

Рисунок 1 – Структурная схема устройства

На рисунке 1 представлена структурная схема реализации заявленного устройства. На нем изображены: 1- дисплей; 2-динамик; 3-электрод для инъекции; 4-поверхностный электрод; 5-игольчатый электрод; 6-инструментальный усилитель; 7-полосовой фильтр; 8-АЦП; 9-микропроцессор; 10-ЦАП; 11-преобразователь напряжения в ток; 12-измеритель тока; 13-электрод стимуляции; 14-клавиатура; 15-принтер; 16-сигнализация; В-врач; БО-биообъект.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ ДО И ПОСЛЕ ТРЕНИРОВОК СПОРТСМЕНОВ

Жернова Л.А.

Дунаев А.В.

Полученные данные об изменении параметров микроциркуляторно-тканевых систем могут быть использованы в качестве оценки адаптивных возможностей спортсменов в процессе тренировок.

В связи с растущим интересом к достижениям спорта становится актуальным вопрос подведения спортсмена к пику формы в определенный временной промежуток. Для этого необходимо учитывать не только физические возможности и потенциал, но и психологическое состояние человека. Со спортсменами наряду с тренерами работают психологи, но при этом заключения специалистов являются субъективными. Объективным является метод, который бы позволил независимо и эффективно оценивать состояние организма спортсменов в рамках индивидуальных особенностей каждого.

Указанным требованиям отвечает комплексный подход для оценки состояния микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) организма, включающий методы лазерной доплеровской флюметрии (ЛДФ), оптической тканевой оксиметрия (ОТО) и пульсоксиметрии (ПО) [1]. Система микроциркуляции является очень чувствительной к малейшим физическим и психологическим изменениям, поэтому на основании правильно интерпретированных данных об изменении перфузии (I_m), тканевой и артериальной сатураций (S_tO_2 и S_aO_2), объемного кровенаполнения (V_b) [2] и ряда комплексных параметров, существует возможность управлять тренировочным процессом спортсмена в целом.

Целью данной работы является исследование изменений параметров микроциркуляторно-тканевых систем с помощью указанных методов до и после тренировки спортсменов.

Тестовые эксперименты проводились на небольшой группе спортсменов (3 девушки в возрасте 21-23 лет), занимающихся легкой атлетикой. Перед началом эксперимента добровольцы в течении 10-15 мин находились в спокойном состоянии в положении сидя. Запись ЛДФ- и ОТО-грамм проводилась до начала тренировки (фоновые записи) при нормальных условиях (температура в помещении 22-24°C), после трехкратного замера температуры кожи подушечки среднего пальца правой руки и регистрации пульсоксограммы. Если температура кожи составляет менее 30°C, имеются основания предполагать нарушения микроциркуляции или спастический тип микроциркуляции крови, что не удовлетворяет методике эксперимента. Значение артериальной сатурации (S_aO_2), регистрируемое с помощью пусоксиметрического датчика, необходимо при дальнейших расчетах комплексных параметров тканевого дыхания спортсменов.

Для записи ЛДФ- и ОТО-грамм накладывался датчик (в виде пальцевого фиксатора) многофункционального диагностического комплекса «ЛАКК-ОП» (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия) на ногтевое ложе среднего пальца правой руки, находящейся в ненапряженном, расслабленном состоянии. Длительность записи составляла 5 мин. Далее проводился дыхательный тест, при котором делается глубокий вдох и задерживается дыхание в течение 20 с или более при возможности, затем резкий выдох. Данный тест позволяет определить время восстановления уровня перфузии при спазме микрососудов. Для определения типа микроциркуляции крови спортсмена однократно проводился окклюзионный тест, при котором пережимается кровоток предплечья посредством накаченной воздухом тонометрической манжеты в течение 3 мин, а по истечении которого проводится резкий сброс давления в манжете. По характеру восстановления ЛДФ-граммы делают вывод о типе микроциркуляции крови. После окончания тренировки, включающей в себя бег на длинные дистанции, а также некоторые игровые виды спорта, спортсмены повторно проходили процедуру регистрации данных.

На рисунках 1 и 2 показаны типовые ЛДФ-и ОТО-граммы спортсмена до и после тренировки соответственно. Как видно из представленных графиков, после тренировки увеличились среднее значение перфузии и объемного кровотока, при этом среднее значение тканевой сатурации уменьшилось.

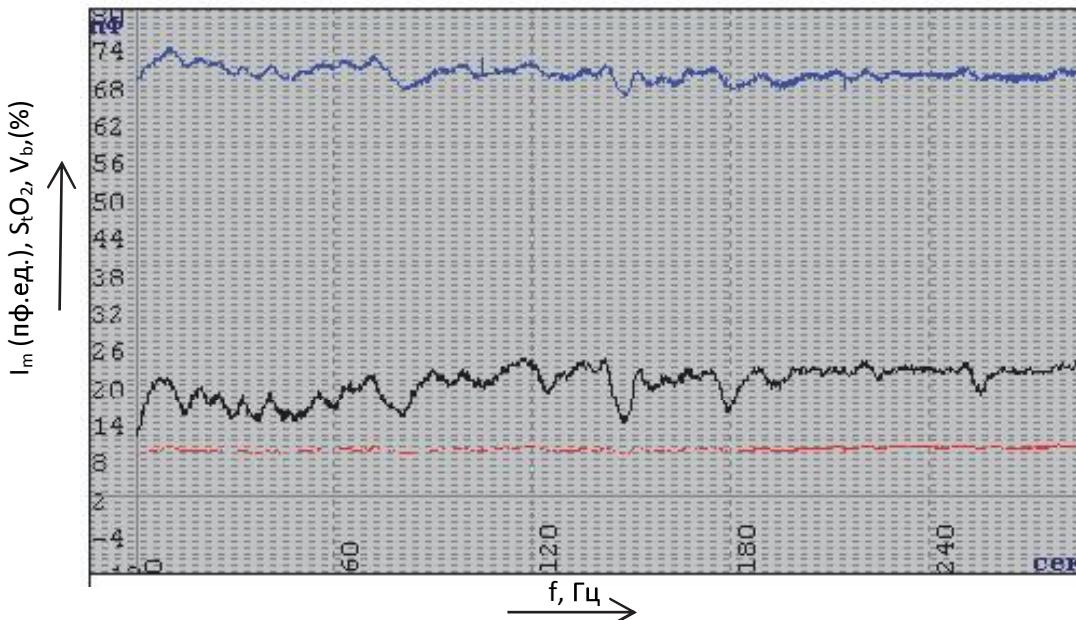


Рисунок 1 –ЛДФ-грамма до начала тренировки

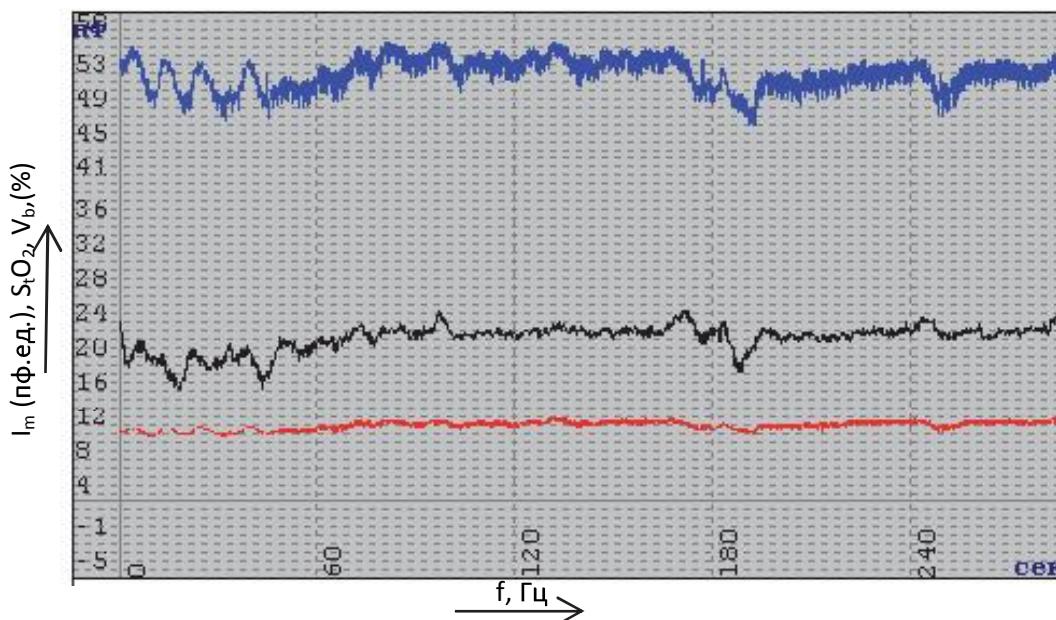


Рисунок 2 –ЛДФ-грамма после окончания тренировки

Программное обеспечение «ЛАКК-ОП» позволяет построить и рассчитать спектральные характеристики ЛДФ- и ОТО-грамм (вейвлет-анализ Морле). Результаты вейвлет-анализа до начала тренировки представлены на рисунке 3.

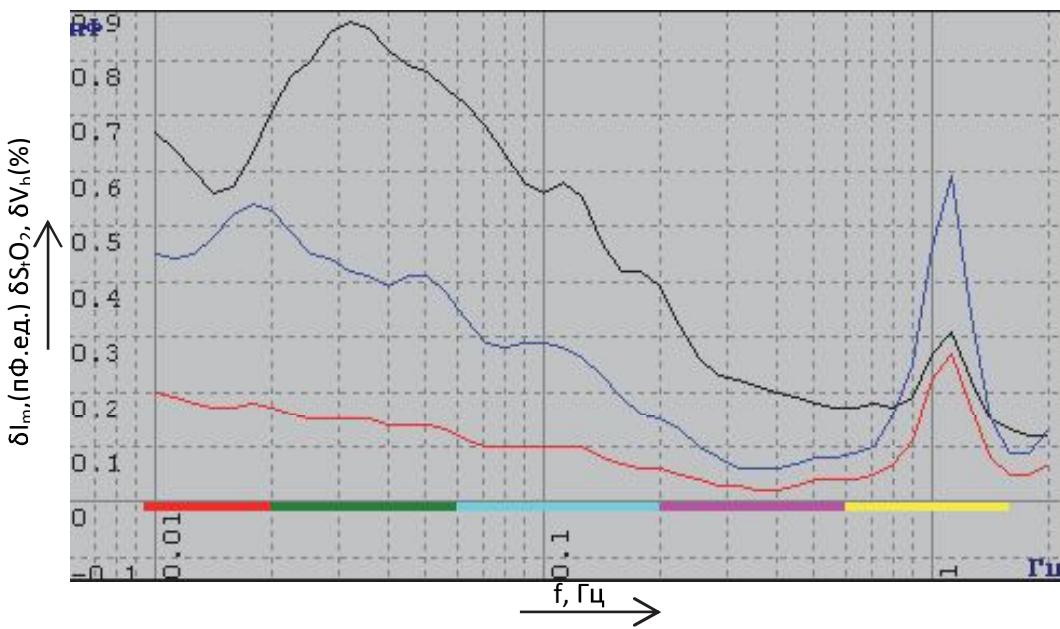


Рисунок 3 – Спектральный анализ ЛДФ- и ОТО-грамм до начала тренировки

Доминирование нейрогенных колебаний (0,02-0,06 Гц) над остальными ритмами (рисунок 3) может означать увеличение притока в микроциркуляторное русло артериальной крови [2]. Кроме того, сердечные колебания также являются доминирующими (обычный диапазон 0,8-1,6 Гц [3], от 0,6 Гц для спортсменов [2]), диагностическое значение которых заключается в увеличении притока в микроциркуляторное русло артериальной крови. Такие же доминирующие колебания сердечных ритмов прослеживаются и после физической спортивной нагрузки, как показано на рисунке 4.

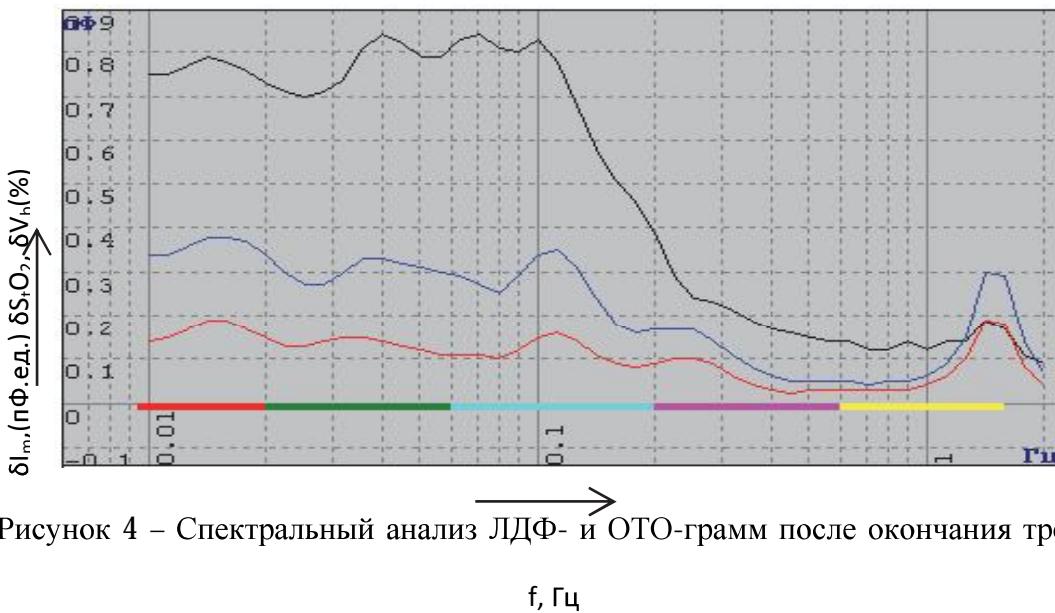


Рисунок 4 – Спектральный анализ ЛДФ- и ОТО-грамм после окончания тренировки

Кроме того, характерной особенностью спектральных характеристик ЛДФ- и ОТО-грамм после тренировки является сдвиг доминирующих

осциляций в миогенный диапазон (0,06-0,15 Гц) [3], что может свидетельствовать об увеличении шунтирующего кровотока через артериовенулярные анастомозы [4]. Аналогично, в работе [5] отмечается о возможном открытии артериовенулярных анастомозов при уменьшении вазомоций.

По результатам регистрации параметров МТС у спортсменов проведен статистический анализ с помощью программного продукта «ORIGIN PRO 8.1». Данная программа позволяет проводить статистические вычисления с оценкой значимости различий по критерию Манна-Уитни, наиболее широко применимого для физиологических процессов. Основными комплексными параметрами для оценки тканевого дыхания являются: нутритивный кровоток (I_m), венозная сатурация (S_vO_2), показатели шунтирования перфузии и тканевой сатурации ($BI(\delta I_m)$) и $BI(\delta S_tO_2)$), скорость потребления кислорода тканями (ОС) и экстракция кислорода (ОЕ). Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных ЛДФ - и ОТО-грамм

№	Параметр	Значение	
		До тренировки (n=7)	После тренировки (n=7)
1	I_m (общая), пф.ед.	16,78±3,42	23,31±1,47*
2	I_{mn} (нутритивная), пф.ед.	7,71±2,05	11,87±1,46*
3	S_aO_2 , %	96,86±1,86	98,29±0,76
4	S_tO_2 , %	69,57±2,65	63,62±11,54*
5	S_vO_2 , %	17,48±3,83	39,43±7,35*
6	V_b ,%	9,04±1,29	10,23±0,77
7	$(\delta I_m)_m$, пф.ед.	1,15±0,45	0,8±0,09
8	$(\delta S_tO_2)_m$, %	0,61±0,19	0,51±0,2
9	$f_m(\delta I_m)_m$, Гц	0,08±0,02	0,1±0,01*
10	$f_m(\delta S_tO_2)_m$, Гц	0,08±0,02	0,1±0,02*
11	$BI(\delta I_m)_m$, усл.ед.	2,22±0,25	2,41±0,73
12	$BI(\delta S_tO_2)_m$, усл.ед.	1,31±0,31	1,43±0,75
13	ОЕ, усл. ед.	0,74±0,13	0,81±0,12
14	ОС, усл. ед.	529,84±155,91	938,16±214,6*

*- статистическая значимость различий параметров после тренировки по отношению к параметрам до тренировки с доверительной вероятностью $p<0,05$ по критерию Манна-Уитни

Как видно из таблицы, параметры I_m , I_{mn} , S_vO_2 , V_b и ОС возросли после физической спортивной нагрузки, в то время как параметр S_tO_2 снизился, что объясняется увеличением скорости потребления кислорода тканями в связи с сильно увеличившейся мышечной работой.

Таким образом, по величинам анализируемых параметров МТС, а также по времени их возврата в нормальное состояние (оценка переходных процессов), с помощью предлагаемого подхода можно оценить резервные возможности организма спортсмена, а следовательно приемлемость данного вида нагрузки, которую возможно объективно корректировать. Для ре-

шения задач адаптивного управления тренировочным процессом спортсмена предлагаемая методика может быть полезной и информативной для тренеров и специалистов спортивной медицины.

Список литературы

1. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2-х томах. Т.1 -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 518 с.
2. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность (Руководство для врачей). М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2013. – 496 с.
3. Stefanovska A., Bracic M. Physics of the human cardiovascular system. // Contemporary Physics, 1999, v. 40, N 1, p.31-35.
4. Крупаткин А.И. Клиническая нейроангиофициология конечностей (периваскулярная иннервация и нервная трофика). - М.: Научный мир, 2003.-328с.
5. Mayer, M.F., Rose, C.J., Hulsmann, J.-O., et al., Impaired 0.1 Hz Vasomotion Assessed by Laser Doppler Anemometry as an Early Index of Peripheral Sympathetic Neuropathy in Diabetes, Microvasc. Res., 2003, vol. 65, p. 88.

РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ МОЛОДЕЖИ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО И ПОСЛЕВУЗОВСКОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ПРЕДМЕТУ «СОЦИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОЛОДЕЖИ»

Изак С.И.

**Российский государственный университет физической культуры,
спорта молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия,**

Аннотация. С целью оптимизации учебного процесса разработана и реализована в условиях ВУЗа образовательная модель обучения молодежи в системе высшего и послевузовского профессионального образования по предмету «Социальное обеспечение молодежи», которая включает 4 основных компонента.

Abstract. In order to optimize the learning process has been developed and implemented in terms of the university educational model of youth education in higher and postgraduate education on the subject of "Social Security Youth", which includes four major components.

С целью оптимизации учебного процесса разработана и реализована в условиях ВУЗа образовательная модель обучения молодежи в системе