

УДК 796.011:612

**Индикаторы работоспособности нервно-мышечной системы
и двигательной ловкости человека**

Орлов Владимир Александрович¹, доктор биологических наук

Стрижакова Ольга Владимировна^{1,2}, кандидат педагогических наук, доцент

¹*Институт медико-биологических проблем РАН, Москва*

²*Российский государственный художественно-промышленный университет им.*

С.Г. Строганова, Москва

Аннотация. Многие бытовые и профессиональные действия людей требуют значительных мышечных и нервно-волевых усилий (бег, подъем по лестнице, переноска грузов, танцы, спортивные и т.д.). Любое движение человека всегда осуществляется совместной работой мышц, нервной системы и связочно-сухожильного аппарата. Работоспособность мышц, «нервно-волевой потенциал» и двигательная ловкость являются важными компонентами здоровья и физического развития, защищая внутренние органы от внешних воздействий и травм, а в экстремальных ситуациях сохраняют человеку жизнь. Физическая (мышечная) работоспособность человека измеряется количеством механической работы, которая может быть выполнена за определенное время. В статье обоснованы общедоступные двигательные тесты для оценки этих психофизических свойств человека. Приведены статистический анализ данных тестирования мужчин 14-35 лет и возрастные нормативы силовых возможностей скелетной мускулатуры и двигательной ловкости.

Ключевые слова: психофизическая работоспособность, индикаторы работоспособности скелетной мускулатуры, тесты двигательной ловкости человека.

**Indicators of the performance of the neuromuscular system and motor dexterity
of a person**

Orlov Vladimir Alexandrovich¹, doctor of biological sciences

Strizhakova Olga Vladimirovna^{1,2}, candidate of pedagogical sciences, associate professor

¹*Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

²*Stroganov University, Moscow*

Abstract. Many everyday and professional actions of people require significant muscular and nervous-volitional efforts (running, climbing stairs, carrying loads, dancing, sports games, etc.). Any movement of a person is always carried out by the joint work of muscles, the nervous system and the ligamentous tendon apparatus. Muscle performance, "nervous-volitional potential" and motor dexterity are important components of health and physical development, protecting internal organs from external influences and injuries, and in extreme situations save a person's life. Physical (muscular) performance of a person is measured by the amount of mechanical work that can be performed in a certain time. The article substantiates publicly available motor tests for assessing these psychophysical properties of a person. Statistical analysis of testing data for men aged 14-35 years and age standards for the strength capabilities of skeletal muscles and motor dexterity are presented.

Keywords: psychophysical performance, indicators of skeletal muscle performance, tests of human motor dexterity.

ВВЕДЕНИЕ. Физическую работоспособность человека более правильно называть «психофизической работоспособностью», поскольку головной мозг и периферийная нервная системы играют важнейшую роль. В сложных двигательных тестах всегда доминирует головной мозг, который должен выполнить виртуальное (психомоторное) моделирование предстоящих движений, сформировать и отобилизовать необходимые физиологические системы, выдать команду на исполнение движения, а затем корректировать работу мышц. В тестовых нагрузках накапливается утомление, «борьба» с которым требует от человека большого нервно-волевого напряжения, т. е. проявления «силы» воли. Классик биомеханики А.Н. Бернштейн [1] называл «двигательную ловкость» интеллектуальным свойством человека, что в современной терминологии встраивается в понятие «когнитивные функции».

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – обосновать тесты и нормативы для оценки силовых возможностей (работоспособности) групп скелетной мускулатуры и координации движений человека. При тестировании работоспособности мышц лимитирующим фактором часто выступает их иннервация. Сила – величина векторная и при движениях человека одновременно возникает несколько силовых векторов от работы разных мышечных групп, которые интегрируются в перемещение массы тела в пространстве. Оценка силовых возможностей отдельной группы скелетной мускулатуры крайне сложна, поскольку силовые векторы отдельных мышц всегда транслируются на другие мышцы, фасции и связки тела человека, которые могут выступать «ограничителями» [2].

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для контроля и оценки силовых возможностей групп мускулатуры использовались общедоступные тесты, где силами «сопротивления» (противодействия) выступают: гравитация, масса тела человека и инерция. В каждом двигательном тесте участвуют определенные группы мышц, часть которых выполняет перемещение массы тела, а другие мышцы работают на удержание заданного положения тела (изометрический режим), работу их невозможно измерить.

Экспериментально обоснованы 6 двигательных психофизических тестов, которые доступны для выполнения в бытовых условиях людям разного возраста. Работоспособность мышц рук, плечевого пояса, ног, передней и задней частей тела оценивались в 4-х психофизических тестах:

1) Тест «Разгибание рук из положения лежа за 30 сек.» – мужчины выполняли с опорой на пальцы ног, а женщин с опорой на колени (рис. 1).



Рисунок 1 – Тест «Разгибание рук из положения лежа за 30 сек.»

В этом тесте основную работу выполняют: грудные мышцы, трицепсы, передний пучок дельтовидных мышц и одновременно в изометрическом режиме работают четырехглавые мышцы бедра, «напрягатели» широкой фасции, прямая мышца живота, подвздошно-поясничная, которые удерживают прямолинейное положение позвоночника. Мужчины поднимают около 75% массы тела (женщины – 50%) на высоту выпрямленных рук (25-50 см). Эксперименты показали, что в данном тесте лимитирующим звеном у большинства групп населения являются мышцы спины и живота, которые после 10-20 секунд работы не могут удерживать тело в прямолинейном положении, из-за чего возникает сгибание в поясничной области,

что уменьшает «биомеханическое плечо» и «облегчает» работу для мышц рук. Двигательный «брак» в тесте маскирует и затрудняет реальную оценку функционального потенциала этих мышечных групп.

2) Тест «Группировка в течение 30 сек.» выполнялся из положения лежа на спине с переходом в положение сидя, обхватом коленей двумя руками и возвратом в исходное положение (рис. 2).

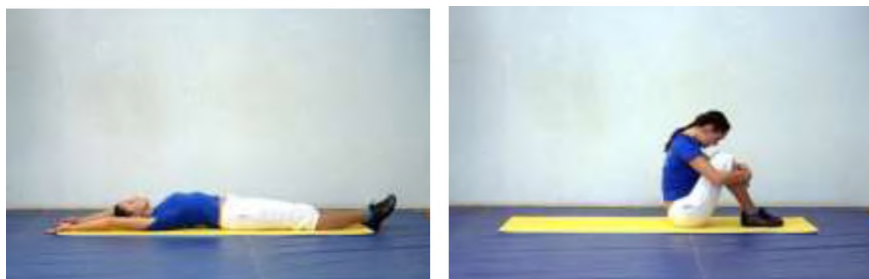


Рисунок 2 – Тест «Группировка в течение 30 сек.»

Сложная биомеханика этого «простого» движения и различия в анатомии людей делают крайне трудным расчет механической работы мышц, задействованных в тесте. В начальной фазе при подъеме тела из положения лежа у разных людей возникают импульсы силы в 23–48 кг продолжительностью в 0,3–0,4 с, но после 10–15 сек. работы накапливается утомление, и импульс силы уменьшается на 25–60%, а время на выполнение одного цикла увеличивается на 50–90%. Установлено, что для большинства групп населения оптимальное время на качественное выполнение двух описанных тестов составляло не более 25–30 сек. [3]. Индикатором работоспособности мышечных групп в этих двух тестах выступает количество правильно выполненных движений за 30 сек.

3) Силовые возможности мышц рук и плечевого пояса мужчин (широчайшая мышца, бицепсы, большая грудная и трапециевидная) оценивались в тесте «Подтягивания из виса на перекладине», где развивалось усилие, равное массе тела за вычетом массы предплечий и кистей рук (7–9% от массы тела), выполняющих изометрическую работу. При массе тела в 60 кг человек поднимает около 55 кг веса на высоту в 40 см. При подтягивании 10 раз за 10–15 сек. мышцы рук выполняют работу ($55 \text{ кг} \times 0,4 \text{ м} \times 10$), равную 220 кг/м. Режим работы мышц в трех описанных тестах является анаэробным, когда быстро расходуется клеточный креатин фосфат (АТФ) и значительная часть гликогена. После таких тестов для полноценного восстановления мышечных клеток требуется не менее 2–3 минут [4].

4) Быстрота зрительно-двигательной реакции измерялась в простом тесте «Захват кистью руки свободно падающей цилиндрической шкалы». Индикатором здесь является расстояние (см), которое пролетает измерительная шкала до ее захвата кистью руки (рис. 3).

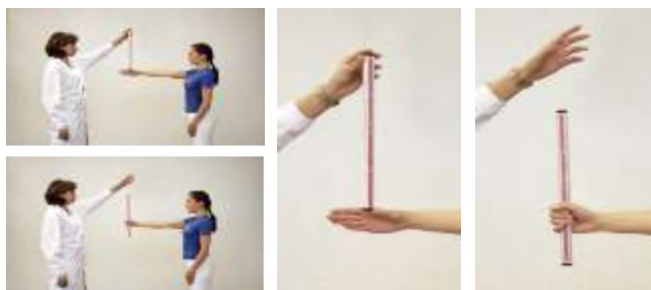


Рисунок 3 – Тест «Захват кистью руки свободно падающей цилиндрической шкалы»

5) Двигательная ловкость (координация движений) человека оценивалась в тесте «Броски мячей» в стену с расстояния 3 метра и ловля одной рукой 10-и теннисных мячей (5 правой и 5 левой) (рис. 4). Индикатором эффективности координации движений служит количество успешно выполненных попыток [5].



Рисунок 4 – Тест «Броски мячей»

6) «Гибкость» позвоночника является важным показателем здоровья и эффективности движений человека. Гибкость позвоночника в поясничном отделе измерялась в тесте «наклон вниз-вперед» из положения стоя и медленным перемещением пальцами двух рук бегунка по измерительной шкале, где индикатором служит удаленность бегунка (\pm см) от нулевой точки, расположенной на уровне стоп ног [6] (рис. 5).



Рисунок 5 – Тест «Наклон вниз-вперед» из положения стоя

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. За период с 2002 по 2023 гг. было обследовано более 235 тыс. мужчин 14-35 лет. Статистический анализ данных позволил уточнить в однородных возрастных группах численностью не менее 1000 человек диапазоны всех измеряемых показателей и обосновать для них 6-балльные оценочные

шкалы. Диапазоны значений на ранговых шкалах градуированы с перцентилями по 16%, где минимальные значения показателей соответствовали 1 баллу, а самые высокие показатели приравнивались к 6 баллам. В таблице 1 представлены показатели в тестах и их индикативные оценки для лиц мужского пола (А) 14-17 лет, (Б) 18-25 лет и (В) 26-35 лет.

Таблица 1 – Показатели в тестах и индикативные оценки для мужчин 14-35 лет

Показатели /оценка (баллы)		Оч.плохо	Плохо	Неудовл.	Удовл.	Хорошо	Отлично
		1	2	3	4	5	6
Разгибание рук в упоре лежа (к-во раз)	А	<10	10-13	14-16	17-19	20-23	>23
	Б	<11	11-15	16-18	19-23	24-29	>29
	В	<10	11-13	14-15	16-20	21-25	>25
Группировка (к-во раз)	А	<12	12-14	15-17	18-20	21-25	>25
	Б	<13	13-15	16-18	19-22	23-26	>26
	В	<10	10-12	13-15	16-19	20-23	>23
Подтягивания из виса на перекладине (к-во раз)	А	<2	2-4	5-7	8-10	11-14	>14
	Б	<3	3-5	6-8	9-11	12-15	>15
	В	0	1-3	4-5	6-8	9-12	>12

Показатели и оценки скорости зрительно-двигательной реакции (ЗДР) и двигательной ловкости мужчин в тесте (броски и ловля мячей) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка зрительно-двигательной реакции

Показатели /оценка - баллы		Оч.плохо	Плохо	Неудовл.	Удовл.	Хорошо	Отлично
		1	2	3	4	5	6
Захват кистью руки свободно падающей цилиндрической шкалы (см)	А	>27	23-27	17-22	12-16	8-11	<8
	Б	>30	25-30	20-25	15-19	10-14	<10
	В	>32	28-32	23-27	19-22	15-18	<15
Броски мячей (к-во)	А	0-1	2-3	3-4	5-6	7-8	9-10
	Б	0-2	3	4	5-7	8	9-10
	В	0	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10

Показатели и оценки гибкости позвоночника мужчин (А) 14-17 лет, (Б) 18-25 лет и (В) 26-35 лет представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка гибкости

Показатели /оценка-баллы		Оч.плохо	Плохо	Не- удовл.	Удовл.	Хорошо	От- лично
		1	2	3	4	5	6
Сгибание позвоноч- ника (±см)	А	< (-5)	(-5)-0	1-3	4-8	9-13	>13
	Б	< (-5)	(-5)-(-3)	(-2)-2	3-7	8-14	>14
	В	< (-7)	(-7)-(-4)	(-3)-0	0-4	5-9	>9

ВЫВОДЫ. Двигательные тесты позволяют контролировать развитие скелетных мышц, нервно-психический потенциал (силу воли и мотивацию на развитие). Работоспособность мышц, наряду с быстротой реакции и хорошей координацией движений играют важную роль в жизнедеятельности человека. Низкий уровень развития этих психофизических качеств или заметная потеря потенциала, как правило, приводят к снижению общей работоспособности и нередко к соматическим заболеваниям. Результаты тестов свидетельствуют о развитии физиологических систем организма, резервах их здоровья и защищенности от преждевременных заболеваний. Тестирование показало, что в разных возрастных группах от 40 до 65% молодых людей не могут достичь уровня среднестатистических показателей, что свидетельствует о недостаточной физической подготовке и резервах здоровья, в то время как молодые люди должны играть ведущую роль в повышении человеческого потенциала нашей страны. Учебные программы образования и физического воспитания не могут в полном объеме решить эту задачу без активной вовлеченности молодых людей в досуговые спортивно-оздоровительные процессы. Психофизические тесты и статистически обоснованные возрастные показатели могут использоваться в образовательных программах школ и вузов и стать ориентирами для самоконтроля молодых людей.

Финансирование. Данная работа выполнена в ГНЦ РФ ИМБП РАН по теме – 64.1 в рамках государственной программы научных исследований РАН.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бернштейн Н. А. Биомеханика и физиология движений. Москва : Институт практической психологии, 1997. 608 с.
2. Майерс Т. В. Анатомические поезда. Москва : Эксмо, 2023. 384 с.
3. Стрижакова О. В., Орлов В. А., Фетисов О. Б. Теоретические аспекты Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. 2018. № 1. С. 18–21.
4. Фарфель В. С. Физиологические особенности работ различной мощности // Исследования по физиологии выносливости (труды ГЦНИИФК). Т. 7, вып. 3. Москва : Физкультура и спорт, 1949. С. 237–257.
5. Орлов В. А., Стрижакова О. В., Фетисов О. Б. Физическая культура как образовательная и оздоровительная дисциплина. Воронеж : Центр «Научная книга», 2017. 340 с.
6. Патент на изобретение № 2591603 Россия; опубликовано 20.07.2016, Бюл. № 20.

REFERENCES

1. Bernstein N. A. (1997), "Biomechanics and physiology of movements", Moscow, Institute of Practical Psychology, 608 p.
2. Myers Thomas W. (2023), "Anatomy Trains", Moscow, Eksmo, 384 p.
3. Strizhakova O. V., Orlov V. A. and Fetisov O. B. (2018), "Theoretical aspects of the All-Russian physical culture and sports complex of the GTO", *Physical culture: education, training*, No. 1, pp. 18–21.
4. Farfel V. S. (1949), "Physiological features of works of various capacities", *Research on the physiology of endurance*, Moscow, vol. 7, issue 3, pp. 237–257.
5. Orlov V. A., Strizhakova O. V. and Fetisov O. B. (2017), "Physical culture as an educational and health discipline", Voronezh, Center «Scientific Book».
6. (2016), "Patent for invention No. 2591603", Russia, published 20.07.2016, Issue No. 20.

Информация об авторах: Орлов В.А., заведующий лабораторией, orcid: 0000-0003-4705-9360, imbp-v-orlov@mail.ru. Стрижакова О.В., orcid: 0000-0003-0264-4996, striz13@yandex.ru.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.06.2024. Принята к публикации 03.07.2024.