные и эффективные для проведения научных исследований. Определяются значения и прогностичность различных показателей периферической гемодинамики при анализе реограмм. Дана интерпретация амплитудным и фазово-частотным характеристикам реограмм, доказана возможность использования их как маркеров при контроле динамики индивидуальных показателей или сравнении межгрупповых характеристик кровотока. В исследовании выявлены гемодинамические факторы, прогрессия которых определяет спортивную результативность у девушек-бегуньи на 800 м на этапе совершенствования спортивного мастерства.

Ключевые слова: гемодинамика, периферическое кровообращение, ревазография, легкоатлеты, бег на 800 метров, корреляция, факторный анализ.

PREDICTIVE INDICATORS OF PERIPHERAL HEMODYNAMICS IN RHEOGRAPHIC INVESTIGATION OF MUSCLE ACTIVITY OF WOMEN ATHLETES SPECIALIZING IN 800 METERS RUNNING

*Ekaterina Gennadiyevna Tsukanova, the post-graduate student,
Aleksy Nikolaevich Korolkov, the candidate of engineering sciences, senior lecturer,
Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow,
Gennady Nikolaevich Germanov, the doctor of pedagogical sciences, professor,
Moscow City Teacher Training University*

Annotation

Rheographic methods of research as high informative and effective for carrying out scientific researchers are considered. Values and predictive of various indicators of peripheral hemodynamics are defined in the analysis rheogram. The interpretation of amplitude and phase-frequency characteristics rheograms, proven ability to use them as markers in monitoring the dynamics of individual performance or intergroup comparison of characteristics of blood flow has been given. The study revealed hemodynamic factors, which determines the progression of exercise performance among the female runners on the 800 meters.

Keywords: hemodynamics, peripheral hemodynamics, reovasography, athletes, 800 meters running, correlation, factorial analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Среди методов исследования периферического кровообращения широко используются реографические методы. Данные методы отличаются своей простотой, высокой информативностью, считаются высокочувствительными и довольно эффективными, позволяют провести качественную оценку состояния кровоснабжения. Разновидностью реографических исследований является реовазография – метод исследования интенсивности периферического кровообращения, при котором осуществляется регистрация кровенаполнения верхних или нижних конечностей или их сегментов (предплечья, кисти, голени, стопы и т.д.). При изучении реовазограмм (РВГ) анализируются амплитудные и временные характеристики. Большинство исследователей указывают на высокую прогностическую значимость реографического систолического индекса (РСИ) и амплитуды артериальной компоненты (ААК), являющихся важнейшими показателями региональной гемодинамики, которые единодушно признаются всеми специалистами, занимающимися анализом реограмм [1, 4, 5, 6, 7].

Отчетливо сознавая, что реографический метод позволяет регистрировать некоторую величину, связанную с кровенаполнением, но зависящую также от целого ряда дополнительных факторов, таких как удельное сопротивление крови и тканей, среднее сечение сегментов тела, которые, в свою очередь, зависят от размеров сегмента и расположения электродов на измеряемом участке и других, мы, все же, сочли целесообразным провести специальные исследования, цель которых состояла в анализе и интерпретации результатов реографических исследований кровенаполнения нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании представляется актуальной попытка установления точности реографического метода исследования и определение принципов проведения анализа реограмм для получения достоверных результатов. В простейшем приближении сегмент участка тела, исследуемый с помощью реографа, можно представить в виде двух параллельных резисторов, расположенных между электродами реографа. Пусть сопротивление первого резистора R_b будет равно сопротивлению тканей сегмента тела, расположенного между электродами реографа, а сопротивление второго резистора R_a будет равно сопро-

тивлению крови в сосудах сегмента, объем которой меняется по некоторому закону, определяемому сердечным ритмом, вместе со временем проведения измерений. Тогда общее сопротивление R сегмента тела между двумя электродами будет равно:

$$R = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b}, \text{ при этом: } R_a = \rho_a \frac{L}{S_a}, R_b = \rho_b \frac{L}{S_b}, \text{ где } \rho_a, \rho_b - \text{удельные сопротивления крови}$$

и ткани, соответственно; L – расстояние между электродами; S_a, S_b – средние площади поперечного сечения кровеносных сосудов и ткани исследуемого сегмента тела, соответственно. Тогда общее сопротивление будет равно:

$$R = \frac{\rho_a \rho_b}{\rho_a S_b + \rho_b S_a} \quad (1)$$

Из (1) следует, что показания реографа при измерениях будут определяться удельным сопротивлением крови и тканей, и средними сечениями сегментов тела, которые, в свою очередь, будут зависеть от размеров сегмента и расположения электродов на измеряемом участке. Кроме того, при сокращении сердца объем крови в сосудах увеличивается, что приводит к возрастанию давления крови на стенки сосудов и площади поперечного сечения S_a . Продифференцировав (1) по S_a можно получить выражение для изменения регистрируемого сопротивления (2):

$$dR = - \frac{\rho_a \rho_b^2 dS_a}{(\rho_a S_b + \rho_b S_a)^2} \quad (2)$$

Ясно, что изменения сопротивления, регистрируемые прибором при измерениях, не пропорциональны объему крови в сосуде (кровенаполнению), а тем более кровеснабжению. Если средняя величина сопротивления обратно пропорционально сумме поперечных сечений сегмента и сосудов, то изменения сопротивления обратно пропорциональны квадрату суммы поперечных сечений.

Таким образом, при проведении реографии фиксируются некоторая величина, связанная с кровенаполнением, определяемая изменением площади поперечного сечения сосудов S_a , выражениями (1) и (2). Кроме того, этот параметр зависит не только от параметров гемодинамики, но и от размеров сегмента, на котором проводятся измерения, положения электродов на измеряемом сегменте, влажности поверхности сегмента тела, и частоты электрического тока. Учитывая тот факт, что антропометрические параметры всех людей группируются относительно некоторых средних значений, то и результаты реографических измерений также подвержены таким вариациям и могут характеризовать гемодинамику испытуемых относительно средней статистической нормы.

Результаты реографических исследований представляют собой периодическую функцию времени $R(t)$ такую, что для любого момента времени t с некоторой точностью, определяемой состоянием испытуемого, справедливо $R(t) = R(t+T)$, где T – период колебаний. По этой причине реограммы $R(t)$, полученные в результате измерений, можно представить в виде суммы ряда гармонических колебаний с частотами кратными основной частоте сокращений сердца ω и позволяет любой реограмме поставить в однозначное соответствие всего $3n$ параметров – коэффициентов Фурье: r_0, a_n и b_n , где n – число гармоник. Практически для описания реограммы достаточно $n=6$, и любая реограмма будет типично описываться 18 цифрами-параметрами (вместо 40, используемых на практике [4]). Кроме того, такое представление реограммы в виде суммы гармоник позволяет рассчитывать фазовый угол каждой гармоники φ_n и характеризовать реограмму фазово-частотным спектром, вид которого инвариантен к измеряемой величине R и, следовательно, не содержит вариаций, вызванных местом расположения электродов и размерами сегмента тела.

Вычислим по графику реограммы: n, r_0, a_n, b_n и φ_n . (Разложение периодической функции в отрезок ряда Фурье: <http://exponenta.ru/educat/systemat/gritsenko/addons/var7.asp>).

Определим минимальное число разбиений, необходимое для построения графика с

достаточной точностью. Минимальное время в гемодинамике в норме составляет 0,06 с – время, при котором достигается максимальная скорость кровенаполнения аорты. Тогда по теореме Котельникова минимальный шаг разбиения будет равен 0,03 с, или для периода сердечного сокращения в 1 с шаг разбиения будет равен 0,17 радиан и $k=36$. Для каждого испытуемого по реограмме (рис.1), представленной в виде графика или таблицы, можно найти собственный реографический спектр (рис.2) из n гармоник, типично определяемый множеством амплитуд A_n , частот ω_n и фаз φ_n .

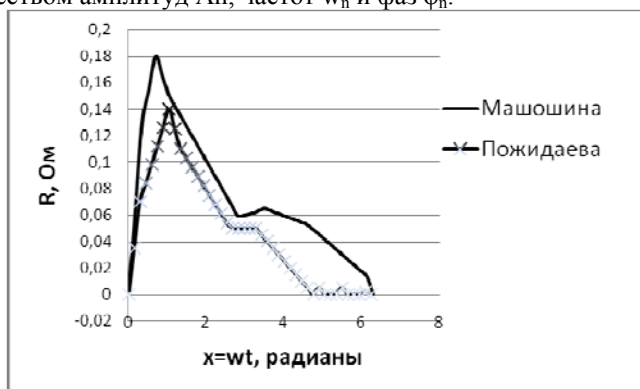


Рис.1. Реограммы левой голени двух спортсменов, специализирующихся в беге на 800 метров

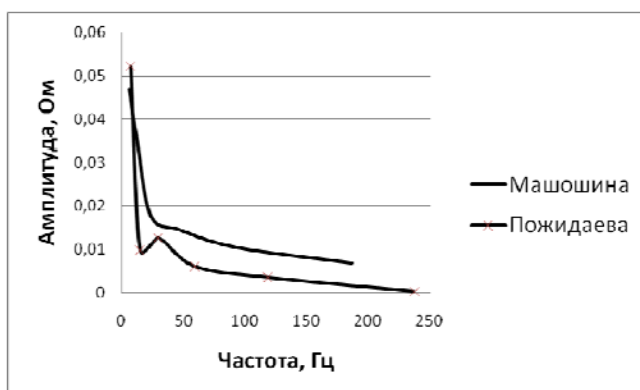


Рис.2. Амплитудно-частотный спектр реограммы левой голени двух спортсменов

Тогда задачу сравнения реограмм можно свести к задаче сравнения спектров функций с использованием статистических методов сравнения выборок по амплитуде, фазе и частоте. Сравнение по амплитуде конечно весьма условное и интерпретация будет носить вероятностный характер, поскольку величина регистрируемого сигнала, как было отмечено выше, зависит не только от кровенаполнения и кровоснабжения артериол и венул, но и от изменения диаметра кровеносных сосудов, площади поперечного сечения (размеров) звена тела, расстояния между электродами реографа. Таким образом, сравнение реограмм по амплитудным характеристикам уместно проводить для одной спортсменки, т.е. для оценки изменения ее состояний по сравнению с предыдущими показателями. Для сравнения спортсменок между собой обоснованным будет использование только фазовых и частотных характеристик реограмм. Это обстоятельство иллюстрируется графиками, представленными на рис.1 и рис.3.

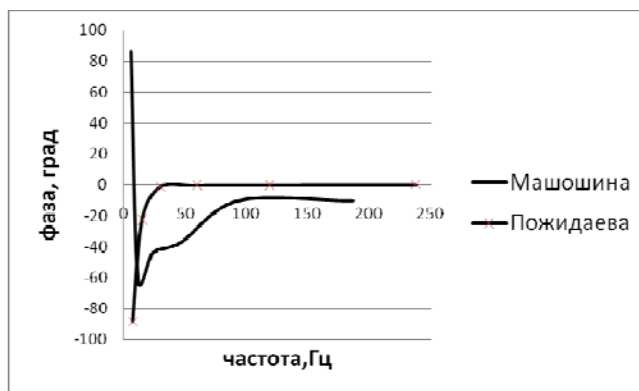


Рис.3. Фазово-частотный спектр реограммы левой голени двух спортсменок

Если на рис.1 реограммы двух спортсменок подобны друг другу и различаются лишь по абсолютной величине сигнала R , то те же реограммы, но представленные в виде фазово-частотного спектра (рис.3), имеют явные различия, позволяющие проводить обоснованную классификацию испытуемых. Поясним, что в этой части исследования анализировались в большинстве случаев не абсолютные, а относительные значения $\pm\Delta$ у бегуний на 800 м экспериментальной группы при выполнении тренировочных заданий в упражнениях на тренажерах, выполняемых в различных силовых режимах. Данная статья является продолжением экспериментальных исследований, изложенных ранее на страницах журнала и других источниках [2, 3, 8].

На основе имеющихся данных в проведенном исследовании определялись гемодинамические факторы, определяющие изменение спортивных результатов исследуемых. Для проведения факторного анализа нами из всего массива данных были выбраны значения сопротивлений на реограмме в точках A_1 – максимальная скорость кровенаполнения (V_{\max} , Ом/с), A – максимальная амплитуда артериальной компоненты (Ом), B – максимальное систолическое значение венозной компоненты (Ом), I – амплитуда инцизуры (Ом), D – максимальная амплитуда дикротического зубца (Ом) и C – момент пересечения изолинии нисходящей частью реограммы, соответствующие им моменты времени (за исключением моментов в точках I и D), продолжительность анакротической фазы, продолжительность катакротической фазы и собственно период сердечного сокращения (рис.1). Всего к рассмотрению принималось 11 переменных для реограмм левой голени у 22-х девушек-спортсменок, а для реограмм левого бедра – у 18-ти девушек-бегуний. Для всех массивов реографических переменных выявлены четыре фактора, определяющих от 84% до 92% дисперсии состояния регионального мышечного кровотока у спортсменов. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Факторные нагрузки гемодинамических параметров

Массив исследуемых данных	% общей дисперсии	Дисперсия (%) и факторные нагрузки			
		1-й фактор	2-й фактор	3-й фактор	4-й фактор
Левая голень	86	34	23	16	13
Правая голень	87	42	21	14	10
Левое бедро	88	48	19	14	7
Правое бедро	87	38	21	18	10

Как следует из результатов факторного анализа, действие первого фактора определяется в основном амплитудными параметрами реограммы, здесь представлены значения ординат характерных точек, выражающие абсолютные величины кровенаполнения сосудов. Данный фактор условно можно назвать как «амплитудный Ф».

Действие второго фактора определяется малыми промежутками времени: временем быстрого кровенаполнения, продолжительностью анакротической фазы и т.п. – промежутками времени продолжительностью от 0,03 до 0,25 с; то есть, действие второго фактора выражается в высокочастотных колебаниях реограммы от 4 до 33,3 Гц. Данный фактор можно классифицировать как «короткий временной Ф», его составляют показатели ВМК – времени медленного кровенаполнения (с), ВРСВ – времени распространения систолической волны (с), ВПВВ – времени появления венозной волны (с) и АФ – времени максимального систолического наполнения сосудов (с).

Третий фактор характеризуется более длительными временными промежутками: продолжительностью катакротической фазы и периодом сердечных сокращений, т.е. выражает действие низкочастотных процессов, сравнимых по частоте с периодами сокращения сердца. Частота таких процессов 1-2 Гц. Данный фактор получил название «длительного временного Ф».

И, наконец, четвертый фактор определяется и амплитудными, и временными переменными, т.е. характеризует форму и крутизну реограммы (В и ВМК): процессами, связанными с возрастанием и убыванием реографического сигнала. На этом факторе сгруппировались амплитуда, ее наклон, быстро протекающая фаза и медленно протекающая (высокие частоты и низкие).

ВЫВОДЫ

1. Сравнение реограмм по амплитудным характеристикам уместно проводить для одной спортсменки, т.е. для оценки изменения ее текущих состояний по сравнению с предыдущими измерениями. Для сравнения спортсменок между собой обоснованным будет использование только фазовых и частотных характеристик реограмм.

2. В исследовании выявлены гемодинамические факторы, прогрессия которых определяет спортивную результативность у девушек-бегуний на 800 м на этапе совершенствования спортивного мастерства. Для всех массивов реографических переменных установлены четыре фактора, определяющих от 84% до 92% дисперсии состояния регионального мышечного кровотока у спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викулов, А.Д. Основы изменений реологических свойств крови у человека и животных при долговременной адаптации к мышечным нагрузкам : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Викулов А.Д. – М., 1997. – 35 с.

2. Германов, Г.Н. Технология модельно-целевого конструирования тренировочных заданий при развитии локальной мышечной выносливости у юных бегунов на средние дистанции / Г.Н. Германов, Е.Г. Цуканова, И.Е. Попова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 3 (73). – С. 30-37.

3. Германов, Г.Н. Методология конструирования двигательных заданий в спортивно-педагогическом процессе : автореф. дис. ... д-ра пед наук : 13.00.04 / Германов Геннадий Николаевич ; [место защиты: Волгогр. гос. акад. физ. культуры]. – Волгоград, 2011. – 56 с.

4. Дратцев, Е.Ю. Особенности регионального мышечного кровообращения у спортсменов высокой квалификации : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.13 / Дратцев Евгений Юрьевич ; [место защиты: Ярослав. гос. пед. ун-т им. К.Д. Ушинского]. – Ярославль, 2008. – 23 с.

5. Кирьянова, М.А. Особенности центрального и периферического кровообращения пловцов и легкоатлетов с учетом специфики мышечной деятельности : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.03.01 / Кирьянова Маргарита Анатольевна ; [место защиты: Чуваш. гос. пед. ун-т им. И.Я. Яковлева]. – Чебоксары, 2011. – 19 с.

6. Кудря, О.Н. Физиологические особенности вегетативного обеспечения мышеч-

ной деятельности у спортсменов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.03.01 / Кудря Ольга Николаевна ; [место защиты: Сиб. гос. мед. ун-т Минздрава России]. – Томск, 2012. – 47 с.

7. Мельников, А.А. Комплексный анализ факторов, взаимосвязанных с реологическими свойствами крови у спортсменов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.13 / Мельников Андрей Александрович ; Ярослав. гос. пед. ун-т им. К.Д. Ушинского. – Ярославль, 2004. – 46 с.

8. Попова, И.Е. Особенности региональной гемодинамики у легкоатлетов-бегунов на средние дистанции / И.Е. Попова, Г.Н. Германов, Е.Г. Цуканова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 2 (60). – С. 104-112.

REFERENCES

1. Vikulov, A.D. (1997), *Bases of changes of rheological properties of blood at the person and animals at long-term adaptation to muscular loadings*, dissertation, Moscow, Russian Federation.

2. Germanov, G.N., Tsukanova, E.G. and Popova, I.E. (2011), “Technology of model and target designing of training tasks at development of local muscular endurance in young runners on average distances”, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, Vol. 73, No. 3, pp. 30-37.

3. Germanov, G.N. (2011), *Methodology of designing of impellent tasks in sports-pedagogical process*, dissertation, Volgograd, Russian Federation.

4. Dratcev, E.Ju. (2008), *Features of regional muscular blood circulation at athletes of high qualification*, dissertation, Jaroslavl, Russian Federation.

5. Kir'janova, M.A. (2011), *Features of the central and peripheral blood circulation of swimmers and athletes taking into account specifics of muscular activity*, dissertation, Cheboksary, Russian Federation.

6. Kudrja, O.N. (2012), *Physiological features of vegetative ensuring muscular activity at athletes*, dissertation, Tomsk, Russian Federation.

7. Mel'nikov, A.A. (2004), *The complex analysis of the factors interconnected with rheological properties of blood at athletes*, dissertation, Jaroslavl, Russian Federation.

8. Popova, I.E., Germanov, G.N. and Tsukanova, E.G. (2010), “Features of regional haemo dynamics at athletes-runners on average distances”, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, Vol. 60, No. 2, pp. 104-112.

Контактная информация: genchay@mail.ru

Статья поступила в редакцию 27.04.2013.

УДК 796.01

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ЗДОРОВЬЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ПОДРОСТКОВ С НАРУШЕНИЕМ СЛУХА

Дмитрий Александрович Шатунов, соискатель,

Елабужский институт, Казанский (Приволжский) государственный университет,

Фируза Рахматулловна Зотова, доктор педагогических наук, профессор,

Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Казань

Аннотация

В настоящее время в России отмечается отчетливая тенденция ухудшения здоровья детей и подростков. По данным статистики (данные 2011 г.), в Российской Федерации лишь 14% детей практически здоровы, 50% имеют функциональные отклонения, 35÷40% – хронические заболева-