



Экспериментальные исследования быстроты сенсомоторных реакций человека

Карасев А.В., Николаева Ю.В., Сугоняев К.В.

Военный университет МО РФ

Аннотация. Быстрота является одним из основных двигательных качеств человека, от уровня которой зависят и результаты во многих видах спорта, например в скоростно-силовых видах легкой атлетики, спортивных играх, единоборствах.

Ключевые слова: быстрота, реакция, сенсомоторика.

Быстрота является одним из основных двигательных качеств человека, от уровня которой зависят и результаты во многих видах спорта, например в скоростно-силовых видах легкой атлетики, спортивных играх, единоборствах и т.п.

В то же время от уровня быстроты во многом зависит и успешность во многих видах профессиональной деятельности, в том числе и успешность воинского труда. Причем, чем выше «рабочие скорости» сложных технических систем, тем выше «цена» быстроты реагирования человека-оператора.

Высокие требования к скорости операторов предъявляют большинство современных сложнейших технических систем, в том числе с дистанционным управлением. Такие системы появились в подразделениях спасателей, в полиции, армии, на опасных производствах.

В зависимости от предназначения технических систем и их конструктивных особенностей труд оператора подразделяют на следующие виды:

- управление транспортными средствами;
- дистанционным управлением объектами на расстоянии в реальном масштабе времени;
- управлением в режиме ожидания;
- управлением оружием и военной техникой в условиях вероятного поражения противником, и др.

Управление такими объектами требует высокого уровня быстроты, поэтому данное качество тестируется при профессиональном психофизиологическом отборе операторов [1]. Однако в опубликованных научных результатах по данной проблеме имеются определенные противоречия, что требует дальнейших исследований.

Так как многие виды трудовой деятельности, особенно в исполнительских профессиях, включают в себя движения, которые в значительной мере определяют их результативность, то методики оценки психомоторных характеристик применяют для прогнозирования профессиональной успешности.

В своей известной монографии, ставшей давно уже классикой научно-спортивной литературы, В.М.Зациорский по поводу психомоторного качества «быстрота» выделял три ее составляющие применительно к двигательной (преимущественно спортивной) деятельности: физиологическую, биохимическую и морфологическую [2]. Физиологическая составляющая определяет скоростные характеристики нервных процессов, обеспечивающих быстроту движений [3, 4 и др.]. Биохимическая – определяется способностью к ресинтезу АТФ преимущественно за счет фосфокреатинового (алактатного анаэробного) механизма [5–11]. А от морфологической зависит механическая эффективность движений [11, 12]. В то же время утверждается, что не установлено зависимости между телосложением человека и его максимальными скоростными показателями [цит. по В.М.Зациорскому, 2009; с. 81].

Выделяют три основные формы проявления быстроты: 1) латентное время двигательной реакции; 2) скорость одиночного движения; 3) частоту движений. Подчеркивается, что на практике приходится встречаться с комплексным проявлением быстроты, где наибольшее значение имеет скорость целостных двигательных актов. Двигательные реакции на совокупность сигналов или на движущийся объект называют сложными, или реакции выбора



и реакции на движущийся объект. Высказывается также мнение, что если быстрота проявляется в максимальной частоте движений, то она «...зависит от скорости перехода двигательных нервных центров из состояния возбуждения в состояние торможения и обратно, т.е. от подвижности нервных процессов» [2].

В свою очередь латентное время двигательной реакции имеет несколько составляющих: 1) генерация возбуждения в сенсорных системах при появлении значимого сигнала; 2) передача возбуждения в ЦНС; 3) оценка сигнала и принятие решения; 4) проведение эффекторного сигнала из ЦНС к нервно-мышечному аппарату; 5) генерация напряжения в мышце и выполнение ею механической работы.

Наибольшие потери времени приходится на третью фазу реакции. В этой связи следует отметить, что в развитие теории рефлекторной дуги, впервые описанной создателем науки о высшей нервной деятельности русским физиологом академиком И.П.Павловым [13], советский физиолог академик П.К.Анохин сформулировал теорию акцептора действия: в нервной системе непрерывно при любом действии строится модель ожидаемой обратной афферентации, поступающей от результата действия. Рассогласование модели и реальной обратной афферентации вызывает ориентировочно-исследовательскую реакцию [14]. Именно в этом и заключается задержка психомоторной реакции человека на внешний значимый стимул. Исходя из этого – чем больше количество альтернатив для реагирования (т.е. больше объем информации), тем большим должно быть и время реакции.

Латентное время простой двигательной реакции человека – строго определенным действием на заранее известный внезапно появляющийся сигнал – по оценкам различных исследователей составляет от 150 до 350 миллисекунд, а некоторые авторы приводят фантастические величины: 100 – 120 и даже 50 – 70 миллисекунд у спринтеров международного класса (цит. по В.М.Зациорскому, 2009; с. 84). Указанные различия во времени реагирования, на наш взгляд, связаны с тем, что авторами применялась аппаратура, не имеющая каких-либо стандартов в технике измерений быстроты, а также различные методики исследования. Отсюда и такие значительные различия в показателях.

Считается, что в спорте время сложной реакции выбора прямо пропорционально объему переработки информации [2] и представляется как прямая с углом наклона, зависящим от спортивной квалификации (рис. 1).

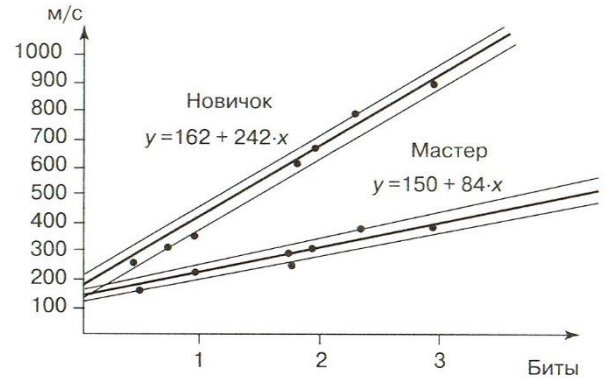


Рис. 1. Зависимость времени переработки информации от ее объема у спортсменов разной квалификации (В.М.Зациорский, О.П.Фролов, 1964).

Обозначения: по горизонтали – величина переработанной информации, по вертикали – затраченное время

В то же время имеются экспериментальные работы, в которых описаны иные зависимости времени сложной реакции выбора в зависимости от количества информации. Предполагается, что при равновероятном двухальтернативном выборе каждый сигнал несет 1 бит информации, при 4-альтернативном – 2 бита, при 8-альтернативном – 3 бита и т.д. Согласно «закону В.Хика», время реакции (ВР) монотонно увеличивается с ростом количества информации на сигнал по логарифмической кривой: $ВР = \alpha \cdot \lg(n+1)$, где α – угол наклона прямой, отражающей рост времени реакции в зависимости от числа альтернатив; n – число альтернатив [15, 16].

Другими исследователями продемонстрирована связь между величиной коэффициента α и психометрическим интеллектом (фактором g), которая мало зависит от знаний, навыков и умений [17].

Таким образом, налицо еще одно противоречие в динамике увеличения времени реакции в зависимости от объема предъявляемой информации.

С целью исследования описанных выше научных противоречий в специально организованном эксперименте исследовали быстроту двигательных сенсомоторных реакций человека с применением деятельностных психофизиологических тестов, реализованных в



программно-аппаратном психофизиологическом комплексе «Мультипсихометр» [18].

В качестве испытуемых выступили студенты «силового» вуза, прошедшие специальный профессиональный отбор по состоянию физического и психического здоровья, в возрасте 18 – 22 года, среди которых были 24 мужчины и 21 девушка.

Батарея тестов включала в себя следующие:

1. Простая зрительно-моторная реакция: выбор из двух альтернатив (1 бит информации).

2. Сложная зрительно-моторная реакция: множественный числовой выбор из четырех альтернатив (2 бита информации).

3. Сложная зрительно-моторная реакция: множественный числовой выбор из восьми альтернатив (3 бита информации).

4. Функциональная подвижность нервных процессов: применялся методический подход, основанный на использовании сложной реакции выбора с адаптивно изменяющимся темпом поступления сигналов (Н.В.Кольченко, С.И.Молдавская, В.А.Трошихин, 1979).

В табл. 1 представлены полученные экспериментальные данные.

Как видно из представленных данных, девушки оказались на 21,9 миллисекунд, или на 8,4 %, быстрее мужчин в простой ЗМР. В сложных реакциях выбора различия составили соответственно 11,5 и 12,5 % (все различия достоверны при вероятности случайных различий $p = 0,011 - 0,029$).

Таблица 1

Показатели латентного времени реакции и статистические критерии психомоторных тестов

| Показатели | Mean-м | Mean-д | p | St.De v-м | St.De v-д |
|-----------------|--------|--------|--------------|-----------|-----------|
| ЗМР-м – ЗМР-д | 283,2 | 261,3 | 0,011 | 32,0 | 21,3 |
| МЧВ-4м – МЧВ4-д | 469,2 | 420,6 | 0,029 | 86,9 | 50,2 |
| МЧВ-8м – МЧВ-8д | 498,0 | 442,8 | 0,026 | 93,8 | 61,6 |
| ФПНП-м – ФПНП-д | 74,9 | 71,9 | 0,465 | 9,0 | 17,1 |

Примечание: значимые показатели вероятности случайных различий p выделены цветом и подчеркиванием

Установлено, что даже у отечественной элиты легкоатлетов-спринтеров время простой зрительно-моторной реакции не было лучше 0,190 с. Диапазон показателей уровня МСМК – МС – КМС варьировал в пределах 0,200 – 0,250 с. Анализ базы данных измерения данного показателя у спортсменов, военнослужащих,

сотрудников правоохранительных органов подтверждает эти выводы (табл. 2). В используемом для измерения сенсомоторных реакций комплексе МПМ время лучше 0,150 с определяется как артефакт, связанный с «угадыванием» и не учитывается в расчете среднего значения из совокупности 32-х сигналов.

Таблица 2

Результаты психофизиологического обследования спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в спринтерском беге, и военных операторов [19]

| Психофизиологические показатели | Операторы, n = 108 | Портфельмены, n = 32 | Бегуны на 100 м, n = 10 | Бегуны на 400 м, n = 12 |
|---|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Простая зрительно-моторная реакция, мс | 66±5 | 27±4* | 09,4±3 | 30,9±3** |
| Сложная зрительно-моторная реакция, мс | 79±8 | 3±9* | 19,7±6 | 37,4±4 |
| Критическая частота различения световых мельканий, мс | 8,5±0,4 | 9,7±0,6 | 1,3±0,6 | 9,7±1,3 |
| Функциональная подвижность, к-во переработанных сигналов за 210 с | 67±4 | 49±10* | 54±4 | 41±4 |

Примечание: * – различие достоверно по сравнению с показателями у «операторов»; ** – различие достоверно по сравнению с бегунами на 100 м

Проведенный корреляционный анализ показал, что у мужчин достоверные значимые взаимосвязи выявлены между сложными реакциями выбора ($r_{x/y} = 0,90$), а у девушек между 2-битовой сложной реакцией с одной стороны и 3-х битовой сложной реакцией и функциональной подвижностью нервных процессов – с другой ($r_{x/y}$ соответственно составили 0,71 и -0,46). Последний коэффициент показывает, что чем быстрее 2-битовая сложная реакция выбора, тем выше подвижность нервных процессов. Видимо, значимая взаимосвязь между тестами МЧВ-4 и ФПНП проявилась потому, что второй тест является реакцией на выбор из 3-х альтернатив в адаптивном темпе, т.е. он ближе всего сопоставим с тестом МЧВ-4.

Графическая репрезентация результатов показывает, что взаимосвязь времени реакции от



количества информации имеет логарифмическую зависимость (рис. 2).

В заключение хотелось бы сделать некоторые предварительные выводы, так как экспериментальные исследования еще продолжаются.

Во-первых, преимущество девушек над мужчинами в скорости простой зрительно-моторной реакции, сложных реакциях выбора и функциональной подвижности нервных процессов требуется подтвердить на значительно большей выборке, в том числе с участием квалифицированных спортсменов.

По некоторым психомоторным тестам, например на тонкую двигательную координацию («Координация-3») на выборке около 900 человек, в том числе более 200 женщин, имеется небольшое превосходство у мужчин. По более когнитивным тестам, характеризующим особенности переработки информации и свойства внимания (ППНЧ, Избирательность внимания) результаты мужчин и женщин не имеют выраженных различий.

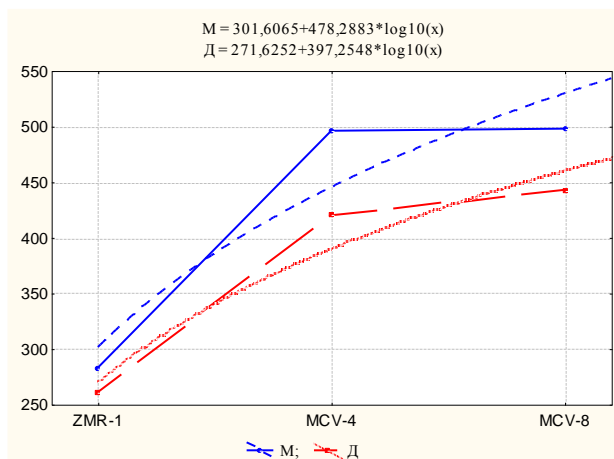


Рис. 2. Взаимосвязь времени реакции выбора от количества предъявляемой информации

Также вызывают некоторое смущение результаты корреляционного анализа между тестами: в некоторых случаях у мальчиков и девочек даже знак корреляций оказался разным!

Вполне возможно, что в условиях относительно ограниченной выборки в какую либо из подгрупп (мужчин или девушек) мог попасть испытуемый с резко отличающимися оценками (*outlier*, как их обозначают в англоязычной лит-ре).

Во-вторых, нами установлено, что динамика увеличения времени реакции в зависимости от количества предъявляемой

тестовой информации нелинейна, а имеет вид логарифмической кривой, что согласуется с результатами зарубежных исследователей, в т.ч. «законом В.Хика». Речь может идти лишь о применимости полученных взаимосвязей.

В спорте речь может идти об интеллектуальных компьютерных играх, набирающих популярность во всем мире. Ориентация участников таких игр, имеющих наибольшие шансы на победу, для целенаправленной подготовки к крупнейшим соревнованиям – вполне очевидна.

В таком же ракурсе может рассматриваться и проблема профессионального психофизиологического отбора специалистов-операторов для управления сложными техническими системами, в том числе и дистанционно.

Литература:

1. Основы профессионального психофизиологического отбора военных специалистов / Под ред. В.А.Пухова. – М.: Воениздат, 1981. – 428 с.
2. Зациорский В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В.М.Зациорский. – 3-е изд. – М.: Советский спорт, 2009. – 200 с.
3. Бернштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медгиз, 1947. – 254 с.
4. Бойко Е.И. Время реакции человека. – М.: Медицина, 1964. – 440 с.
5. Яковлев Н.Н. Очерки по биохимии спорта. – М.: Физкультура и спорт, 1955. – 264 с.
6. Яковлев Н.Н. Биохимия спорта. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 288 с.
7. Margaria R. Capacity and power of the energy processes in muscle activity: their practical reference in athletics // Int. Z. Angew. Physiol., 1968. – V.25. – P. 352–361.
8. Ceretelli P., Ambrozoli G. Limiting factors of anaerobic performance in man // Limiting factors of physical performance / Ed. J.Keul. – Stuttgart: J.thime, 1973. – P. 157–165.
9. Голлник Ф.Д., Германсен Л. Биохимическая адаптация к упражнениям: анаэробный метаболизм // Наука и спорт. – М.: Прогресс, 1982. – С. 14–59.
10. Волков Н.И. Биоэнергетические процессы при мышечной деятельности // Биохимия: Учеб. для ин-тов физ. культ. / Под ред. В.В.Меньшикова, Н.И.Волкова. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – С. 280–300.
11. Волков Н.И. Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов: Дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1990. – 101 с.



12. Туманян Г., Мартиросов Э. Телосложение и спорт. Серия: Наука спорту. – М. Физкультура и спорт, 1976. – 239 с.

13. Павлов И.П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. – М.: Наука, 1973. – 661 с.

14. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 201 с.

15. Зараковский Г.М., Павлов В.В. Закономерности функционирования эргатических систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.

16. Гусев А.Н., Уточкин И.С. Психологические измерения: Теория. Методы. – М.: Аспект Пресс, 2011. – 319 с.

17. Jensen A.R. Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences. – Amsterdam: Elsevier, 2006.

18. Сугоняев К.В. Аппаратно-программный комплекс «Мультипсихометр-03» как потенциальное средство стандартизации измерений в профессиональной психодиагностике // Двойные технологии: спецвыпуск. – 2000. – С. 12–14.

19. Экспериментальное исследование конституциональных свойств спортсменов с использованием аппаратных психофизиологических методов // Проблемы современной морфологии человека: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора Б.А. Никитюка (25-27 сентября 2013 года). – М.: РГУФКСМиТ, 2013. – С 168 – 170.

Информация об авторах:

Карасев А.В. - доктор педагогических наук, профессор, Военный университет МО РФ;

Николаева Ю.В. - кандидат педагогических наук, доцент, Военный университет МО РФ;

Сугоняев К.В. - кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Военный университет МО РФ; г. Москва

Поступила в редакцию 16.03.2016