

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОСТАНОВИТЕЛЬНОГО ГОМЕОСТАЗА АКТИВИРОВАННЫХ НЕЙТРОФИЛОВ И СИСТЕМЫ ПОЛ-АО У СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПЕРИОДАХ ГОДИЧНОГО ЦИКЛА

<sup>1</sup>Величко Т.И., <sup>2</sup>Гришина Е.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет», Самара, Россия (443011, г.Самара, ул. Ак. Павлова, 1), e-mail: [tivelichko@mail.ru](mailto:tivelichko@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса», Тольятти, Россия (445677, Самарская область, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4), e-mail: [elena.grishina2010@mail.ru](mailto:elena.grishina2010@mail.ru)

---

У спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса (пловцов и баскетболистов) проведен анализ результатов изменения динамики показателей функционального состояния активированных нейтрофильных гранулоцитов крови и системы «Перекисное окисление липидов - Антиоксиданты» (ПОЛ-АО) в различные периоды подготовки годичного цикла. Установлено наличие корреляционных связей между уровнем функционирования системы ПОЛ-АО, функциональным состоянием нейтрофильных гранулоцитов и уровнем физической работоспособности. Во всех периодах годичного цикла у пловцов установлены выраженные корреляционные связи, у баскетболистов – они менее выражены. Окислительно-восстановительный гомеостаз активированных нейтрофилов и соотношение прооксидантной и антиоксидантной систем в плазме и эритроцитах периферической крови у спортсменов может меняться в зависимости от индивидуального состояния организма и степени интенсивности тренировочного и соревновательного процесса.

---

Ключевые слова: нейтрофилы, перекисное окисление липидов, антиоксиданты, спортсмены, периоды тренировочного цикла.

## CORRELATION ANALYSIS OF REDOX HOMEOSTASIS ACTIVATED NEUTROPHILS AND SYSTEMS POL-AO SPORTSMEN IN DIFFERENT PERIODS OF THE ANNUAL CYCLE

<sup>1</sup>Velichko T.I., <sup>2</sup>Grishina E.I.

<sup>1</sup>FGBOU VPO "Samara State University", Samara, Russia (443011, Samara, ul. Ak. Pavlov, 1), e-mail: [tivelichko@mail.ru](mailto:tivelichko@mail.ru)

<sup>2</sup>FGBOU VPO "Volga State University of Service", Togliatti, Russia (445677, Samara region, Togliatti, st. Gagarin, 4), e-mail: [elena.grishina2010@mail.ru](mailto:elena.grishina2010@mail.ru)

---

Because of stress factors, physical exercise is one of this factors, which influences of neutrophils granules of blood. Athletes from different directions of the training process (swimmers and basketball players) analyzed the results of changes in the dynamics of the functional condition of activated neutrophils and blood system "Lipid peroxidation-antioxidant" (POL-AO) in different periods of the annual cycle of training. The presence of correlation between the level of functioning of the POL-AO, the functional state of neutrophils and the level of physical performance. In all periods of the annual cycle swimmers installed expressed correlations, in basketball - they are less pronounced. Redox homeostasis of activated neutrophils and value prooxidant and antioxidant systems in plasma and erythrocytes in the peripheral blood of athletes may vary depending on the individual condition of the body and the intensity of training and competitive process.

---

Keywords: neutrophils, lipid peroxidation, antioxidants, athletes training cycle periods.

### Введение

Под действием стрессорных факторов, одним из которых является физическая нагрузка, усиливается интенсивность перекисных процессов, происходит изменение защитной реакции организма и метаболической активности нейтрофильных гранулоцитов крови. Физическая нагрузка спортсменов разной интенсивности, циклического и ациклического характера сопровождается специфическими изменениями в структуре метаболизма. При физической нагрузке возрастает потребление кислорода и зависит от

интенсивности и длительности нагрузки, что приводит к повышению уровня свободнорадикальных процессов. Усиленное образование продуктов ПОЛ может свидетельствовать о снижении активности антиоксидантной системы (АОС). АОС необходима для ускорения процесса адаптации и предупреждения дезадаптационных расстройств, характеристика ПОЛ служит критерием оценки адаптации организма к напряженной мышечной деятельности.

Спортивная тренировка как циклических, так и ациклических видов спорта существенно изменяется в течение годового цикла подготовки в соответствии с задачами конкретного периода. Исследования биохимических и цитохимических параметров дают важную информацию о влиянии спортивной тренировки на состояние различных систем организма спортсмена, о состоянии здоровья, а также о физиологических механизмах оздоровительного эффекта физической тренировки.

**Цель исследования** – оценка корреляционного анализа окислительно-восстановительного гомеостаза активированных нейтрофилов и системы ПОЛ-АО у спортсменов в различных периодах годового цикла.

#### **Материал и методы исследования**

Были обследованы спортсмены (МС, КМС, I разряд) – пловцы и баскетболисты мужского пола, в возрасте 18–21 года. Схемы круглогодичной тренировки строились с учетом теории периодизации спортивной тренировки в течение года и включали подготовительный, соревновательный и восстановительный периоды. При обследовании были использованы цитохимические методики определения в Нф уровня миелопероксидазы (МПО) (по Карпищенко А.И., 1999), содержание катионных белков (КБ) (Шубич М.Г., 1974), уровень кислой фосфатазы (КФ) и щелочной фосфатазы (ЩФ) (Шубич М.Г., 1980). Биохимический метод был использован для определения уровня ПОЛ-АО по содержанию малонового диальдегида (МДА) (по Андреевой Л.И. и др., 1988) и активности каталазы (по Карпищенко А.И., 1999) в плазме крови и эритроцитах. Уровень физической работоспособности определяли с помощью пробы PWC<sub>170</sub> и максимального потребления кислорода (МПК) (по Карпману В.Л. и др., 1988).

Для выявления взаимосвязи между уровнем физической работоспособности, уровнем функционирования системы ПОЛ-АО и компонентами бактерицидных систем Нф был проведен корреляционный анализ полученных данных с помощью компьютерной программы математического анализа SPSS Statistics 17.0.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Считается, что циркулирующие Нф у спортсменов характеризуются увеличением спонтанной продукции кислородных радикалов [3; 5], а лейкоцитарная секреция свободных

радикалов является фактором индукции ПОЛ [4]. Таким образом, уровень ПОЛ в периферической крови, с одной стороны, возможно, определяется активностью Нф, с другой стороны, ПОЛ – опосредованная стимуляция клиринговой программы Нф, которая вкупе с моноцитами уменьшает вероятность контакта антигенов с лимфоидными клетками и снижает выраженность гуморального иммунного ответа [4].

В результате проведенных исследований установлены корреляционные связи между уровнем физической работоспособности, уровнем функционирования системы ПОЛ-АО и компонентами бактерицидных систем Нф у пловцов и баскетболистов в подготовительном, соревновательном и восстановительном периодах (табл. 1-6).

Таблица 1

Корреляционные связи по Спирмену у пловцов в подготовительном периоде

Корреляция по Спирмену - пловцы, подготовительный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	PWC
МПО	1	-0,358	0,128	-0,111	-0,022	0,301	-0,261	,453*	,429*	0,026	-,469*	-0,154
КБ	-0,358	1	-0,311	0,061	0,004	-0,314	,519*	-,577**	-,746**	-0,183	0,147	-0,039
ЩФ	0,128	-0,311	1	0,069	0,027	,438*	-0,183	0,325	0,296	0,085	0,052	0,059
КФ	-0,111	0,061	0,069	1	-0,15	0,298	0,143	0,019	-0,225	-0,186	-0,217	-0,032
МПК	-0,022	0,004	0,027	-0,15	1	0,124	0,016	0,21	0,175	0,209	0,407	0,072
Каталаза плазма	0,301	-0,314	,438*	0,298	0,124	1	-,434*	,549**	,538**	-0,082	-0,414	0,167
Каталаза эрит.	-0,261	,519*	-0,183	0,143	0,016	-,434*	1	-,573**	-,527*	-0,102	0,138	-0,121
МДА плазма	,453*	-,577**	0,325	0,019	0,21	,549**	-,573**	1	,765**	-0,09	-0,166	0,139
МДА эрит.	,429*	-,746**	0,296	-0,225	0,175	,538**	-,527*	,765**	1	0,085	-0,232	0,127
Абс. Нф	0,026	-0,183	0,085	-0,186	0,209	-0,082	-0,102	-0,09	0,085	1	,498*	-0,085
Отн. Нф	-,469*	0,147	0,052	-0,217	0,407	-0,414	0,138	-0,166	-0,232	,498*	1	-0,083
PWC	-0,154	-0,039	0,059	-0,032	0,072	0,167	-0,121	0,139	0,127	-0,085	-0,083	1

\*\* - Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* - Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

Таблица 2

Корреляционные связи по Спирмену у пловцов в соревновательном периоде

Корреляция по Спирмену - пловцы, соревновательный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	PWC
МПО	1	,766**	,776**	,615**	-0,111	-0,235	,674**	0,15	-0,235	-0,073	-,673**	-0,105
КБ	,766**	1	,709**	,721**	-0,233	-0,289	,692**	0,207	-0,183	-0,181	-,688**	0,04
ЩФ	,776**	,709**	1	,731**	-0,067	-0,185	,650**	0,138	-0,21	0,015	-,626**	0,174
КФ	,615**	,721**	,731**	1	-0,008	-0,275	,692**	,441*	-0,159	-,457*	-,667**	0,117
МПК	-0,111	-0,233	-0,067	-0,008	1	0,022	-0,003	-0,052	-0,065	-0,157	0,094	-0,268
Каталаза плазма	-0,235	-0,289	-0,185	-0,275	0,022	1	-0,279	0,229	-0,164	0,031	0,134	-0,256
Каталаза эрит.	,674**	,692**	,650**	,692**	-0,003	-0,279	1	0,247	-0,408	-0,151	-,548**	0,106
МДА плазма	0,15	0,207	0,138	,441*	-0,052	0,229	0,247	1	-0,314	-,443*	-,449*	0,065
МДА эрит.	-0,235	-0,183	-0,21	-0,159	-0,065	-0,164	-0,408	-0,314	1	-0,093	-0,012	0,038
Абс. Нф	-0,073	-0,181	0,015	-,457*	-0,157	0,031	-0,151	-,443*	-0,093	1	,571**	0,164
Отн. Нф	-,673**	-,688**	-,626**	-,667**	0,094	0,134	-,548**	-,449*	-0,012	,571**	1	0,034

PWC	-0,105	0,04	0,174	0,117	-0,268	-0,256	0,106	0,065	0,038	0,164	0,034	1
-----	--------	------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	---

\*\* . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* . Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

Таблица 3

Корреляционные связи по Спирмену у пловцов в восстановительном периоде

Корреляция по Спирмену - пловцы, восстановительный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	PWC
МПО	1	,751**	0,175	-0,309	0,095	0,052	-,504*	0,066	-,536*	-,709**	-,555*	0,032
КБ	,751**	1	,458*	-0,289	0,057	0,025	-,598**	0,002	-,883**	-,527*	-,692**	-0,141
ЩФ	0,175	,458*	1	0,279	0,156	0,185	-0,284	0,118	-,512*	-0,302	-0,289	0,223
КФ	-0,309	-0,289	0,279	1	0,069	0,225	0,273	-0,205	0,149	0,132	0,133	,453*
МПК	0,095	0,057	0,156	0,069	1	0,018	-0,289	0,053	0,14	0,106	0,101	-0,162
Каталаза плазма	0,052	0,025	0,185	0,225	0,018	1	-0,078	0,361	-0,051	-0,054	-0,159	-0,012
Каталаза эрит.	-,504*	-,598**	-0,284	0,273	-0,289	-0,078	1	-0,185	0,425	0,265	0,228	0,239
МДА плазма	0,066	0,002	0,118	-0,205	0,053	0,361	-0,185	1	-0,111	0,242	-0,039	-0,271
МДА эрит.	-,536*	-,883**	-,512*	0,149	0,14	-0,051	0,425	-0,111	1	0,401	,635**	0,039
Абс. Нф	-,709**	-,527*	-0,302	0,132	0,106	-0,054	0,265	0,242	0,401	1	,616**	-0,217
Отн. Нф	-,555*	-,692**	-0,289	0,133	0,101	-0,159	0,228	-0,039	,635**	,616**	1	0,175
PWC	0,032	-0,141	0,223	,453*	-0,162	-0,012	0,239	-0,271	0,039	-0,217	0,175	1

\*\* . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* . Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

Таблица 4

Корреляционные связи по Спирмену у баскетболистов в подготовительном периоде

Корреляция по Спирмену - баскетболисты, подготовительный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	PWC
МПО	1	-0,152	-0,014	0,152	0,021	-,617*	0,218	-0,141	-0,018	-0,18	-0,018	-0,373
КБ	-0,152	1	-0,568	-0,474	0,333	0,407	-0,07	0,011	-0,414	-0,242	-0,333	0,035
ЩФ	-0,014	-0,568	1	-0,021	-0,099	-0,332	-0,049	-0,042	0,085	0,025	0,445	-0,056
КФ	0,152	-0,474	-0,021	1	-0,277	-0,498	,606*	-0,392	0,405	0,114	-0,207	-0,077
МПК	0,021	0,333	-0,099	-0,277	1	0,161	0,035	0,028	-0,182	0,336	0,039	0,42
Каталаза плазма	-,617*	0,407	-0,332	-0,498	0,161	1	-0,511	,585*	0,075	0,049	0,166	0,158
Каталаза эрит.	0,218	-0,07	-0,049	,606*	0,035	-0,511	1	-0,224	0,406	0,424	-0,053	0,042
МДА плазма	-0,141	0,011	-0,042	-0,392	0,028	,585*	-0,224	1	0,333	-0,018	,742**	-0,063
МДА эрит.	-0,018	-0,414	0,085	0,405	-0,182	0,075	0,406	0,333	1	0,421	0,304	-0,116
Абс. Нф	-0,18	-0,242	0,025	0,114	0,336	0,049	0,424	-0,018	0,421	1	-0,06	0,189
Отн. Нф	-0,018	-0,333	0,445	-0,207	0,039	0,166	-0,053	,742**	0,304	-0,06	1	0,261
PWC	-0,373	0,035	-0,056	-0,077	0,42	0,158	0,042	-0,063	-0,116	0,189	0,261	1

\*\* . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* . Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

Таблица 5

Корреляционные связи по Спирмену у баскетболистов в соревновательном периоде

Корреляция по Спирмену - баскетболисты, соревновательный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	PWC
МПО	1	0,144	-0,241	-0,031	0,127	0,175	-0,179	0,053	-0,113	0,615	0,358	0,115
КБ	0,144	1	0,078	0,261	0,515	-0,217	-0,029	0,171	0,166	-0,098	0,191	0,552

ЩФ	-0,241	0,078	1	-0,07	0,294	-,644*	-0,117	0,235	0,313	-0,269	-0,248	0,233
КФ	-0,031	0,261	-0,07	1	-0,117	0,187	-,687*	0,55	0,11	0,086	-0,377	-0,048
МПК	0,127	0,515	0,294	-0,117	1	-0,532	-0,194	-0,476	-0,014	-0,357	-0,03	,812**
Каталаза плазма	0,175	-0,217	-,644*	0,187	-0,532	1	-0,054	0,297	-0,203	,647*	0,242	-0,286
Каталаза эрит.	-0,179	-0,029	-0,117	-,687*	-0,194	-0,054	1	-0,282	-0,248	-0,118	0,566	-0,395
МДА плазма	0,053	0,171	0,235	0,55	-0,476	0,297	-0,282	1	0,506	0,295	-0,232	-0,268
МДА эрит.	-0,113	0,166	0,313	0,11	-0,014	-0,203	-0,248	0,506	1	-0,249	-0,543	0,108
Абс. Нф	0,615	-0,098	-0,269	0,086	-0,357	,647*	-0,118	0,295	-0,249	1	0,6	-0,179
Отн. Нф	0,358	0,191	-0,248	-0,377	-0,03	0,242	0,566	-0,232	-0,543	0,6	1	-0,114
РWC	0,115	0,552	0,233	-0,048	,812**	-0,286	-0,395	-0,268	0,108	-0,179	-0,114	1

\*\* . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* . Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

Таблица 6

Корреляционные связи по Спирмену у баскетболистов в восстановительном периоде

Корреляция по Спирмену - баскетболисты, восстановительный период												
	МПО	КБ	ЩФ	КФ	МПК	Каталаза плазма	Каталаза эритроциты	МДА плазма	МДА эритроциты	Абс. Нф	Отн. Нф	РWC
МПО	1	0,433	0,205	0,41	,718*	-0,14	-0,056	-0,449	0,236	-0,192	-0,413	,772*
КБ	0,433	1	-0,037	0,491	0,3	-0,199	-0,127	-0,555	-0,31	-0,401	0,02	0,208
ЩФ	0,205	-0,037	1	0,037	-0,076	0,607	0,283	-0,277	-0,304	0,065	0,223	0,146
КФ	0,41	0,491	0,037	1	0,098	-0,115	-,732*	0,071	0,248	0,159	-0,011	0,348
МПК	,718*	0,3	-0,076	0,098	1	-0,002	0,233	-0,474	0,057	0,089	-,670*	,865**
Каталаза плазма	-0,14	-0,199	0,607	-0,115	-0,002	1	0,302	0,013	-0,543	0,388	-0,277	-0,03
Каталаза эрит.	-0,056	-0,127	0,283	-,732*	0,233	0,302	1	-0,499	-0,212	-0,291	-0,234	-0,015
МДА плазма	-0,449	-0,555	-0,277	0,071	-0,474	0,013	-0,499	1	0,31	0,15	-0,006	-0,465
МДА эрит.	0,236	-0,31	-0,304	0,248	0,057	-0,543	-0,212	0,31	1	-0,125	-0,213	0,182
Абс. Нф	-0,192	-0,401	0,065	0,159	0,089	0,388	-0,291	0,15	-0,125	1	-0,02	0,342
Отн. Нф	-0,413	0,02	0,223	-0,011	-,670*	-0,277	-0,234	-0,006	-0,213	-0,02	1	-0,396
РWC	,772*	0,208	0,146	0,348	,865**	-0,03	-0,015	-0,465	0,182	0,342	-0,396	1

\*\* . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

\* . Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

У пловцов выражены корреляционные связи иммунной системы и системы ПОЛ-АО во всех периодах подготовки. Можно утверждать, что при физическом и эмоциональном напряжении в соревновательном периоде у пловцов происходят максимальные функциональные изменения в показателях иммунной и окислительно-восстановительной систем, отвечающих за сохранение здоровья. У баскетболистов корреляционные связи этих систем менее выражены. Взаимосвязь физической работоспособности с бактерицидной системой Нф выражена у пловцов и баскетболистов только в восстановительном периоде.

Взаимосвязь МПО и КБ у пловцов в соревновательном и восстановительном периодах характеризует антибактериальную эффективность лейкоцитов.

Антиоксидантная защита, представленная каталазой в плазме крови и эритроцитах, имеет корреляционные связи в подготовительном и соревновательном периодах как у

пловцов, так и у баскетболистов, в восстановительном периоде у спортсменов только связь в эритроцитах с иммунной системой.

Отсутствие значимых корреляционных связей между уровнем ПОЛ в плазме и эритроцитах и активностью МПО Нф у спортсменов-баскетболистов не позволяет утверждать, что содержание продуктов ПОЛ в крови отражает интенсивность продукции свободных радикалов нейтрофильными гранулоцитами, но дает основание полагать, что уровень ПОЛ может отражать способность Нф к фагоцитозу [2].

Существует мнение, что отрицательные корреляции, регистрируемые между активностью МПО и уровнем МДА как в плазме крови, так и в эритроцитах, могут отражать окислительную деструкцию гидроперекисей жирных кислот в присутствии свободных радикалов, секретируемых Нф [1].

### **Выводы**

Окислительно-восстановительный гомеостаз активированных нейтрофилов и соотношение прооксидантной и антиоксидантной систем в плазме и эритроцитах периферической крови у спортсменов может меняться в зависимости от индивидуального состояния организма и степени интенсивности тренировочного и соревновательного процесса.

Результаты оценки корреляционных взаимодействий метаболической активности нейтрофильных гранулоцитов с уровнем МДА у спортсменов дают основания предполагать, что МДА может отражать способность Нф к фагоцитозу, а АОС, представленная каталазой, ускоряющая процесс адаптации, повышает неспецифическую резистентность организма в зависимости от тренировочного периода на различных этапах годичного цикла.

### **Список литературы**

1. Волчегорский И.А. «Средние молекулы» и продукты перекисного окисления липидов как система окисления неспецифических регуляторов гемодинамики у спортсменов-лыжников / И.А. Волчегорский, Д.А. Дятлов, А.М. Куликов // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 6. – С. 106 – 111.
2. Волчегорский И.А. Уровень перекисленных липидов крови и функциональное состояние иммунной системы у лыжников / И.А. Волчегорский, С.Л. Сашенков, А.В. Зурочка, Г.В. Усков // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 8. – С. 25 – 55.
3. Дятлов Д.А. Изменения функционального статуса и циркулирующих фагоцитов как критерий риска развития респираторных инфекций у спортсменов-лыжников / Д.А. Дятлов, И.А. Волчегорский, Е.Д. Пушкарев // Иммунология. – 1988. – № 5. – С. 59 – 61.

4. Маянский А.Н. Очерки о нейтрофиле и макрофаге / А.Н. Маянский, Д.Н. Маянский. – Новосибирск : Наука, 1989. – 254 с.
5. Павлинский С.Л. Роль лейкоцитарного звена в активации процессов перекисного окисления липидов в организме / С.Л. Павлинский, П.В. Пигаревский, В.Н. Загольская // Физиология человека. – 1997. – Т. 25, № 5. – С. 99 – 104.

**Рецензенты:**

Якунин В.Е., д.м.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти.

Гройсман В.А., д.м.н., профессор, главный врач ГБУЗ Самарской области «Тольяттинская городская клиническая больница № 1», г. Тольятти.