

МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОРТСМЕНОВ С УЧЕТОМ ИХ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ЭРИТРОНА И ИММУННОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА

Болотов А.А.¹, Сашенков С.Л.¹, Тишевская Н.В.¹

¹ ГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный медицинский университет Минздрава России», Челябинск, Россия (454092, Челябинск, ул. Воровского, 64), e-mail Kanc@chelsma.ru

Обследованы квалифицированные спортсмены с преимущественно аэробной (лыжники, пловцы) и анаэробной (борцы, боксеры) направленностью тренировочного процесса. Выявлены особенности морфо-функциональных характеристик показателей крови и иммунного статуса, связанные с особенностями физических нагрузок у представителей различных видов спорта. В статье показана возможность и высокая эффективность применения многомерных методов статистического анализа для прогнозирования спортивной специализации спортсменов. Целями статистической обработки являлось выявление минимально необходимого количества показателей (переменных, изучаемых у спортсменов), позволяющих отнести спортсмена к той или иной специализации, и выявление минимально необходимого количества показателей, наиболее сильно влияющих на их специализацию. Показано, что можно более чем в два раза уменьшить количество гематологических и иммунологических показателей, которые определяют спортивную специализацию, при этом качество предсказания не опускается в среднем ниже 87,7%.

Ключевые слова: спортсмены, иммунологические и гематологические показатели, прогнозирование.

MODEL CHARACTERISTICS OF THE ATHLETES ACCORDING TO THEIR SPECIALIZATION IN TERMS OF THE PERIPHERAL ERYTHRON AND IMMUNE STATUS

Bolotov A.A.¹, Sashenkov S.L.¹, Tishevskaya N.V.¹

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Chelyabinsk, Russia (454092, Chelyabinsk, street Vorovski, 64), e-mail: Kanc@chelsma.ru

There have been examined qualified sportsmen with predominantly aerobic (cross-country skiers, swimmers) and anaerobic (wrestlers, boxers) tendency of training process. It has been found out some peculiarities of morpho - functional characteristics of blood parameters and immune status associated with the peculiarities of physical activity among representatives of different sports . The article shows the possibility and high efficiency of multivariate statistical analysis methods for predicting sports specialization athletes. Purposes of statistical treatment was to identify the minimum required number of indicators (variables studied in athletes), allowing the athlete to carry a particular specialization and identify a minimum number of parameters that most strongly affect their specialization. It has been shown that it is possible for more than halve the number of hematological and immunological parameters that define sports specialization , wherein a prediction value does not fall below an average of 87.7 %.

Keywords: athletes, immunological and haematological parameters, prediction.

Введение

С физиологической точки зрения наиболее значимым является подразделение спортивных нагрузок на аэробные (циклические виды спорта) и анаэробные (скоростно-силовые и сложно-координационные виды спорта). При подготовке спортсменов различной специализации могут преобладать или анаэробные (борьба) или аэробные нагрузки (лыжные гонки), которые могут оказывать диаметрально противоположные влияния на функциональное состояние систем транспорта кислорода и на систему иммунобиологического надзора. В связи с этим весьма актуальной является проблема отбора

для занятий конкретным видом спорта [4]. В настоящей работе сделана попытка на основе современных методов математического моделирования создать научно обоснованный способ классификации принадлежности конкретного спортсмена к определенной профессиональной группе, что может послужить основой для системы профессионального отбора для занятий конкретным видом спорта.

Материал и методы исследования

Исследования проведены на здоровых мужчинах-добровольцах, профессионально занимающихся лыжным спортом, плаванием, борьбой (самбо, дзюдо) и боксом и достигших определенной квалификации в этих видах деятельности. Исследовались показатели периферической крови и иммунного статуса организма [2]. Статистическая обработка результатов наблюдений за спортсменами проводилась с использованием лицензионного пакета программ прикладной статистики SPSS 17.0 [3]. У каждого спортсмена измерялись и вычислялись 65 показателей. Таким образом, можно сказать, что каждый спортсмен есть точка в 65-мерном фазовом (фиктивном) пространстве. Целями статистической обработки являлось выявление минимально необходимого количества показателей (переменных, изучаемых у спортсменов), позволяющих отнести спортсмена к той или иной специализации, и выявление минимально необходимого количества показателей, наиболее сильно влияющих на их специализацию. Такой подход позволяет оптимальным образом организовать профессиональную подготовку и может быть применен с целью отбора наиболее перспективных спортсменов [1].

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе выполнялся факторный анализ всех переменных без учета специализации и квалификации спортсменов с целью определения возможности уменьшения размерности пространства переменных. Была сделана попытка уменьшить размерность пространства переменных в два раза. Было задано сформировать новое пространство с размерностью тридцать.

На рис. 1 приведены собственные значения, из которых видно, что нет необходимости увеличивать размерность пространства переменных более 30-ти.

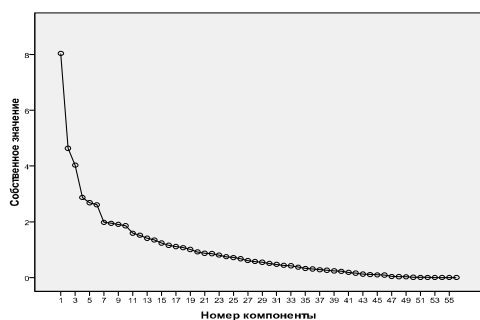


Рис. 1 График собственных значений пространства исследуемых переменных.

Факторный анализ показал также, что 30 компонент обеспечивают более 92 % объясненной дисперсии, что также вполне достаточно для анализа распределения спортсменов по специализациям. При выполнении факторного анализа вращение было задано по типу «варимакс с нормализацией Кайзера», которое сошлось за 34 итерации. Анализ матрицы повернутых компонент подтвердил правильность выбранной стратегии при выборе пространства переменных. Только первый фактор включил в себя 7 переменных, связанных в основном показателями системы красной крови. Эти переменные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Переменные, входящие в первый фактор

Переменные	Факторная нагрузка
Средняя толщина эритроцита	0,975
Средний диаметр эритроцита	0,975
Средний объем эритроцита	0,973
Среднее содержание гемоглобина в эритроците	0,927
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците	0,933
Цветной показатель	0,927
Количество эритроцитов	-0,865

Первый фактор (7 переменных) объясняет более 12 % дисперсии, и факторная нагрузка оказалась очень велика. Полученный результат подтверждает данные литературы об основном вкладе систем транспорта кислорода и, в частности, периферического отдела эритрона в специализацию, квалификацию и достижение высокого спортивного результата. Остальные факторы включают от одной до трех переменных, причем факторов с тремя переменными всего три, что подтверждает правильность выбранной стратегии анализа.

На втором этапе выполнялся дискриминантный анализ отдельно по спортивной специализации (лыжники, пловцы, борцы, боксеры). Дискриминантный анализ использовал пошаговый метод и выполнялся в двух вариантах: для всех 65-ти переменных и для переменных, выбранных на основании факторного анализа. Так как количество специализаций четыре, то дискриминантных функций достаточно использовать только три. В таблице 2 приведены собственные значения, процент объясненной дисперсии и коэффициент канонической корреляции для каждой из них.

Таблица 2

Собственные значения, процент объясненной дисперсии и коэффициент канонической корреляции для дискриминантных функций

Собственные значения				
Функция	Собственное значение	% объясненной дисперсии	Кумулятивный %	Каноническая корреляция
1	3,611	53,0	53,0	0,885
2	1,847	27,1	80,1	0,805
3	1,360	19,9	100,0	0,759

Примечание: В анализе использовались первые 3 канонические дискриминантные функции.

Из таблицы 2 видно, что коэффициенты канонической корреляции достаточно велики, что позволяет получить высокое качество разделения.

Тест Лямбда-Уилкса, результаты которого приведены в таблице 3, показывает, что средние значения дискриминирующих функций статистически значимо отличаются друг от друга. Уровень значимости менее 0,001 (в таблице 0,000) указывает на очень значимые различия.

Таблица 3

Тест Лямбда-Уилкса

Проверка функций	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	ст. св.	Значимость
от 1 до 3	,032	684,939	63	0,000
от 2 до 3	,149	380,35	40	0,000
3	,424	171,301	19	0,000

В таблицах 4 и 5 приведены нормированные и ненормированные коэффициенты дискриминирующих функций. Нормированные коэффициенты дают полное представление о силе связи между переменными и дискриминирующими функциями, а также о направлении связи, а таблица нормированных коэффициентов должна использоваться при выполнении конкретных расчетов значений дискриминирующих функций.

Таблица 4

Нормированные коэффициенты канонической дискриминантной функции

Переменная	Функция		
	1	2	3
абсолютное количество ретикулоцитов	,155	-,025	,281
количество эритроцитов	,253	,323	,146
средняя концентрация Нв в 1 эритроците	-,192	,266	-,217

ИКУК	,173	,194	-,183
Цветной показатель	-,534	,089	,254
Количество лейкоцитов	-,073	,805	-,221
% палочкоядерных нейтрофилов	,132	-,562	-,197
абсолютное количество моноцитов	,098	-,474	-,220
% лимфоцитов	,433	,125	-,115
абсолютное количество лимфоцитов	,096	-,597	,015
Лизосомальная активность нейтрофилов	-,090	-,094	,410
Спонтанный NST-тест нейтрофилов (акт)	-,087	,445	,151
Индукцированный NST-тест нейтрофилов (акт)	,224	-,334	1,189
Индукцированный NST-тест нейтрофилов (инт)	-,254	,419	-,692
IgG	,120	-,248	-,047
CD 34	,028	,322	-,499
CD 56	-,140	,165	-,353
CD 95	,311	-,115	,536
концентрация циркулирующих иммунных комплексов	,442	,322	,098
уровень С1 компонента комплемента	-,359	,090	,159
уровень С5 компонента комплемента	,238	-,110	-,370

Анализ таблиц 1-5 показывает, что наибольшее влияние на разделение спортсменов по специализации оказывают переменные: цветной показатель, количество лейкоцитов, спонтанный NST-тест нейтрофилов (активность). Последний показатель характеризует готовность нейтрофилов к респираторному взрыву (резкое усиление окислительного метаболизма) в активированных фагоцитах, ведущего к образованию широкого спектра первичных (супероксидный анион, перекись водорода, гидроксильный радикал, синглетный кислород) и вторичных (гипохлорная кислота, хлорамин, продукты перекисного окисления липидов) метаболитов, обладающих мощной бактерицидной активностью.

Таблица 5

Ненормированные коэффициенты канонической дискриминантной функции

Переменная	Функция		
	1	2	3
абсолютное количество ретикулоцитов	,061	-,010	,110
количество эритроцитов	,535	,683	,310
средняя концентрация Hb в 1 эритроците	-,091	,127	-,103

Переменная	Функция		
ИКУК	5,715	6,424	-6,068
Цветной показатель	-5,826	,971	2,769
Количество лейкоцитов	-,047	,522	-,143
% палочкоядерных нейтрофилов	,061	-,259	-,091
абсолютное количество моноцитов	,094	-,454	-,211
% лимфоцитов	,045	,013	-,012
абсолютное количество лимфоцитов	,155	-,968	,024
Лизосомальная активность нейтрофилов	,000	,000	,003
NST SN а Спонтанный NST-тест нейтрофилов (акт)	-,005	,023	,008
NST InN а Индуцированный NST-тест нейтрофилов (акт)	,015	-,022	,078
NST InN i Индуцированный NST-тест нейтрофилов (инт)	-,949	1,564	-2,585
IgG	,057	-,117	-,022
CD 34	,005	,055	-,086
CD 56	-,023	,027	-,058
CD 95	,039	-,014	,067
концентрация циркулирующих иммунных комплексов	,027	,020	,006
уровень с1 компонента комплемента	-,012	,003	,005
уровень с5 компонента комплемента	,007	-,003	-,010
Константа	-2,729	-16,088	4,386

Координаты центров групповых центроидов для трех дискриминирующих функций приведены в таблице 6.

Таблица 6

Координаты центров функций в центроидах групп

специализация	Функция		
	1	2	3
1 (лыжники)	1,385	1,340	,640
2 (пловцы)	,920	-1,407	-,665
3 (борцы)	-3,046	1,333	-1,657
4 (боксеры)	-3,077	-1,177	2,238

Разделение спортсменов по различным специализациям происходит в трехмерном пространстве, изображение которого на плоскости рисунка довольно неэффективно. Поэтому на рис. 2 приведены проекции результатов разделения на плоскость в координатах первых двух дискриминирующих функций.

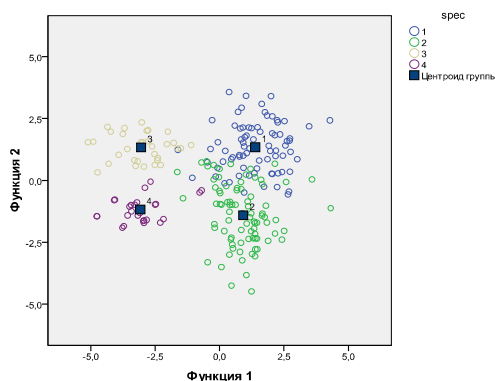


Рис. 2. Проекция результатов разделения на плоскость в координатах первых двух дискриминирующих функций.

Из рисунка 2 видно, что даже в проекции наблюдается хорошее разделение спортсменов по специализациям. В таблице 7 представлены результаты классификации спортсменов по специализациям с использованием 21-ой выбранной по результатам дискриминантного анализа переменных.

Таблица 7

Результаты классификации по 21 переменной

		специализация	Предсказанная принадлежность к группе				Итого
			1	2	3	4	
Исходные	Частота	1 - лыжники	72	4	1	0	77
		2 - пловцы	8	75	2	0	85
		3 - борцы	0	0	32	0	32
		4 - боксеры	1	0	1	24	26
	%	1 - лыжники	93,5	5,2	1,3	,0	100,0
		2 - пловцы	9,4	88,2	2,4	,0	100,0
		3 - борцы	,0	,0	100,0	,0	100,0
		4 - боксеры	3,8	,0	3,8	92,3	100,0
92,3% исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно.							

Как видно из таблицы 7, в среднем с вероятностью 0,923 можно предсказать спортивную специализацию.

5.3 Результаты дискриминантного анализа для специализации спортсменов (30 переменных по результатам факторного анализа, пошаговый метод). Аналогичный анализ

был проведен для переменных, отобранных по результатам факторного анализа. Исходно таких переменных 30. В таблице 8 приведены собственные значения и коэффициенты канонической корреляции для трех дискриминирующих функций.

Таблица 8

Собственные значения и коэффициенты канонической корреляции

Функция	Собственное значение	% объясненной дисперсии	Кумулятивный %	Каноническая корреляция
1	2,334 ^a	55,2	55,2	,837
2	1,345 ^a	31,8	87,0	,757
3	,548 ^a	13,0	100,0	,595

Примечание: В анализе использовались первые 3 канонические дискриминантные функции.

Как видно из таблицы 8, коэффициенты канонической корреляции немного ниже, но все равно достаточно высоки для корректной классификации. Тест Лямбда-Уилкса, результаты которого приведены в таблице, также показал высокие результаты.

Таблица 9

Тест Лямбда-Уилкса

Проверка функций	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	ст.св.	Значимость
от 1 до 3	,083	507,491	45	,000
от 2 до 3	,275	262,450	28	,000
3	,646	88,981	13	,000

В таблицах 9-12, аналогично изложенному выше, приведены нормированные и ненормированные коэффициенты дискриминирующих функций.

Таблица 10

Нормированные коэффициенты канонической дискриминантной функции

Переменная	Функция		
	1	2	3
Гемоглобин	-,111	,321	,014
абсолютное количество ретикулоцитов	-,234	,099	,341
средняя концентрация Hb в 1 эритроците	,746	-,163	-,036
средняя толщина единичного эритроцита	,757	-,373	,379
% содержание эозинофильных гранулоцитов	,302	,002	,138
% содержание базофильных гранулоцитов	,154	,293	,090

% содержание "палочкоядерных" нейтрофилов	-,189	-,493	,341
% содержание "сегментоядерных" нейтрофилов	,515	,170	,128
абсолютное количество нейтрофилов	,060	,512	-,493
абсолютное количество моноцитов	-,102	-,512	-,199
лизосомальная активность нейтрофилов	,061	,056	,471
спонтанный НСТ-тест (акт)	,095	,498	,258
спонтанный НСТ-тест (инт.)	,116	,081	-,378
CD 4/8	,097	-,066	-,468
уровень С4 компонента комплемента	,108	-,159	-,304

Анализ таблицы 10 показывает, что наибольшее влияние на разделение спортсменов по специализации оказывают переменные: средняя концентрация Hb в 1 эритроците, абсолютное количество нейтрофилов, лизосомальная активность нейтрофилов.

Таблица 11

Ненормированные коэффициенты канонической дискриминантной функции

Переменная	Функция		
	1	2	3
Гемоглобин	-,010	,030	,001
абсолютное количество ретикулоцитов	-,091	,039	,133
средняя концентрация Hb в 1 эритроците	,356	-,078	-,017
средняя толщина единичного эритроцита	9,928	-4,897	4,965
% содержание эозинофильных гранулоцитов	,111	,001	,051
% содержание базофильных гранулоцитов	,279	,530	,163
% содержание "палочкоядерных" нейтрофилов	-,087	-,228	,157
% содержание "сегментоядерных" нейтрофилов	,059	,020	,015
абсолютное количество нейтрофилов	,051	,435	-,419
абсолютное количество моноцитов	-,098	-,492	-,191
лизосомальная активность нейтрофилов	,000	,000	,003
спонтанный НСТ-тест (акт)	,005	,026	,013
спонтанный НСТ-тест (инт.)	,020	,014	-,065
CD 4/8	,257	-,175	-1,240
уровень С4 компонента комплемента	,003	-,005	-,009
Константа	-37,742	7,545	-11,550
Ненормированные коэффициенты			

Как видно из таблиц 9-10, результаты несколько отличаются от предыдущего случая, но все равно достаточно высоки для корректной классификации.

В таблице 11 приведены координаты центров групповых центроидов для полученных дискриминирующих функций.

Таблица 12

Координаты центров групповых центроидов групп

специализация	Функция		
	1	2	3
1 - лыжники	-,728	1,410	,204
2 - пловцы	-1,090	-1,170	-,253
3 - борцы	2,713	,277	-1,140
4 - боксеры	2,142	-,862	1,584

На рис. 3 приведены проекции результатов разделения на плоскость в координатах первых двух дискриминирующих функций.

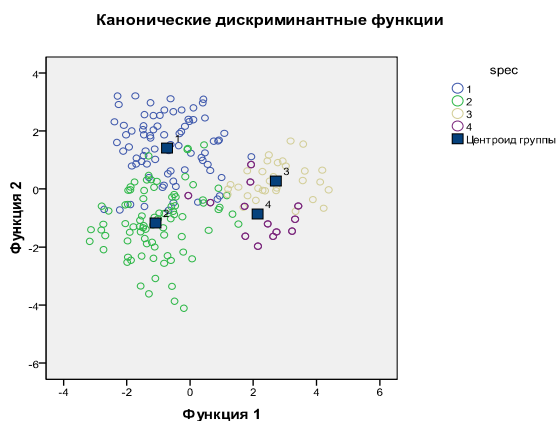


Рис. 3. Проекция результатов разделения на плоскость в координатах первых двух дискриминирующих функций по 15 переменным.

В таблице 13 представлены результаты классификации спортсменов по специализациям с использованием 15-ти переменных, выбранных по результатам дискриминантного анализа. Результаты несколько хуже, но все равно достаточно высоки, а число переменных можно уменьшить до 15. Таким образом, можно сократить размерность пространства в 4 раза.

Таблица 13

Результаты классификации с использованием 15-ти переменных

	специализация	Предсказанная принадлежность к группе	Итого
--	---------------	---------------------------------------	-------

			1	2	3	4	
Исходные	Часто	1 - лыжники	66	9	0	2	77
		2 - пловцы	10	71	2	2	85
		3 - борцы	0	0	32	0	32
		4 - боксеры	2	0	0	24	26
	%	1 - лыжники	85,7	11,7	,0	2,6	100,0
		2 - пловцы	11,8	83,5	2,4	2,4	100,0
		3 - борцы	,0	,0	100,0	,0	100,0
		4 - боксеры	7,7	,0	,0	92,3	100,0
87,7% исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно.							

Средняя вероятность правильной классификации составляет 0,877.

Таким образом, дискриминантный и факторный анализ показали, что:

1. 30 показателей периферического отдела эритрона и иммунного статуса организма обеспечивают более 92 % объясненной дисперсии;
2. Наибольшее влияние на разделение спортсменов по специализациям оказывают переменные: цветной показатель, количество лейкоцитов, спонтанный NST-тест нейтрофилов (активность), средняя концентрация Hb в 1 эритроците, абсолютное количество нейтрофилов, лизосомальная активность нейтрофилов;
3. При использовании 21 переменной с вероятностью 0,923 (92,3%) можно предсказать спортивную специализацию, при использовании 15 переменных (что сокращает размерность пространства в 4 раза) средняя вероятность правильной классификации составляет 0,877 (87,7%).

Список литературы

1. Болотов, А. А. Фрактальный анализ в задачах оценки биоэлектрических сигналов с целью дифференциальной диагностики патологических состояний органов и тканей организма [Текст] / А. А. Болотов, Н. В. Тишевская // Вестн. Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2011. - № 20 (237).– С. 120-123.
2. Журило, О. В. Изучение взаимодействия системы крови и параметров иммунной системы у спортсменов различных специализаций в годовой тренировочном цикле [Текст] / О. В. Журило, С. Л. Сашенков // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. - № 2/1. – С. 32-33.

3. Наследов, А. Н. SPSS 15. Профессиональный статистический анализ данных [Текст] / А. Н. Наследов. – СПб.: Питер, 2008. – 567с.
4. Сашенков, С. Л. Иммунная резистентность организма спортсменов в зависимости от аэробной или анаэробной направленности тренировочного процесса [Текст] / С. Л. Сашенков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1999. – Т.128, № 10. – С. 380-382.
5. McArdle W. D., Katch L. F., Katch L. . Exercise Physiology. – Philadelphia, 1986. – 696 p.
6. Simon P., Fehrenbach E., Niess A. M. Regulation of immediate early gene expression by exercise: short cuts for the adaptation of immune function // Exerc Immunol Rev. – 2006. – Vol. 12. – P. 112-131.

Рецензенты:

Сабирьянов А.Р., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой реабилитации и спортивной медицины ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск.

Колесников О.Л., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой биологии ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск.