

МНОЖЕСТВЕННЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ И ИХ СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ПЛАВАНИИ НА СПРИНТЕРСКИЕ И СТАЙЕРСКИЕ ДИСТАНЦИИ

Митрохин Н.М.¹, Грузинцева Ю.П.¹, Погонченкова И.В.¹

¹Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ, Москва, e-mail: mitrokhin007@mail.ru

С целью определения наиболее значимых показателей состояния организма пловцов, обеспечивающих получение наивысших результатов в плавании, проведены исследования на 37 подростках обоего пола возраста 12-16 лет, массой 60.25 ± 1.36 кг. Испытуемые имели 1 и 2 разряд по плаванию или были кандидатами в мастера спорта. Регистрировали 16 антропометрических, морфофункциональных параметров, данные биохимии крови. С помощью корреляционного анализа определяли взаимосвязи изученных показателей друг с другом с вычислением коэффициента корреляции Пирсона, а также вычисляли уравнение множественной регрессии в 16-мерном пространстве с расчетом коэффициента корреляции времени проплывания дистанций с изученными параметрами, коэффициентов уравнения корреляции и их достоверности. Показана возможность индивидуального прогноза максимальных спортивных достижений для конкретных дистанций ($R=0.56$, $p<0.016$, 100 м; $R=0.71$, $p<0.001$, 50 м; $R=0.59$, $p<0.007$, 25 м). Существенное значение для 100 м дистанции имеет величина вдоха, ЧСС и САД на пике и ДАД до нагрузки. Для других дистанций определены свои показатели, учитывающие специфику их прохождения. Для 50 м такими показателями являются величина вдоха, САД до и после нагрузки, ДАД после нагрузки, ЧСС и сила кистевого упора. Для 25 м – вес, ЧСС, САД на пике и ДАД до нагрузки. Эти показатели рекомендуется оценивать в первую очередь при индивидуальной подготовке спортсменов к соревнованиям и прогнозе их спортивных достижений.

Ключевые слова: спортивное плавание, подростки, антропометрические, морфофункциональные параметры, биохимия крови, множественный регрессионный анализ, корреляция.

THE PLURAL REGRESSION ANALYSIS OF TEENAGERS ORGANISM CONDITION INDICATORS AND THEIR ACHIEVEMENTS IN SPRINT AND STAYERS DISTANCE SWIMMING SPORT

Mitrokhin N.M.¹, Gruzintseva J.P.¹, Pogonchenkova I.V.¹

¹The Moscow scientifically-practical centre of medical rehabilitation, regenerative and sports medicine HDM, Moscow, e-mail: mitrokhin007@mail.ru

For the purpose of definition of the most significant indicators of a swimmer organism, providing achievement of the highest results in swimming are carried out researches n 37 teenagers of both sexes 12 - 16 years, weight 60.25 ± 1.36 kg. Examinees had 1 and 2 category on swimming or were candidates for the master of sports. It was registered 16 anthropometrical, morfo-functional, parameters, blood biochemistry data and 25, 50, and 100 m swimming time. By means of the correlation analysis it was defined interrelations of the studied indicators - correlation Pirson factor, and also - the equation of plural regression in 16-dimensional space with calculation of correlation factor of distance swimming times with the studied parameters, factors of the equation of correlation and their reliability. The possibility of the individual forecast of the maximum achievements in sport was shown ($R=0.56$, $p < 0.016$, 100 m is shown; $R=0.71$, $p < 0.001$, 50 m; $R=0.59$, $p < 0.007$, 25 m). For the 100 m distance the breath size, Hart rate, the Systolic arterial pressure on Peak and diastolic arterial pressure after loading have essential value. For 50 m distances the indicators considering specificity of their passage are defined as Hart rate, the Systolic arterial pressure on Peak, Hand force and diastolic arterial pressure to loading. For 25 m - Body mass,, Hart rate, the Systolic arterial pressure on Peak and diastolic arterial pressure to loading. These indicators are recommended to be estimated first of all for individual preparation of sportsmen for competitions and the forecast of their achievements.

Keywords: sports swimming, teenagers, anthropometrical, morfo-functional parameters, blood biochemistry, plural regression analysis, correlation.

Имеющиеся «Методические рекомендации» позволяют регламентировать большую часть этапов подготовки высококвалифицированных спортсменов-пловцов на различные

дистанции. В настоящее время для достижения наивысших результатов в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости и хорошей координации движений требуется поддержка метаболизма, специализированное питание (в том числе и БАДы [1]), напитки и адекватный тренировочный процесс. Существенное значение имеет первичный отбор перспективных спортсменов, оценка динамики изменений спортивных достижений и их прогноз с использованием различных методов. В основном оцениваются антропометрические данные: рост, вес, длина рук и др., показатели физической работоспособности, потребление кислорода на аэробном и анаэробном порогах, особенности процессов адаптации к физическим нагрузкам и др. [2].

В пользу вышесказанного свидетельствует целый ряд публикаций в отношении функциональной жизненной емкости легких у пловцов. Также в работе Киселевой К.А. [3] в предположении об увеличении эффективности тренировочного процесса пловцов-спринтеров в результате применения упражнений, с учетом их индивидуальных показателей показано, что для эффективного управления тренировочным процессом необходимо применять комплексную методику прогнозирования спортивных достижений, ведущую роль в которой играют математическое прогнозирование и метод экспертных оценок. Выявлено, что скорость плавания мужчин - олимпийских чемпионов на дистанции 100 м вольным стилем связана с такими показателями, как рост ($R = 0,701$); индекс телосложения ($R = 0,702$); ЖЕЛ ($R = 0,696$).

На пловцах 12-16 лет корреляционный анализ позволил выявить взаимосвязь между скоростью плавания на различные дистанции и силовыми характеристиками в неспецифических ($R = 0,748$) и специфических условиях ($R = 0,609$) [4]. Показано, что у спортсменов сборной команды по плаванию, показывающих лучшие результаты в выборке, значения индекса Кетле находятся по нижней границе нормы. В другом исследовании в группе антропометрических показателей связь со спортивными результатами на дистанциях 25 и 50 м составляла $R = 0,65-0,87$ и $0,59-0,88$ соответственно [5].

В результате регрессионного анализа разработаны уравнения линейной множественной регрессии, позволяющие прогнозировать спортивный результат для скорости на дистанции 100, 400 и 1500 м, в которых используются силовые характеристики ног и рук. На дистанции 100 м отмечается практически равная зависимость скорости плавания от силовых показателей, проявляемых в неспецифических ($R = 0,700$) и специфических условиях водной среды (Fт. рук $R = 0,756$; Fт. ног $R = 0,725$; Fт. коор. $R = 0,788$) [6].

В пользу необходимости комплексного учета влияния различных данных, определяющих статус спортсмена-пловца (антропометрии, спирометрии, велоэргометрии и психодиагностики), на скорость плавания в спринте также свидетельствуют результаты

корреляционного анализа ($R=0.756$) [7].

В отмеченных выше работах и ряде других исследований приведены данные, свидетельствующие о возможном наличии корреляции между некоторыми антропометрическими и другими показателями организма пловцов-спортсменов и скоростью плавания, которые могут позволить целенаправленно модифицировать тренировочный процесс с целью достижения максимальных результатов в соревнованиях. Однако, как мы полагаем, в таких работах не вполне учитывался весь доступный комплекс показателей состояния спортсменов, характеризующий не только их силовые параметры, но и морфофункциональные и биохимические показатели.

Цель исследования. Определить наиболее значимые характеристики и показатели состояния организма подростков (антропометрические данные, функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, биохимические показатели крови, данные тестовых нагрузок), обеспечивающие получение наивысших показателей в плавании на различных дистанциях.

Методы исследования. В исследовании участвовали 37 подростков возраста 12-16 лет, 21 мужского пола и 15 женского массой 60.25 ± 1.36 кг. Состояние физической подготовленности спортсменов оценивали по данным врачебно-контрольной карты диспансерного наблюдения, форма № 062/у, утверждена Министерством здравоохранения СССР 04.10.80 г. № 1030. Испытуемые имели 1 и 2 разряд по плаванию или были кандидатами в мастера спорта. Стиль плавания был вольным, баттерфляем или брассом. Каждый испытуемый проходил тестирование на трех дистанциях: 25, 50 и 100 м.

Определяли 16 параметров: рост в см (1), вес в кг (2), показатели дыхательной функции, мл – вдох, мл (3), выдох, мл (4), САД ммHg до нагрузки пробы Мартине-Кушелевского (5), ДАД до нагрузки (6), САД на пике (7), ДАД на пике (8), САД после нагрузки (9), ДАД после нагрузки (10), динамометрия сгибательной силы правой кисти руки – силовой индекс, кг (11) и ЧСС уд/мин (16). В крови определяли также рутинными методами уровень лейкоцитов $\times 10^9/\text{л}$ (12), гемоглобина г/л (13), СОЭ мм/час (14) и глюкозы мМ/л (15). Зависимые переменные – время прохождения дистанций 100 м (17), 50 м (18) и 25 м в сек (19).

Рассчитывали средние и стандартные ошибки средних для временных и скоростных показателей (нормальное распределение по критерию Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса при $P > 0.20$, Exell). Достоверными отличия между группами принимали при уровне вероятности нулевой гипотезы $p < 0.05$. Полученные данные подвергали изучению парной корреляции и множественному регрессионному анализу с помощью программы Statistika-10 (StatSoft.Inc, США). Определяли коэффициенты линейной корреляции Пирсона между результатами спортсменов и их морфофункциональными особенностями, уравнения

множественной регрессии связи результатов спортсменов и наиболее значимыми показателями состояния здоровья и конституции обследуемых - антропометрическими, функциональными и биохимическими.

Полученные результаты и их обсуждение. В результате проведенного исследования получена матрица данных содержащая 703 показателя – перечисленные независимые 16 параметров, зависимые переменные – времени прохождения дистанции L= 25, 50 и 100 м, а также Ф.И.О., пол и год рождения.

Расчет показателей времени прохождения указанных дистанций дал результаты для 100, 50 и 25 м увеличения скорости с 1.563 ± 0.025 до 1.716 ± 0.028 ($P < 0.001$) и до 1.809 ± 0.034 ($P < 0.001$) м/сек соответственно. Последнее может свидетельствовать об изменении механизмов поддержания физической работоспособности при переходе от стайерской дистанции к средней по продолжительности и вследствие этого изменении роли различных показателей в определении достижения высоких результатов.

Согласно приведенным данным, теснота связи со временем прохождения дистанций (табл. 1) по шкале Чеддока для показателей 1-5 оценивается как умеренная, для 7, 9, 11, 13-16 – слабая, а для 6, 8, 10, 12 - ниже, чем слабая. При этом происходит некоторое увеличение в абсолютном значении коэффициента корреляции с уменьшением дистанции для показателей 2, 3, 4, куполообразная зависимость для показателей 5, 7, 9, 11, 15. Полученный результат указывает на то, что ни один из регистрируемых показателей спортсмена не может быть основой для прогноза его спортивных достижений на испытанных дистанциях.

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции Пирсона между временем прохождения 100 (А), 50 (В) и 25 м (С) и показателями организма спортсменов (по горизонтали и вертикали цифры соответствуют нумерации в «Материалах и методах»)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1.00															
2	0.74	1.00														
3	0.57	0.83	1.00													
4	0.56	0.76	0.96	1.00												
5	0.16	0.20	0.11	0.03	1.00											
6	0.12	-0.01	-0.13	-0.14	0.41	1.00										
7	0.01	0.15	0.03	-0.05	0.90	0.23	1.00									
8	-0.18	-0.12	-0.10	-0.19	0.53	0.50	0.42	1.00								
9	0.16	0.19	0.08	0.01	0.99	0.40	0.92	0.47	1.00							
10	0.12	-0.01	-0.13	-0.14	0.41	1.00	0.23	0.50	0.40	1.00						
11	0.40	0.51	0.38	0.32	-0.08	0.11	-0.09	0.07	-0.09	0.11	1.00					

12	-0.25	-0.03	0.04	0.07	0.00	0.05	-0.01	0.11	-0.00	0.05	0.01	1.00				
13	0.49	0.44	0.33	0.23	0.15	-0.19	0.22	-0.13	0.15	-0.19	0.35	0.04	1.00			
14	-0.36	-0.32	-0.25	-0.18	0.07	0.20	-0.01	0.13	0.05	0.20	-0.36	-0.11	-0.82	1.00		
15	0.11	0.15	0.20	0.23	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.41	0.13	-0.02	0.01	1.00	
16	0.05	0.11	0.15	0.10	-0.04	-0.42	0.01	-0.29	-0.04	-0.42	0.02	-0.03	0.17	-0.14	0.03	1.00
A	-0.30	-0.35	-0.38	-0.33	-0.23	0.07	-0.26	-0.02	-0.25	0.07	-0.31	-0.09	-0.32	0.23	-0.20	0.18
B	-0.36	-0.45	-0.47	-0.40	-0.32	0.02	-0.31	-0.04	-0.34	0.02	-0.37	-0.09	-0.34	0.26	-0.25	0.12
C	-0.33	-0.45	-0.43	-0.38	-0.27	0.08	-0.27	-0.05	-0.29	0.08	-0.24	-0.09	-0.33	0.28	-0.14	0.17

Примечание: полужирным шрифтом здесь и далее в тексте выделены достоверные значения.

Коэффициент множественной корреляции при расчете регрессии с учетом всех 16 параметров для дистанции 100 м оказался равным $R=0.556$, $P<0.016$, что указывает на то, что их корреляционная связь с результатами прохождения этой дистанции становится заметной. Уравнение линейной регрессии может быть представлено в виде:

$$Y(\text{сек}) = 89.9 \text{ (} p < 0.005 \text{)} - 0.146 * \text{Вдох (} p < 0.013 \text{)} - 0.229 * \text{САД на пике (} p < 0.055 \text{)} + 0.178 * \text{ЧСС (} p < 0.043 \text{)} + 0.499 * \text{ДАД до нагрузки (} p < 0.173 \text{)}. \quad (1)$$

Полученное уравнение свидетельствует в пользу того, что время прохождения дистанции 100 м с высокой вероятностью при изменении показателя:

- «Вдох» с 258 до 324 уменьшается на 9.65 сек (47.34–37.69 сек);
- «САД на пике с 90 до 130 уменьшается на 9.16 сек (29.76–20.60 сек);
- ЧСС с 52 до 90 уд/мин увеличивается на 6.74 сек (9.24–15.98 сек);
- ДАД до нагрузки с 50 до 65 увеличивается на 7.47 сек (24.93–32.40).

Коэффициент множественной корреляции при расчете регрессии с учетом 12 параметров для 100 м, за исключением показателей с корреляцией ниже слабой, оказался равным $R= 0.555$, $F(4,32)=3.56$, $p<0.016$ (корреляция заметная). Само уравнение линейной регрессии может быть представлено в виде:

$$Y(\text{сек}) = 124.0 \text{ (} p < 0.001 \text{)} - 0.127 * \text{Вдох (} p < 0.038 \text{)} - 0.151 * \text{САД на пике (} p < 0.193 \text{)} + 0.143 * \text{ЧСС (} p < 0.073 \text{)} - 0.114 * \text{Гб (} p < 0.180 \text{)}. \quad (2)$$

Приведенный результат позволяет утверждать, что уменьшение числа параметров 6, 8, 10, 12 из корреляционной матрицы с корреляцией с достигнутыми результатами ниже, чем слабой, существенным образом не влияет на основные зависимости последних от одних и тех же показателей.

Несколько иная ситуация наблюдается для показателей при дистанции 50 и 25 м.

Для дистанции 50 м коэффициент корреляции $R= 0.705$, $F(6,30)=4.9434$, $p<0.001$ (корреляция высокая) при уравнении:

$$Y(\text{сек}) = 44.342 \text{ (} p < 0.002 \text{)} - 0.059 * \text{Вдох (} p < 0.031 \text{)} - 0.851 * \text{САД после (} p < 0.093 \text{)} - 0.101 * \text{Силовой индекс (} p < 0.028 \text{)} + 0.678 * \text{САД до (} p < 0.193 \text{)} + 0.068 * \text{ЧСС (} p < 0.063 \text{)} + 0.296 * \text{ДАД после (} p < 0.087 \text{)}. \quad (3)$$

То есть при снижении дистанции до 50 м также с высокой степенью корреляции объем вдоха, САД после нагрузки и силовой индекс при увеличении показателей увеличивают скорость плавания, как и уменьшение ЧСС, САД и ДАД до нагрузки.

Для дистанции 25 м коэффициент корреляции $R = 0.589$, $F(4,32) = 4.257$, $p < 0.007$ (корреляция заметная) при уравнении:

$$Y(\text{сек}) = 12.773 \text{ (} p < 0.040 \text{)} - 0.083 * \text{Вес (} p < 0.005 \text{)} + 0.0442 * \text{ЧСС (} p < 0.044 \text{)} - 0.050 * \text{САД на пике (} p < 0.079 \text{)} + 0.145 * \text{ДАД до нагрузки (} p < 0.098 \text{)}. \quad (4)$$

Снижение дистанции до 25 м вызывает существенное изменение показателей, влияющих на достижение высоких результатов: увеличение Веса, САД на пике и снижение ЧСС и ДАД до нагрузки. Можно предположить, что в этом случае большую роль играет мышечная масса.

Для подтверждения адекватности уравнений 1–4 множественной регрессии в поставленной задаче были рассчитаны значения времени проплывания дистанций для каждого пловца с учетом только входящих в эти уравнения показателей, а разница с экспериментальными данными (распределение нормальное) оценена методом парных сравнений. Мы учитывали, что метод парных сравнений имеет некоторое преимущество перед другими методами в случаях, когда факторов много или они трудно различимы. Кроме того, известно, что этот метод при сравнении данных одних и тех же испытуемых даже при незначительном отличии может дать достоверную разницу. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения времени проплывания дистанций 25, 50 и 100 м пловцами и рассчитанные на основе регрессионного анализа

Статистические показатели	100 м	100 м (16 показателей) регрессия	100 м (12 показателей) регрессия	50 м	50 м (16 показателей) регрессия	25 м	25 м (16 показателей) регрессия
M, сек	64.58	64.68	62.50	29.42	29.43	13.99	14.03
m, сек	1.05	0.58	0.56	0.49	0.35	0.26	0.49
t _{st}		0.116	2.382		0.034		0.196
P		>>0.05	<0.05		>>0.05		>>0.05

Таким образом, для всех дистанций при учете 16 параметров данные согласуются с нулевой гипотезой, различия между достигнутыми результатами и определенными с помощью уравнений 1, 3, 4 не подтверждены. При уменьшении числа параметров за счет исключения слабо коррелирующих с результатами плавания, различия становятся достоверными, что указывает на определенную роль и этих показателей для проявления значимой расчетной величины результатов спортсменов, несмотря на то что корреляция заметная с $P < 0.016$.

Полученные нами результаты свидетельствуют в пользу того, что применение множественного регрессионного анализа при комплексном учете антропометрических, морфофункциональных и биохимических показателей организма спортсменов-пловцов в сравнении с отдельными показателями повышает вероятность прогноза его спортивных достижений.

Следует отметить единичные работы по исследованию возможности использования показателей периферической крови и иммунного статуса организма у квалифицированных спортсменов с преимущественно аэробной (лыжники, пловцы) и анаэробной (борцы, боксеры) направленностью тренировочного процесса для прогнозирования их спортивной специализации. При таком подходе показана возможность и высокая эффективность применения многомерных методов статистического анализа [8].

Для спортсменов-пловцов также умеренная положительная корреляция ($R=0,32$) обнаружилась между временем преодоления дистанции и оксигенацией, умеренная отрицательная корреляция ($R=-0,31$) - между ЧСС и оксигенацией, [9], что подтверждает показанную нами возможность прогноза их спортивных достижений не только на основе антропометрических данных.

Заключение. Полученные корреляционные зависимости скоростных показателей для высококвалифицированных пловцов от комплекса антропометрических характеристик, физиологических тестов, состояния сердечно-сосудистой системы и биохимических данных крови для дистанций 25 и 50 м отличаются от таковых для 100 м, что подтверждает различие механизмов, вовлеченных в достижение максимальной физической работоспособности для различных дистанций и необходимость учета различных индивидуальных показателей при тренировочном процессе.

Корреляционные связи скорости плавания с исследованным комплексом показателей для всех дистанций являются достоверными ($p < 0.05$) и по шкале Чеддока относятся от высоких до значимых. Полученные результаты свидетельствуют в пользу возможности прогноза спортивных достижений в плавании и целенаправленной подготовки высококвалифицированных спортсменов для различных дистанций с учетом регистрации

антропометрических, функциональных и биохимических показателей.

При подготовке спортсменов-пловцов высокой квалификации для спринтерских и стайерских дистанций в первую очередь следует учитывать и в процессе тренировки корректировать такие показатели, как величину вдоха, ЧСС, систолическое и диастолическое давление на различных этапах тестов, силовой индекс и массу тела, и производить расчет их потенциально возможных достижений с использованием полученных уравнений многомерного регрессионного анализа.

Список литературы

1. Исследование влияния БАД «Ольхон золотой» на физическую работоспособность в эксперименте / Н.М. Митрохин, В.В. Яснецов, Ю.М. Кузнецов, Е.А. Рожкова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5 [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=26799> (дата обращения: 20.09.2017).
2. Фесюн А.Д. Изучение процесса адаптации сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки у спортсменов детско-юношеского возраста / А.Д. Фесюн, Ю.П. Грузинцева, М.Ю. Яковлев, И.И. Амбражук // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. - Т. 93. - № 2-2. - С. 171-172.
3. Киселева К.А. Содержание тренировки пловцов-спринтеров с учетом прогнозирования их спортивного результата. Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры: автореф. дис. ... канд. педаг. наук. - Малаховка, 2007. - 24 с.
4. Фомичева В.В. Прогнозирование спортивного результата в плавании / В.В. Фомичева, В.Ю. Давыдов // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. - 1998. - № 4. – С. 28-30.
5. Ремзи И.В. Проблема оптимизации тренировочного процесса квалифицированных спортсменов // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация (Челябинск). - 2017. - Т. 2. - № 1. - С. 41-45.
6. Королевич А.Н. Взаимосвязь между скоростью плавания и силовыми, морфофункциональными, психофизиологическими показателями в плавании / А.Н. Королевич, В.Ю. Давыдов, А.В. Петряев, А.С. Сеницин // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2015. - № 1. - С. 48-57.
7. Полипко О.А. Моделирование структуры соревновательной деятельности и специальной подготовленности квалифицированных спортсменов, специализирующихся в плавании способом кроль на спине на дистанциях 50 и 100 метров на основе анализа их

морфофункциональных, технико-тактических и психофизиологических особенностей // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe, "Nowa Perspektywa" spolka z ograniczona odpowiedzialnoscia=ООО «Новая Перспектива» (Warszawa). - 2015. - Т. 2. - № 1. - С. 58-64.

8. Политько Е.В., Пилипко О.А. Возможности использования корреляционного анализа для определения основной и дополнительной спортивной специализации пловцов 12-16 лет // Физическое воспитание студентов. - 2009. - № 1. - С. 49-53.

9. Митрофанов А.А. Исследование показателей оксигенации крови при выполнении идентичной интервальной нагрузки в плавании и беге / А.А. Митрофанов, С.Н. Литвиненко // Таврический научный обозреватель. - 2017. - № 10-2 (27). - С. 87-95.