

Колупаев В. А. *, Колупаева И. Л., Окишор А. В.

ДИНАМИКА ФАГОЦИТОЗА НЕЙТРОФИЛОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ

Результаты наблюдений лыжников-гонщиков разных поколений, обследованных при высокой и низкой гелиоактивности, выявили существенные различия динамики фагоцитоза нейтрофилов у атлетов разной квалификации в макроцикле подготовки. При этом активность фагоцитоза нейтрофилов у лыжников-гонщиков разных поколений и уровня квалификации достоверно аппроксимировалась синусоидой с периодом в 16 месяцев, а индекс фагоцитоза этих клеток – синусоидами с периодом в 29 и 30 месяцев.

Ключевые слова: биоритмы, двигательная деятельность, лыжники-гонщики, нейтрофилы периферической крови, фагоцитоз.

Kolupaev V. A. *, Kolupaeva I. L., Okishor A. V.

NEUTROPHILS PHAGOCYTTOSIS DYNAMICS OF PERIPHERAL BLOOD AMONG SKIERS OF DIFFERENT GENERATIONS

The examination results of skiers of different generations, surveyed at high and low solar activity, revealed significant differences in the dynamics of phagocytosis of neutrophils among athletes with different skills in the macrocycle. The activity of neutrophil phagocytosis among skiers of different generations and skill levels was reliably approximated by a sinusoid with a period of 16 months, and the index of phagocytosis of these cells - sine waves with a period of 29 months and 30 months.

Keywords: biorhythms, motor activity, skiers, peripheral blood neutrophils, phagocytosis.

* E-mail: vitalico@mail.ru

В норме основным фактором, определяющим величину «физической (двигательной) нагрузки», т.е. характер реакции обмена веществ и гомеостатических механизмов в ответ на выполнение физических упражнений являются мощность и количество мышечных сокращений при выполнении двигательных действий, а также длительность мышечной работы. Вместе с тем на состояние организма спортсменов влияет не только величина «физических (двигательных) нагрузок», но и воздействие экологических, техногенных и социальных факторов, в совокупности определяющих уровень собственно «физических» нагрузок. В условиях средних широт регулярное воздействие «физических (двигательных) нагрузок» на организм происходит на фоне сезонного ритма обмена веществ и состояния нейроэндокринной системы. Сезонный ритм состояния механизмов нейрогуморальной регуляции напрямую отражается на состоянии

фагоцитов периферической крови [1], которые обеспечивают не только защиту организма от инфекции [11], но и принимают участие:

- в деградации и элиминации измененных молекул и клеток, обеспечивая санацию и поддержание генетического гомеостаза организма [9];
- вместе с фибробластами стромы и мезенхимальными клетками принимают участие в процессах физиологической регенерации [6];
- посредством вазоактивных пептидов участвуют в регуляции тонуса кровеносных сосудов и периферического сопротивления [3];
- посредством секреции широкого спектра биологически активных веществ оказывают модулирующее влияние на механизмы нервной и эндокринной регуляции деятельности периферических структур [2];
- посредством интерлейкинов оказывают влияние на состояние нейронов коры и

деятельность центров вегетативной регуляции гомеостаза [4].

Поэтому управление спортивной подготовкой без учета реакций состояния фагоцитов периферической крови в ответ на изменения условий среды не может обеспечить необходимую и достаточную степень надежности регуляции и управления состоянием организма спортсменов.

Цель исследования: сравнение динамики показателей фагоцитоза нейтрофилов периферической крови у квалифицированных спортсменов и спортсменов массовых разрядов разных поколений.

Организация и методы исследования. Проведен ретроспективный анализ 2-х серий наблюдений в разные сезоны годового цикла динамики показателей фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови у практически здоровых спортсменов, обследованных в 1989-1992 и 2004-2007 г.г. при разном уровне 11-летнего ритма солнечной активности. Исследование 1989-1992 г.г. проводилось при высоком уровне активности Солнца в ходе 22-го цикла гелионаблюдений, когда среднемесячные значения чисел Вольфа варьировали от 63,9 до 200,3 единиц, а среднегодовой уровень этих чисел в итоге составлял 157,6; 142,6; 145,7 и 94,3 – соответственно. Исследование 2004-2007 г.г. выполнено при низком уровне активности Солнца в ходе 23-го цикла наблюдений, когда среднемесячные значения чисел Вольфа изменялись от 3,4 до 51,1 единиц, а среднегодовой уровень этих чисел составлял 40,4; 29,8; 15,2 и 7,5 – соответственно [12].

Результаты исследований 1989-1992 г.г. представлены показателями фагоцитоза нейтрофилов у квалифицированных лыжников-гонщиков (мастера спорта и мастера спорта международного класса), а также у лыжников-гонщиков массовых разрядов (перворазрядники и кандидаты в мастера спорта) в возрасте 16-26 лет. В ходе исследований 2004-2007 г.г. были обследованы квалифицированные лыжники-гонщики и лыжники-гонщики массовых разрядов в возрасте 16-23 лет. Длительность ряда наблюдений показателей фагоцитоза нейтрофилов периферической крови у спортсменов исследуемых поколений составила 4 и 3,5 года – соответственно.

Изучение состояния фагоцитарной активности нейтрофилов (Нф) периферической крови у спортсменов выполнено на модели поглощения полистирольного латекса по традиционной методике с определением процентного содержания и количества фагоцитирующих нейтрофилов в периферической крови, фагоцитарного индекса, фагоцитарного числа и суммарного показателя поглотительной способности этих клеток [7; 8]. Лабораторные исследования были проведены на базе НИИ иммунологии ГБОУ ВПО «Южно-Уральского государственного медицинского университета» Министерства здравоохранения РФ (ректор ЮУГМУ – заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор И. И. Долгушин).

По результатам каждого исследования были сформированы четыре поперечные, неравномерные временные серии показателей фагоцитоза нейтрофилов у представителей соответствующих видов спорта и уровня квалификации, состоящие из медиан обследованных выборочных совокупностей, процитированных на середину сопоставимого интервала наблюдений (± 5 суток) в зимний, весенний, летний и осенний сезон. В итоге для условий высокой солнечной активности были получены хронограммы поперечных временных серий, состоявших из 11-18 точек наблюдений. Для условий низкой солнечной активности наиболее протяженная временная серия состояла из 12 точек, в 8-ми из которых имели место значения медиан показателей фагоцитоза у спортсменов каждой из обследованных групп. Аппроксимацию временных рядов показателей фагоцитоза осуществляли по методу наименьших квадратов посредством компьютерной программы «Cosinor-Analysis 2.4 for Exel 2000/XP», а оценку статистической значимости выявленных ритмов показателей фагоцитоза Нф, графическое представление данных и доверительного интервала для математического ожидания осуществляли посредством программы «Cosinor Ellipse 2006» [5].

Обработка результатов осуществлялась с применением стандартных параметрических и непараметрических методов с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Результаты исследования. Возрастная характеристика обследованных лыжников-гонщиков разной спортивной квалификации представлена в табл. 1. Как видно из представленных данных, соотношение лыжни-

ков-гонщиков разной квалификации не имело существенных различий во время наблюдений в 1989-1992 и 2004-2007 г.г. при высоком и низком уровне солнечной активности.

Таблица 1 – Средние значения возраста лыжников-гонщиков разных поколений и спортивной квалификации, обследованных в условиях высокого или низкого уровня солнечной активности ($\bar{X} \pm m$)

Группы обследованных спортсменов	Уровень солнечной активности в период наблюдений		P _U
	высокий во время 22-го цикла в 1989-1992 г.г.	низкий на спаде 23-го цикла в 2004-2007 г.г.	
Квалифицированные лыжники-гонщики, лет	22,53 ± 0,27 (22,7; 20,5-24,2) n = 77	21,98 ± 0,27 (21,9; 21,5-22,9) n = 25	> 0,05
Лыжники-гонщики массовых разрядов, лет	19,14 ± 0,15 (18,7; 17,8-20,9) n = 191	19,12 ± 0,27 (18,9; 17,5-20,2) n = 85	> 0,05
P _{U1}	< 0,001	< 0,001	-

Условные обозначения: в скобках – медиана (Me), нижний (L_Q) и верхний (U_Q) квартиль; P_U – уровень значимости межгрупповых различий по величине U-критерия Манна-Уитни у спортсменов сопоставимой квалификации; P_{U1} – уровень значимости межгрупповых различий по величине U-критерия Манна-Уитни у спортсменов разной квалификации

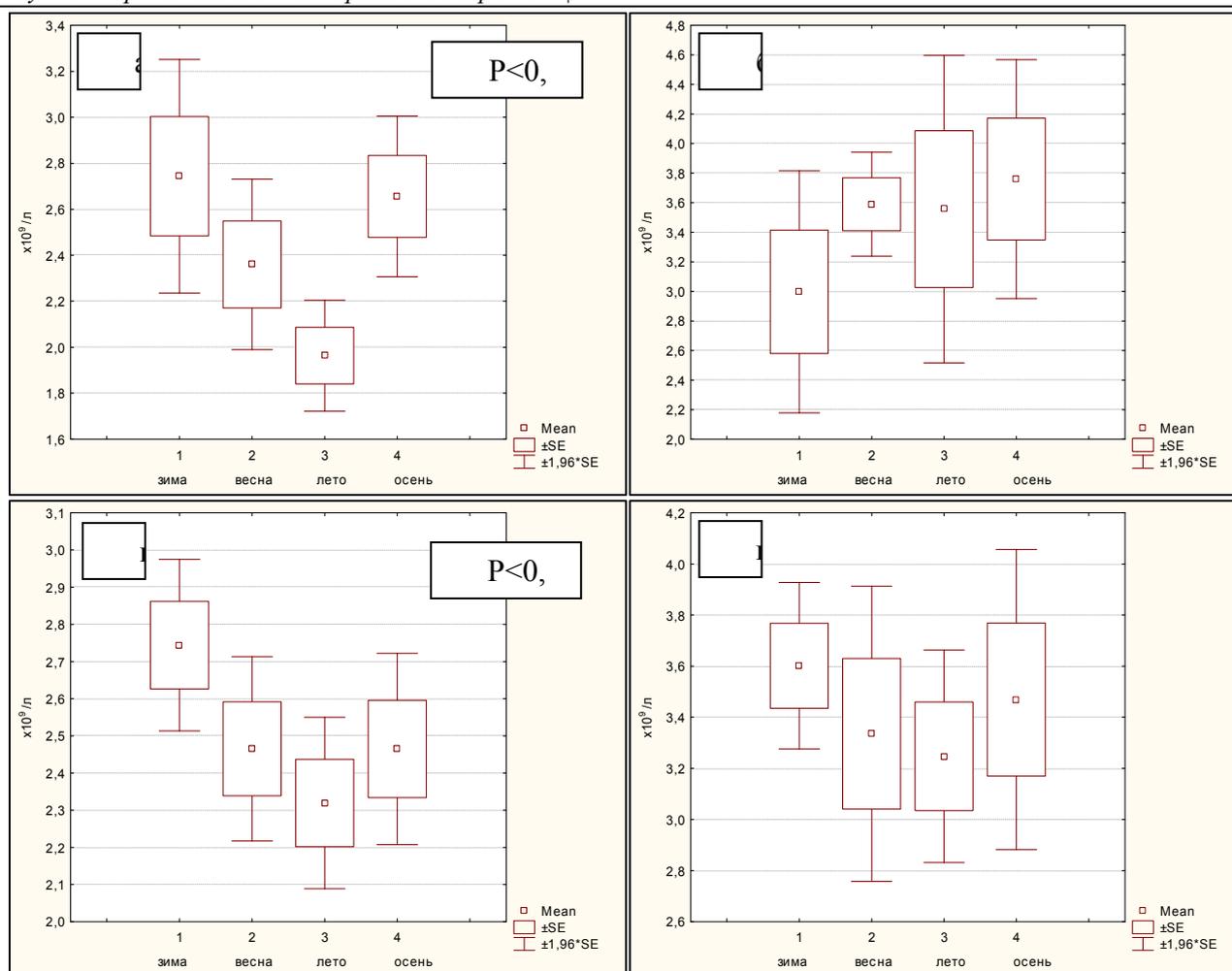
Средний возраст квалифицированных лыжников-гонщиков и лыжников-гонщиков массовых разрядов, наблюдавшихся при высокой гелиоактивности в 1989-1992 г.г. и при низком уровне активности Солнца в 2004-2007 г.г., не имел значимых отличий. При этом во время обоих исследований средний возраст квалифицированных лыжников-гонщиков был значительно больше (P < 0,001), чем у лыжников-гонщиков массовых разрядов.

Показатели телосложения лыжников-гонщиков сопоставимых уровней квалификации, обследованных в 1989-1992 и 2004-2007 г.г., не имели существенных различий. Вместе с тем как во время исследований при высокой солнечной активности, так и во время исследований в условиях низкой солнечной активности на фоне отсутствия значимых различий тотальных соматометрических характеристик физического развития (длины, массы и площади поверхности тела) средние значения роста-веса индекса Хит-Картера у лыжников-гонщиков массо-

вых разрядов были достоверно выше, чем у квалифицированных спортсменов (P < 0,02 и P < 0,05 – соответственно).

Динамика абсолютного содержания нейтрофилов периферической крови у лыжников-гонщиков разных поколений и уровня спортивной квалификации по сезонам годового цикла представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1 во время наблюдений при высоком уровне солнечной активности средние значения абсолютного содержания Нф в периферической крови у лыжников-гонщиков высокой квалификации и массовых разрядов значимо варьировали в цикле года, а во время наблюдений при низкой солнечной активности – не являлись статистически значимыми. При этом если у квалифицированных лыжников-гонщиков в ходе наблюдений 1989-1992 г.г. отмечалось значительное снижение содержания Нф летом, то у лыжников-разрядников количество циркулирующих Нф в периферической крови существенно повышалось зимой по сравнению с другими сезонами.



Условные обозначения: P – уровень значимости различий результатов непараметрического дисперсионного анализа по критерию Краскела-Уоллиса

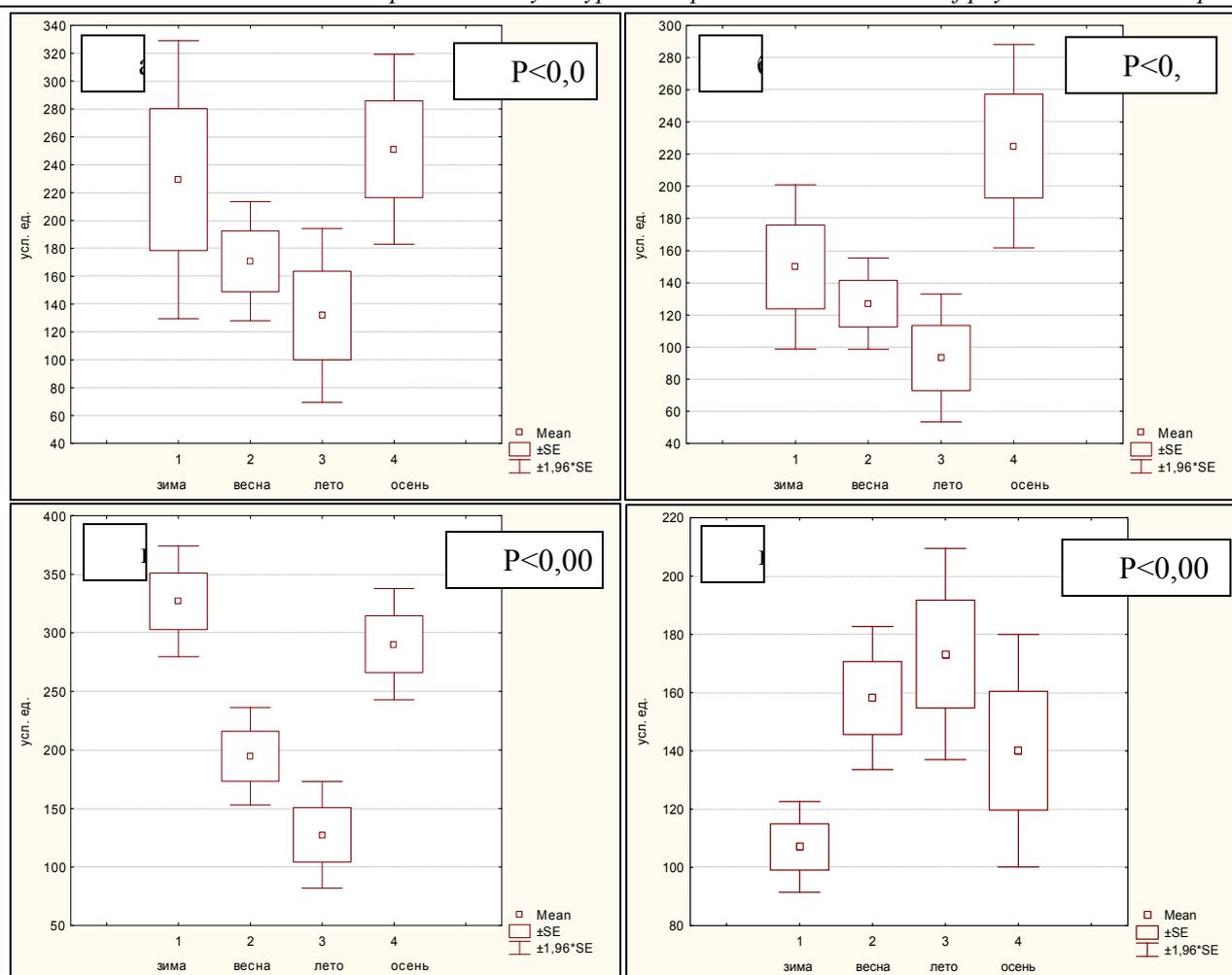
Рисунок 1 – Динамика абсолютного содержания нейтрофилов в периферической крови квалифицированных лыжников-гонщиков (а, б) и лыжников-гонщиков массовых разрядов (в, г), обследованных при высоком и низком уровне солнечной активности, соответственно

Динамика индекса фагоцитоза Нф периферической крови у лыжников-гонщиков разных поколений и уровня спортивной квалификации по сезонам годового цикла представлена на рисунке 2.

Как видно из представленных данных, средний уровень значений индекса фагоцитоза Нф существенно варьировал как среди лыжников-гонщиков разной квалификации, наблюдавшихся при высокой солнечной активности, так и среди спортсменов, обследованных при низкой солнечной активности 2004-2007 г.г.

У квалифицированных лыжников-гонщиков разных поколений, обследован-

ных при высоком и низком уровне солнечной активности, осенью отмечалось повышение интенсивности фагоцитоза Нф по сравнению с весной ($P < 0,05$ и $P < 0,03$ – соответственно) и летом ($P < 0,01$ и $P < 0,02$). У лыжников-гонщиков массовых разрядов, обследованных в 1989-1992 г.г., осенью и зимой отмечалось увеличение индекса фагоцитоза этих клеток по сравнению с весной и летом ($P < 0,001$ и $P < 0,001$), тогда как во время исследований 2004-2007 г.г. зимой в соревновательный период у лыжников-разрядников отмечалось существенное снижение интенсивности фагоцитоза Нф ($P < 0,01$ и $P < 0,01$).



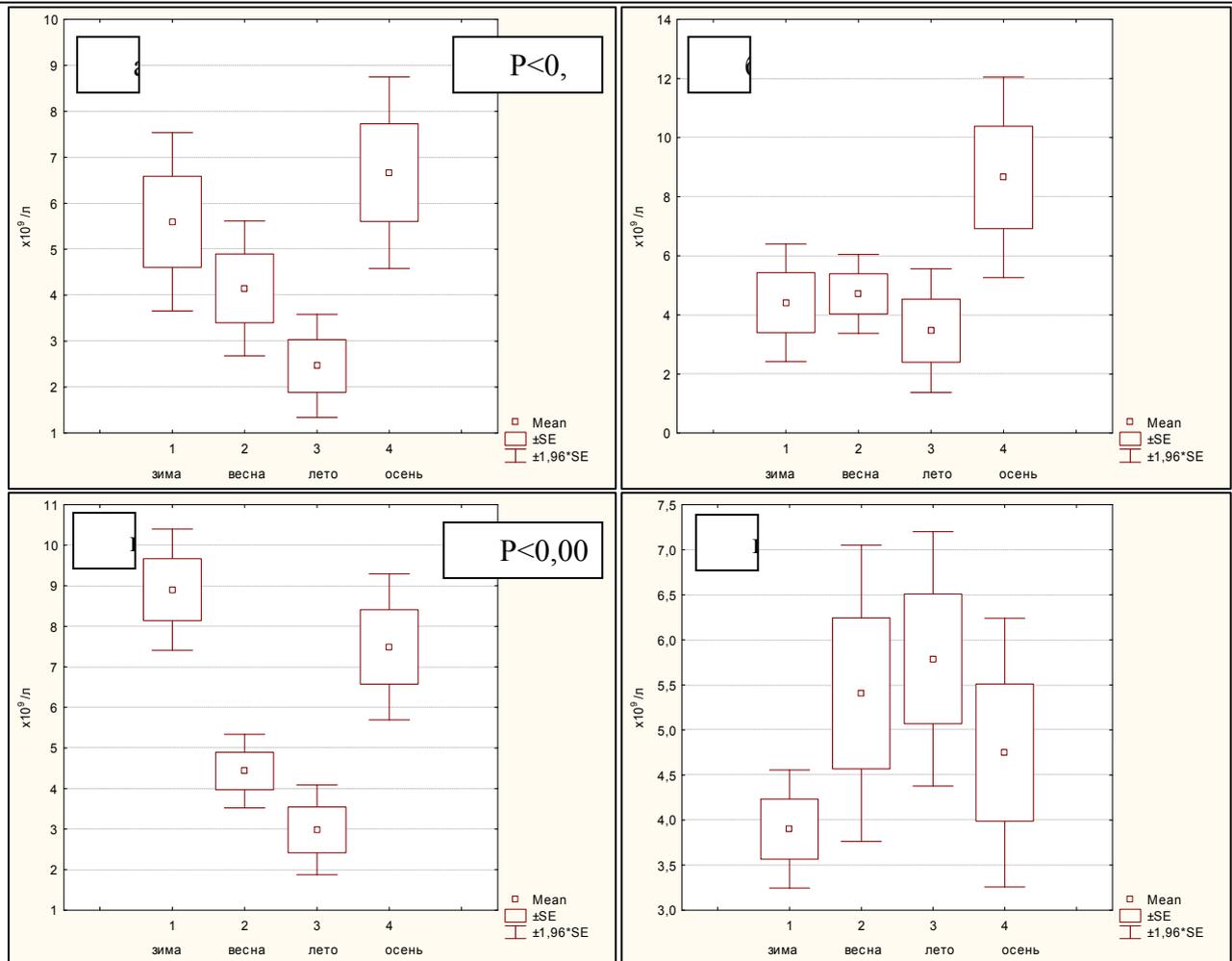
Условные обозначения: см. рис. 1.

Рисунок 2 – Динамика индекса фагоцитоза нейтрофилов периферической крови у квалифицированных лыжников-гонщиков (а, б) и лыжников-гонщиков массовых разрядов (в, г), обследованных при высоком и низком уровне солнечной активности, соответственно

Динамика фагоцитарной активности Нф у лыжников разных поколений и уровня спортивной квалификации по сезонам года представлена на рис. 3.

Как видно из представленных данных, у лыжников-гонщиков разного уровня квалификации наблюдались существенные отличия динамики по сезонам показателей фагоцитарной активности Нф. У квалифицированных лыжников-гонщиков в отличие от разрядников пик фагоцитарной активности Нф во время обоих исследований не зависимо от уровня солнечной активности во время наблюдений отмечался осенью и был обусловлен увеличением поглотительных

способностей этих клеток. У лыжников-гонщиков массовых разрядов, обследованных 1989-1992 г.г. при высоком уровне гелиоактивности, зимой отмечалось повышение фагоцитарной активности Нф, обусловленное увеличением содержания гранулоцитов в крови. В группе лыжников-гонщиков аналогичной квалификации, обследованных в 2004-2007 г.г. при низкой солнечной активности, значительное снижение общей фагоцитарной активности Нф зимой было обусловлено как уменьшением поглотительной способности этих клеток, так и снижением их количества.



Условные обозначения: см. рис. 1.

Рисунок 3 – Динамика фагоцитарной активности нейтрофилов у квалифицированных лыжников-гонщиков (а, б) и лыжников-гонщиков разрядников (в, г), обследованных при высокой и низкой гелиоактивности, соответственно

Можно полагать, что более высокий уровень квалификации лыжников-гонщиков в определенной мере обусловлен более эффективной адаптацией их организма к сезонным условиям среды в соревновательный период. При этом экономия энергетических и пластических ресурсов организма является одной из причин более высоких спортивных результатов у этих спортсменов.

Результаты косинор-анализа исследуемых показателей у спортсменов, обследованных при высоком уровне солнечной активности, свидетельствуют о наличии значимого ритма активности фагоцитоза Нф с периодом 16 месяцев (рис. 4а). Динамика

абсолютного содержания этих клеток характеризовалась наличием достоверных гармоник в 14-16 месяцев. Изменения среднего уровня индекса фагоцитоза Нф проявляли значимый ритм с периодом 29 и 30 месяцев (рис. 4в), что, очевидно, связано с отмеченным выше ритмом активности фагоцитоза. В совокупности ритм колебаний количества фагоцитирующих Нф и интенсивности фагоцитоза этих клеток обуславливали достоверный ритм вариаций общего уровня фагоцитарной активности полиморфноядерных лейкоцитов периферической крови с гармониками в 14-16 и 28-30 месяцев.

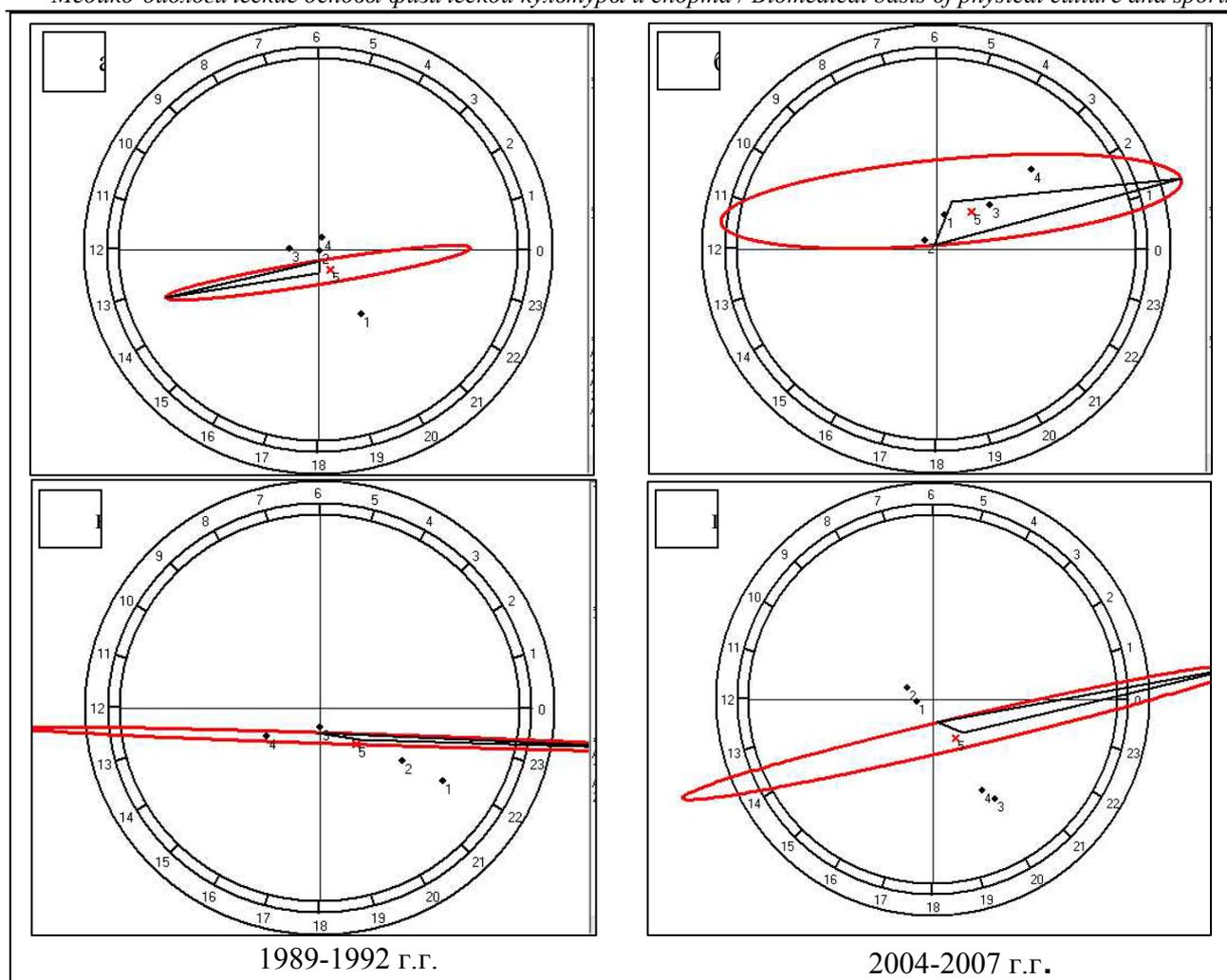
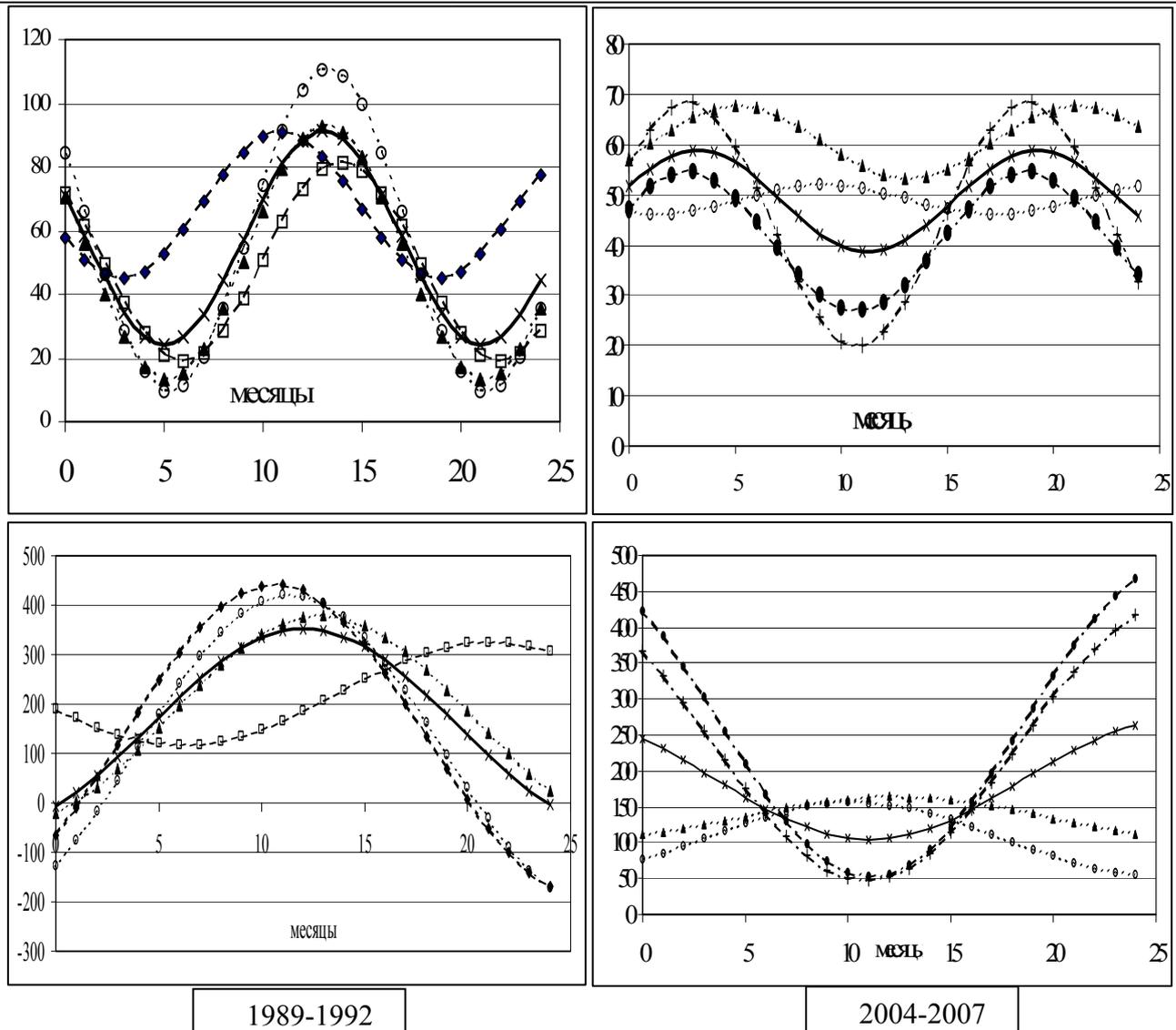


Рисунок 4 – Эллипсы ошибок аппроксимации синусоидой с периодом в 16 месяцев ритма активности фагоцитоза нейтрофилов (а, б) и интенсивности фагоцитоза этих клеток синусоидой с периодом 29 месяцев (в, г) у спортсменов, обследованных в 1989-1992 и 2004-2007 г.г. в условиях высокой и низкой солнечной активности, соответственно

Результаты косинор-анализа исследуемых показателей у спортсменов, обследованных в условиях низкой солнечной активности в 2004-2007 г.г., позволили констатировать наличие достоверных ритмов активности фагоцитоза Нф с интервалом гармоник в 14-16 месяцев (рис. 4б). При этом средний уровень фагоцитарного числа этих клеток также характеризовался наличием статистически значимых гармоник в диапазоне 14-16 месяцев, а интенсивности фагоцитоза – в интервале 28-30 месяцев (рис. 4г). В отличие от исследований в условиях высокой гелиоактивности во время наблюдений при низкой солнечной актив-

ности достоверных ритмов количества фагоцитирующих Нф и общего уровня фагоцитарной активности этих клеток не отмечалось.

Несмотря на различия синусоидальных аппроксимаций показателей фагоцитоза Нф периферической крови у обследуемых, следует отметить, что у разных поколений квалифицированных спортсменов и спортсменов массовых разрядов отмечалось наличие статистически значимого ритма активности фагоцитоза Нф с гармоникой в 16 месяцев и синусоидального ритма индекса фагоцитоза этих клеток с периодом в 29 и 30 месяцев (рис. 5).



Условные обозначения:

- ▲--- - аппроксимация хронограмм квалифицированных лыжников-гонщиков;
- - аппроксимация хронограмм лыжников-гонщиков массовых разрядов

Рисунок 5 – Синусоидальная аппроксимация активности фагоцитоза нейтрофилов гармоникой 16 месяцев (а, б) и интенсивности фагоцитоза этих клеток периодом в 29 месяцев (в, г) хронограмм медиан значений у спортсменов различной квалификации, обследованных в 1989-1992 и 2004-2007 г.г. при высокой и низкой гелиоактивности, соответственно

Обращает на себя внимание тот факт, что у спортсменов, обследованных при высоком уровне солнечной активности, проявлялись достоверные ритмы тех показателей фагоцитоза, которые характеризуют состояние поглотительной функции Нф на уровне целостного организма (количества циркулирующих фагоцитов и их общей фагоцитарной активности) и существенно зависят от содержания этих клеток в периферической крови. Вместе с тем, у спортсме-

нов, обследованных при низком уровне солнечной активности, статистически значимо проявляли себя ритмы показателей собственно поглотительных способностей Нф (активности фагоцитоза и фагоцитарного числа Нф), уровень которых в значительной степени изменяется автономно от динамики содержания этих клеток в циркуляции. Вопрос о том, связаны ли данные различия с особенностями обследованных поколений спортсменов, с разным предста-

вительством атлетов отдельных видов спорта, с разными условиями солнечной активности во время наблюдений спортсменами или с тем или иным сочетанием данных факторов, требует дополнительного исследования.

Можно полагать, что выявленные трансаннуальные ритмы показателей фагоцитоза нейтрофилов в диапазоне 1-2,5 года, возможно, связаны с проявлением эольных ритмов, конгруэнтных колебаниям солнечного ветра [10]. Промежуточным звеном между уровнем гелиоактивности, с одной стороны, и базальным уровнем показателей фагоцитоза Нф, с другой, вероятно, является изменение свойств условно патогенной микрофлоры, т.к. ещё в первой половине XX в. было показано А. Л. Чижевским и С. Т. Вельховером изменение свойств коринебактерий слизистых в зависимости от интенсивности излучения, характера солнечных эмиссий и динамики межпланетного магнитного поля.

Выводы. 1. Динамика показателей фагоцитоза нейтрофилов периферической крови у спортсменов, обследованных в 1989-1992 и 2004-2007 г.г. при высокой и низкой солнечной активности, имеет существенные отличия у лыжников-гонщиков разных поколений и уровня спортивной квалификации.

2. Хронограммы активности и интенсивности фагоцитоза нейтрофилов периферической крови у лыжников-гонщиков разных поколений и уровня спортивной квалификации обнаруживали статистически значимый ритм синусоидальных колебаний с периодом 16 и 29 месяцев – соответственно.

3. Размах колебаний в цикле года интенсивности фагоцитоза нейтрофилов у лыжников-разрядников и амплитуды аппроксимирующей его синусоиды более выражен, чем у квалифицированных лыжников-гонщиков.

Список литературы

1 Голиков, А. П. Сезонные ритмы в физиологии и патологии / А. П. Голиков, П. П. Голиков. – Москва : Медицина, 1973. – 167 с.

2 Долгушин, И. И. Нейтрофилы и гомеостаз / И. И. Долгушин, О. В. Бухарин. – Екатеринбург : УрО РАН, 2001. – 278 с.

3 Иммунофизиология / В. А. Черешнев, Б. Г. Юшков, В. Г. Климин, Е. В. Лебедева. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 259 с.

4 Корнева, Е. А. Введение в иммунофизиологию / Е. А. Корнева. – Санкт-Петербург : ЭЛБИ-СПб, 2003. – 48 с.

5 Корягина, Ю. В., Нопин, С. В. Cosinor Ellipse 2006 № 2006611345 // Программы для ЭВМ ... (офиц. бюлл.). – 2006. – № 3 (56). – С. 42.

6 Практические аспекты диагностики и лечения иммунных нарушений / В. А. Козлов, А. Г. Борисов, С. В. Смирнов, А. А. Савченко. – Новосибирск : Наука, 2009. – 274 с.

7 Тотолян, А. А. Клетки иммунной системы / А. А. Тотолян, И. С. Фрейдлин. – Санкт-Петербург : Наука, 2000. – 231 с.

8 Фрейдлин, И. С. Некоторые функциональные и морфологические характеристики моноцитов периферической крови человека, культивируемых *in vitro* / И. С. Фрейдлин, С. В. Немировская, Т. А. Рудакова // В кн. Факторы естественного иммунитета при различных физиологических и патологических состояниях. – Омск, 1976. – Вып. 4. – С. 13-14.

9 Черешнев, В. А. Иммунология / В. А. Черешнев, К. В. Шмагель. – Москва : Издательский дом «МАГИСТР-ПРЕСС», 2013. – 448 с.

10 Чибисов, С. М., Катинас, Г. С., Рагульская, М. В. Биоритмы и космос: мониторинг космобиосферных связей / С. М. Чибисов, Г. С. Катинас, М. В. Рагульская. – Москва : Монография, 2013. – 442 с.

11 Ярилин, А. А. Основы иммунологии / А. А. Ярилин. – Москва : Медицина, 1999. – 608 с.

12 www.sidc.be.