

МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ В ПЕРИОД ПРИОБРЕТЕНИЯ И  
УТРАТЫ «СПОРТИВНОЙ ФОРМЫ»

*Анатолий Григорьевич Фалалеев, доктор биологических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов*

**Аннотация**

Анализ динамики тесноты и знака корреляционных взаимосвязей между двигательными и вегетативными функциями у гребцов академического стиля во время выполнения 6 мин модели соревновательной дистанции выявил, что состояние низкой тренированности сопряжено со снижением тесноты респираторных и кардиореспираторных связей, с доминированием отрицательных моторно-респираторных и моторно-кардиальных.

**Ключевые слова:** межфункциональные взаимосвязи, спортивная форма, электрокардиограмма.

THE INTER FUNCTIONAL LINKS IN PERIOD OF OBTAINING AND LOSS OF  
«SPORTING FORM»

*Anatoly Grigorevich Falaleev, Dr.Sci.Biol., the professor,  
The St.-Petersburg Humanitarian University of Trade Unions*

**Annotation**

The analysis of dynamics of narrowness and sign of co relational links between the motional and vegetative functions among the oarsmen of the academic style during performance of 6 minutes model of competitive distance has revealed that the condition of pure fitness is connected with the decrease in narrowness of respiratory and cardio respiratory links with domination of negative moto-respiratory and moto – cardiac links.

**Keywords:** the inter functional links, the sporting form, the electrocardiogram.

Процесс формирования условно-рефлекторных реакций [1, 2, 3, 4, 5], совершенствования сложных двигательных навыков [6, 7, 8] и тренированности [9, 10] сопровождается перестройкой взаимоотношений между многими физиологическими функциями. В связи с этим особый интерес представляет исследование межфункциональных взаимосвязей на различных стадиях тренированности у представителей различных видов спорта при выполнении физических нагрузок различной мощности, в том числе и моделей соревновательных нагрузок [9, 10]. В подготовительный период тренировки (ППТ) обследовано 15 гребцов академического стиля (1 разряд - МС, 18 – 25 лет) и на этапе непосредственной предсоревновательной подготовки (ЭНПП) – 12 из них. Во время выполнения 6-минутной модели соревновательной дистанции в гребном бассейне у каждого гребца ежеминутно или непрерывно регистрировались (некоторые находились расчетным путем) следующие показатели: мощность нагрузки (WR), темп гребли (SR), частота сердечных сокращений ( $\dot{p}$ ), соотношение Q-X/Q-T (по данным ЭКГ в отведении «А»), частота дыхания в минуту (BF), легочная вентиляция (VE л/мин), потребление кислорода ( $VO_2$  л/мин и  $VO_2$  мл/кг/мин), выделение углекислого газа ( $VCO_2$  л/мин), кислородный пульс ( $O_2p$ ), дыхательный коэффициент (RQ), эксцесс  $CO_2$  (Exc  $CO_2$ ), температура внутри наружного слухового прохода ( $t^{\circ}C$ ), амплитуда EMG *m.vastus lateralis* и амплитуда EMG *m.gastrocnemicus lateralis*. Анализ полученных данных заключался в расчете среднегрупповых величин, индивидуальных корреляционных матриц (через Z – преобразование), в сравнении динамики среднегрупповых показателей и усредненных одноименных коэффициентов корреляции, характерных для ППТ и ЭНПП.

Выявлено, что на ЭНПП во время 6 мин. предельной работы достоверно выросла WR,  $VO_2$  л/мин и  $VO_2$  мл/кг/мин, ЧСС,  $O_2$  пульс, и  $O_2$  долг, что свидетельствует о состоянии более высокой тренированности и более высокой «спортивной форме» гребцов, чем в ППТ. Приобретение более совершенной «спортивной формы» сопровождалось разнонаправленной перестройкой [9, 10] межфункциональных взаимосвязей: усилились по тесноте 19.74%; снизились -3.76%; не изменились по тесноте и зна-

ку 30.08%; перешли из достоверных в недостоверные - 16.92% и из недостоверных в достоверные - 6.58%; изменили знак с «+» на «-» - 1.88%; с «-» на «+» - 12.22%; были недостоверными в ППТ и на ЭНПП - 8.46% связей.

Усилились по тесноте с  $+0,59 - +0,99$  до  $+0,87 - +1,00$  20 связей (между  $VE$  и  $VCO_2$ ,  $VO_2$  л,  $VO_2$  мл/кг,  $RQ$ ,  $p$ ,  $BF$ ; между  $VCO_2$  и  $VO_2$  мл/кг,  $p$ ,  $O_2p$ ; между  $VO_2$  л/мин и  $VO_2$  мл/кг,  $RQ$ ,  $p$ ; между  $VO_2$  мл/кг и  $RQ$ ,  $p$ ; между  $RQ$  и  $Exc\ CO_2$ ,  $p$ ,  $O_2p$ ; между  $p$  и  $O_2p$ ; между  $BF$  и  $SR$ ). Снизилась по тесноте 4 связи: «+» между  $VCO_2$  и  $Wt$ ;  $VO_2$  л/мин и  $Exc\ CO_2$ ;  $EMG\ m.v.l.$  и  $EMG\ m.g.l.$  - с  $+0,74 - +0,91$  до  $+0,39$  до  $+0,83$  и с «-» между  $O_2p$  и  $t^\circ C$  - (с  $-0,77$  до  $-0,55$ ). Среди связей, усилившихся по тесноте, системообразующими (с наибольшим числом достоверных связей) были показатели, отражающие эффективность кровообращения, утилизацию  $O_2$ , выведение  $CO_2$  и соотношение между последними ( $p$ ,  $VE$  л/мин,  $VCO_2$ ,  $VO_2$  мл/кг и  $RQ$ ). В целом при достижении высокой работоспособности усилились 50% респираторных - внутрисистемных связей и 40% кардиореспираторных - межсистемных.

Таким образом, приобретение гребцами академического стиля более высокой физической работоспособности сопровождается, прежде всего, усилением и совершенствованием межфункциональных взаимоотношений внутри респираторной системы и между респираторной системой и системой кровообращения. Связей, специфичных только для ППТ, было 18. Из них 11 - это связи с «-» знаком, теснота которых была от  $-0,24$  до  $-0,77$  (между  $SR$  и  $VE$  л,  $VCO_2$ ,  $VO_2$  л,  $VO_2$  мл/кг,  $Exc\ CO_2$ ,  $O_2p$ ;  $RQ$  и  $EMG\ m.v.l.$ ;  $BF$  и  $Wt$ ,  $EMG\ m.v.l.$ ,  $t^\circ C$ ;  $Wt$  и  $Q-X/Q-T$ ). Семь связей были с «+» знаком, теснота которых варьировала от  $+0,42$  до  $+0,72$  (между  $Q-X/Q-T$  и  $Exc\ CO_2$ ,  $BF$ ,  $t^\circ C$ ;  $EMG\ m.v.l.$  и  $Wt$ ,  $SR$ ,  $t^\circ C$ ;  $EMG\ m.g.l.$  и  $t^\circ C$ ). Среди связей с «-» знаком в числе системообразующих характеристик были только показатели моторных функций ( $SR$ ,  $Wt$ ,  $Emg\ m.v.l.$ ,  $Emg\ m.g.l.$ ). Все 18 связей относились к межсистемным: 44% - моторно-респираторные, 11% - моторно-кардиальные. Знак «-» свидетельствует о том, что при выполнении предельной нагрузки в период потери «спортивной формы» имеет место дискоординация взаимоотношений между двигательной системой и другими системами: респираторной и кардиальной. Несмотря на то, что эти связи не рациональны с точки зрения эффективного обеспечения предельной работы, однако, их все же следует отнести к физиологически целесообразным связям, так как они обеспечивают охранительную, защитную функцию, ограничивают максимизацию развертывания функциональных пределов в состоянии, когда морфологически и функционально эти системы ослаблены сниженными объемами и интенсивностью тренировочных нагрузок. Стремление спортсмена увеличить темп гребли и мощность в состоянии утраты «спортивной формы» за счет волевого стимула приводит к неизменности или снижению реакции вегетативных систем, обеспечивающих предельную работу, видимо, с целью исключения их перегрузки. Небольшая часть связей в ППТ имела положительный знак, и они могут быть отнесены к физиологически целесообразным, так как отвечают требованиям максимизации и развертывания функций, обеспечивающих предельную работу. Однако в сочетании с большим количеством физиологически нецелесообразных связей - связей, сдерживающих максимизацию развертывания вегетативных функций, в целом в организме спортсмена нет всеобъемлющего функционального настроя и гармонии для обеспечения высокой работоспособности.

На ЭНПП имелись связи достоверные (специфичные) только для периода высокой физической работоспособности (между  $EMG\ m.g.l.$  и  $VE$  л,  $VO_2$  л,  $p$ ,  $O_2p$ ;  $SR$  и  $(Q-X/Q-T)$ ;  $VO_2$  мл/кг и  $Q-X/Q-T$ ). Все они были «+» (по тесноте от  $+0,44$  до  $+0,66$ ) и физиологически целесообразны для обеспечения высокой работоспособности. Системообразующими, как и в ППТ, были показатели, отражающие состояние двигательных функций ( $SR$  и  $Emg\ m.g.l.$ ). Все связи межсистемные: моторно-кардиальные - 3 связи, моторно-респираторные - 2 и кардиореспираторная - 1 связь. Как уже отмечалось, все связи физиологически целесообразны и свидетельствуют о высокой согласованности между моторной и вегетативными системами. Произвольное усиление функций двига-

тельной системы, желание показать более высокий результат на этом этапе способствуют разворачиванию вегетативных систем и, следовательно, обеспечению высокой работоспособности и удержанию высокой мощности гребли.

Несомненный интерес представляют связи, перестраиваемые по знаку в период достижения высокой работоспособности. В ППТ выявлено 13 связей между: EMG m.v.l. и WE л, VCO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub> л, VO<sub>2</sub> мл/кг, Exс CO<sub>2</sub>, р, O<sub>2</sub>р; EMG m.g.l. и VCO<sub>2</sub>, RQ, BF, Q – X/Q – T; Wt и WE л, t°С ). Все они в ППТ имеют «–» знак и тесноту от –0,30 до –0,74 и от +0,37 до +0,76 на ЭНПП. Лишь 2 связи в ППТ (между Wt и р, EMG m.g.l.) были с «+» знаком и имели тесноту +0,65, а на ЭНПП изменялись в пределах –0,58 – –0,74. Системообразующими показателями всех этих связей являются показатели, отражающие функционирование двигательных функций (Wt, Emg m.v.l., Emg m.g.l.). Отрицательный знак большинства связей в ППТ указывает на то, что волевое усиление предельной мощности работы и мышечных сокращений приводит к задержке или угнетению мобилизации функций дыхания и кровообращения и, следовательно, делает невозможным, по совершенно объективным причинам, ее прирост. Две связи, моторная и моторно-респираторная, имеют «+» знак – физиологически целесообразные в плане достижения высоких показателей мощности работы. Однако они проявляются на фоне большого числа связей, которые ограничивают разворачивание функциональных систем энергообеспечения и поэтому в общем паттерне не имеют определяющего значения для обеспечения высокой физической работоспособности.

Как уже было отмечено выше, связи с «–» знаком в ППТ на ЭНПП перестраиваются в «+». Системообразующие физиологические характеристики те же, что и в ППТ: показатели двигательных функций (мощность работы и биоэлектрические характеристики основных мышечных групп, несущих большую нагрузку во время академической гребли).

Однако и на этапе с более высокой работоспособностью в состоянии более высокой «спортивной формы» имеют место взаимосвязи (2 связи) с «–» знаком, которые можно отнести к физиологически нецелесообразным, так как они сдерживают длительное удержание высоких показателей мощности работы.

Таким образом, анализ динамики тесноты и знака взаимосвязей в условиях сниженной и высокой работоспособности показал, что координация физиологических функций в различные периоды тренировки осуществляется взаимосвязями, которые как усиливались, так и снижались по тесноте, изменялись по знаку и достоверности. Как увеличение тренировочных нагрузок, так и их снижение, приводят к кардинальной перестройке внутрисистемной и межсистемной координации физиологических функций [9,10] – перестройке их внешней, периферической синхронизации.

Преобладание «–» связей в ППТ свидетельствует о том, что волевое стимулирование к выполнению нагрузки, превышающей физиологические возможности, приводит к неизменности или угнетению большинства вегетативных функций. В период, когда спортсмены находились в лучшей «спортивной форме» – на ЭНПП, формировались связи, специфичные только для периода с высокой спортивной работоспособностью, увеличивалось количество физиологически целесообразных связей, обеспечивающих высокий уровень физической работоспособности и наблюдалось устранение межфункционального десинхронизма. Произвольный волевой стимул двигательных функций на этом этапе способствовал разворачиванию и мобилизации вегетативного обеспечения предельной работы.

## ВЫВОДЫ

1. Выполнение предельной работы на ЭНПП в сравнении с ППТ сопровождалось разнонаправленной перестройкой межфункциональных взаимосвязей: их неизменностью по тесноте и знаку – 30.08%; усилением по тесноте – 19.74%; переходом из достоверных в недостоверные -16.92%; изменением знака с «–» на «+» – 12.22%; сохранением недостоверных в ППТ и на ЭНПП – 8.46%; переходом из недостоверных в досто-

верные - 6.58%; снижением тесноты – 3.76%; изменением знака с «+» на «-» – 1.88%.

2. Выполнение предельной физической нагрузки в ППТ в сравнении с ЭНПП сопряжено со снижением тесноты внутрисистемных респираторных и межсистемных кардиореспираторных связей, с доминированием «-» межсистемных моторно-респираторных и моторно-кардиальных связей.

3. На ЭНПП происходило усиление тесноты взаимодействия внутри респираторной системы, а также между кардиальными и респираторными функциями и перестройка большинства моторно-кардиальных и моторно-респираторных связей с «-» – в связи с «+» знаком и их доминирование в течение всей работы.

4. В период, когда спортсмены находились в состоянии высокой «спортивной формы», имелись отдельные системные взаимосвязи, свидетельствующие о частичном десинхронозе, ограничивающего, сдерживающего или охранительного значения.

5. Ведущими системообразующими физиологическими характеристиками в ППТ и на ЭНПП являются показатели двигательных функций (мощность работы и биоэлектрические характеристики основных мышечных групп, несущих большую нагрузку во время академической гребли).

6. Паттерны внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей могут быть использованы для оценки подготовленности и физической работоспособности гребцов академического стиля, а закономерности межфункциональных перестроек – для разработки теоретического обоснования физиологических механизмов координации двигательных и вегетативных функций во время предельных физических нагрузок спортсменов с различным уровнем тренированности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов, И.П. Ответ физиолога психологам // Полн. собр. соч. Т. 3, кн. 2 / И.П. Павлов. – М., Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1951. – С. 153 –188.

2. Орбели, Л.А. Лекции по физиологии нервной системы / Л.А. Орбели. – М. – Л. : Медгиз, 1954. – 227 с.

3. Быков, К.М. Кора головного мозга и внутренние органы / К.М. Быков. – 2-е изд. – М., Л. : Медгиз, 1947. – 287 с. : ил.

4. Черниговский, В.Н. Интероцепторы / В.Н. Черниговский. – М. : Медгиз, 1960. – 659 с.

5. Булыгин, И.А. Цепные и кольцевые нейрогуморальные механизмы висцеральных рефлекторных реакций / И.А. Булыгин. – Минск : Наука и техника, 1970. – 206 с.

6. Зимкин, Н.В. О физиологических основах выносливости : лекции для слушателей ин-та / Н.В. Зимкин, Я.А. Эголинский ; Воен. ин-т физ. культуры им. В.И. Ленина. – Л. : [б.и.], 1956. – 151 с.

7. Виноградов, М.И. Физиология трудовых процессов / М.И. Виноградов. – Л. : Медицина, 1958. – 461 с. : ил.

8. Фарфель, В.С. Физиология спорта : очерки / В.С. Фарфель. – М. : Физкультура и спорт, 1960. – 384 с.

9. Фалалеев, А.Г. Стабильность, вариативность, внутри- и межсистемные взаимосвязи двигательных и вегетативных функций при физических нагрузках // Научно-теорет. журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта». – 2008. – №5(39) – С.90-94.

10. Фалалеев, А.Г. Взаимосвязь физиологических функций в различные фазы выполнения предельной 6-минутной физической нагрузки / А.Г. Фалалеев, С.В. Черенина, А.В. Дрычкин // Физкультура, молодежь, здоровье / С.-Петерб. гуманитар. ун-т профсоюзов. – СПб., 1999. – С. 72-89.

**Контактная информация:** chistiakov52@mail.ru