

УДК 75.12

ББК 75.0

Н 71

О.Б. Немцев

Особенности управления максимально быстрыми точностными движениями с различной амплитудой

Аннотация:

В статье рассмотрены причины повышения точности максимально быстрых точностных движений с увеличением их амплитуды.

Ключевые слова:

Двигательный аппарат, строение человека, профессиональная деятельность, эффективная техника, скорость, двигательные действия, индивидуум, внешняя среда, практика спорта, защитные действия, быстрота противодействия.

Знания о типичных особенностях программирования и реализации движений с различными двигательными задачами, внешними условиями их выполнения могут во многом упростить решение задач формирования эффективной техники как традиционных, так и вновь возникающих видов спорта и профессиональной деятельности.

Строение двигательного аппарата человека (крепление мышц вблизи оси суставов, дающее выигрыш в скорости, но усложняющее реализацию заданных пространственных характеристик, вследствие увеличения варьирования амплитуды движения конца длинного плеча рычага) позволяет считать, что его филогенез проходил по пути обеспечения в первую очередь скорости, а уже затем – точности движений. Поэтому существует большой класс двигательных действий, основной задачей которых является принятие частью тела (чаще рукой) того или иного положения в пространстве, но имеющих подзадачу выполнить движение максимально быстро. Невыполнение скоростной подзадачи двигательного действия делает невозможной выполнение его точностной задачи вследствие противодействия других индивидуумов, меняющихся условий внешней среды и т.п. В таких условиях ЦНС вынуждена программировать в первую очередь высокую скорость движения и уже на этой высокой скорости пытаться достичь требуемого уровня точности, решение точностной задачи носит выражено вероятностный характер. Такие двигательные действия названы максимально быстрыми точностными.

Из практики спорта к подобным двигательным действиям можно отнести, например, укол фехтовальщика или удар боксёра. В этих двигательных действиях время движения зависит от быстроты противодействия соперника. Однако движения как нападения, так и защиты настолько быстры, что могут быть лишь предугаданы. Поэтому, например, боксёр выполняет удар максимально быстро, а решение пространственной задачи носит вероятностный характер. Более того, после продуцирования значительного импульса в направлении цели спортсмен вынужден перейти к защитным действиям, опять же предугадывая действия соперника. В этом случае импульс силы в направлении от цели начинает формироваться несколько позже импульса силы к цели, но задолго до окончания активности мышц, обслуживающих

движение к цели. Точность в движениях такого класса является точностью соотношения импульсов к цели и от цели. Кратковременность подобных движений позволяет говорить об их препрограммируемом характере и управлении в заключительных стадиях за счёт периферических механизмов управления. Особенности же достижения точности подобных движений изучены мало.

В связи с этим **целью** настоящего исследования являлось определение и обоснование динамики точности в максимально быстрых движениях с различной амплитудой.

В качестве исходного положения было принято утверждение, что точность максимально быстрого движения, имеющего длительность, исключающую возможность центральной коррекции во время его осуществления, является показателем сложности программирования и реализации такого движения. Предполагалось, что динамика точности при выполнении максимально быстрых движений позволит подтвердить или опровергнуть возрастание сложности двигательных действий такого класса с увеличением амплитуды.

Оборудование. Для решения поставленной задачи, в лаборатории биомеханики ИФК и дзюдо АГУ был изготовлен¹ прибор для регистрации времени движений с амплитудой 10, 20, 30 и 40 см (рис. 1). Устройство состоит из основания, на котором укреплены контакты 1, и соединено с персональным компьютером. Программное обеспечение позволяет фиксировать время касания каждого из контактов при проведении щупом 2 по основанию.

¹ Совместно с А.М. Дорониным, С.В. Поляковым, С.П. Мирошниченко.

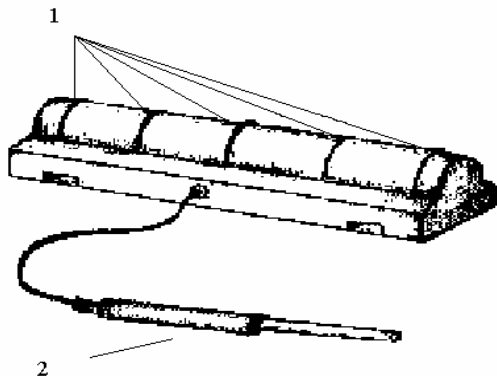


Рис. 1. Устройство для определения длительности движений с различной амплитудой

Испытуемые. В исследованиях принимал участие 31 испытуемый-мужчина.

Процедура тестирования. Испытуемому в положении сидя перед укрепленным вертикально устройством предлагалось выполнить движение вверх и вниз за минимальное время, проводя щупом по основанию. Испытуемый должен был выполнить поворот (от движения вверх к движению вниз) как можно ближе к заданному контакту, чем задавался точностный характер движения. Время от касания целевого контакта в прямом движении до его касания в обратном движении принималось за показатель ошибки¹. За показатель точности движений была принята величина, обратно пропорциональная ошибке ($T=1/O$, где T – точность, O – ошибка движения).

Каждый испытуемый выполнял по пять попыток движений с разворотом на контакте 10, 20, 30 и 40 см. Результаты попыток, в которых испытуемый не коснулся целевого контакта, не учитывались, что заранее объявлялось тестируемым. Положение стартового контакта не изменялось в движениях с различной амплитудой. При завершении движения испытуемый мог не останавливаться на стартовом контакте, т.е. двигательное действие содержало только одну точностную задачу.

Половина испытуемых выполняла движения сначала на 10, затем 20, 30 и 40 см, другая половина – в обратной последовательности, что позволило избежать влияния возможного тренда на результаты исследования.

Обработка результатов. Результаты измерений, накапливаемые в текстовом файле, группировались при помощи системы управления базами данных Microsoft Access 97, затем обрабатывались в Excel 97. Для определения достоверности различий выборочных данных использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), вычисление коэффициентов уравнения зависимости точности от амплитуды максимально быстрых движений производилось при помощи регрессионного анализа.

Результаты. Полученные результаты показывают прямо пропорциональную зависимость между точностью и

¹ Рассматриваемый временной интервал лишь косвенно характеризует пространственную ошибку, но в предварительном исследовании была выявлена сильная статистическая зависимость ($r=0,87$) между указанным временным интервалом и пространственной ошибкой движения – разницей между заданной и реальной координатой разворота.

амплитудой максимально быстрых движений (рис. 2). Различия средних показателей точности максимально быстрых точностных движений достоверны ($p<0,05$).

Показанная на рисунке зависимость точности от амплитуды максимально быстрых движений достаточно хорошо (ошибка по исследуемому спектру амплитуд не превышает 1,5%) описывается уравнением:

$$y=0,13081x+11,564,$$

где y – точность в 1/с, а x – амплитуда движения в см.

Интересно отметить, что большая точность проявлялась, несмотря на более высокую скорость в движениях с большей амплитудой (рис. 2), когда при одинаковой ошибке, например, во времени начала приложения усилий в направлении от цели, пространственная ошибка (и соответствующее ей время) должна была бы быть больше.

Обсуждение результатов. Что же предопределяет повышение точности в движениях с увеличением амплитуды? Для ответа на этот вопрос рассмотрим схему управления максимально быстрым точностным движением с изменением направления.

Длительность движения к цели в максимально быстрых точностных движениях с амплитудой до 40 см исключает возможность их управления на основе обратной связи (рис. 3). Для осуществления разворота в заданной точке ЦНС должна своевременно подать сигнал группе мышц, обслуживающих движение к цели, а затем – от цели. Эти сигналы есть не что иное, как две элементарные программы, интегрированные в общую программу максимально быстрого точностного движения. От степени последовательности актуализации этих программ зависит соотношение импульсов сил, ускоряющих рабочее звено к цели и от цели, а значит, и точность движения. Однако интервал между актуализацией этих двух элементарных программ близок к порогу различения. С увеличением амплитуды максимально быстрого точностного движения увеличивается его время. Увеличивается и интервал между началом двух элементарных двигательных программ (увеличивается степень последовательности их актуализации), что приводит к лучшей его различаемости и, как следствие, к повышению точности движения.

Отметим, что полученная зависимость точности от амплитуды движений прямо противоположна полученной Р. Шмидтом с соавторами². Обнаруженное противоречие является следствием различий двигательных задач исследовавшихся движений. Так в исследовании Р. Шмидта двигательная задача состояла из двух точностных подзадач: 1) выполнить движение точно по пространственным характеристикам; 2) выполнить движение с различной амплитудой за одинаковое время.

В подобной ситуации представляется необходимой хотя бы первичная классификация точностных движений в зависимости от их биомеханических особенностей. Критерием для подобной классификации может служить специфика взаимодействия с внешней средой.

Приведенные данные показывают, что особенности управления движениями человеком обуславливают

² Motor-output variability: A theory for the accuracy of rapid motor acts / Schmidt R.A. [et. al.] // Psychological Review. – 1979. – V. 86. – P. 415-451.

принципиально иные, нежели в неживых системах, зависимости между механическими характеристиками движения и его точностью. Вообще рассмотрение точности, как характеристики близости результата движения к заданному, корректно лишь в движениях живых систем или управляемых живыми системами. У неживых систем нет цели, нет двигательной задачи, поэтому не может быть и точности их движений, как и

других видов активности.

При приближении длительности движения к пределам способности системы различать интервалы между подачей управляющих импульсов любое увеличение времени движения ведёт к повышению точности. В случае с увеличением амплитуды максимально быстрых движений фактор времени оказывается более значимым, чем скорость.

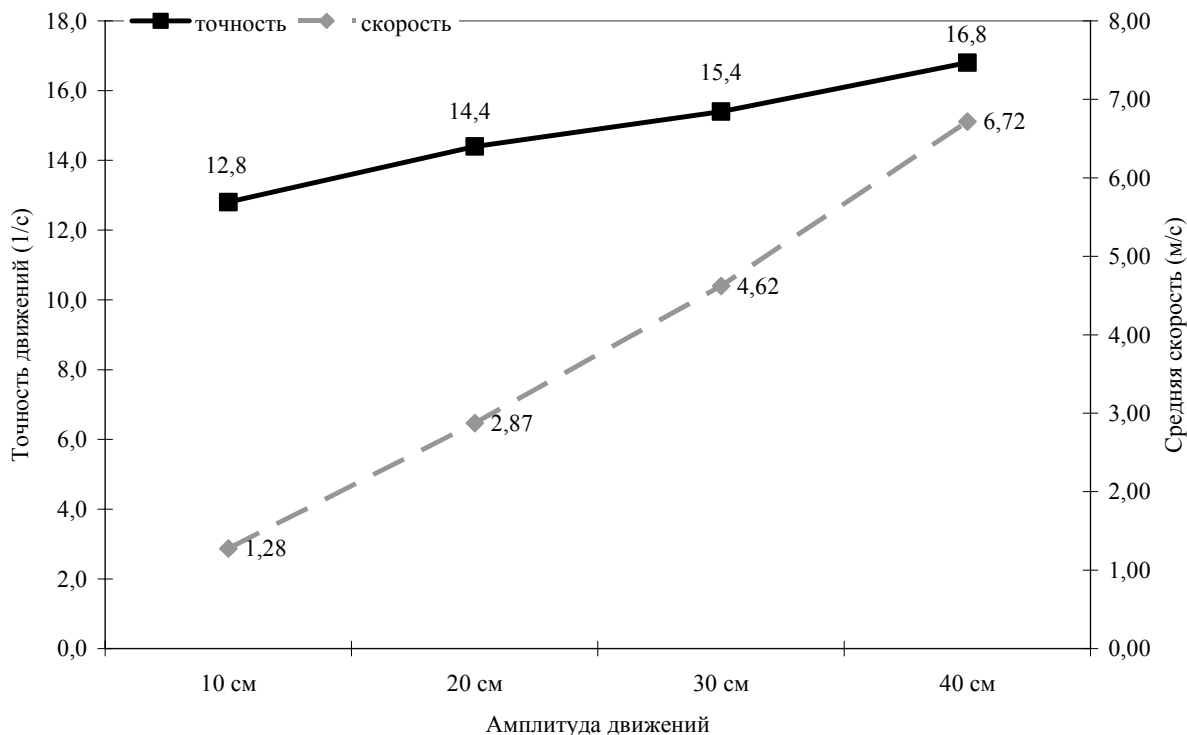


Рис. 2. Динамика точности и средней скорости максимально быстрых точностных движений с возрастанием амплитуды

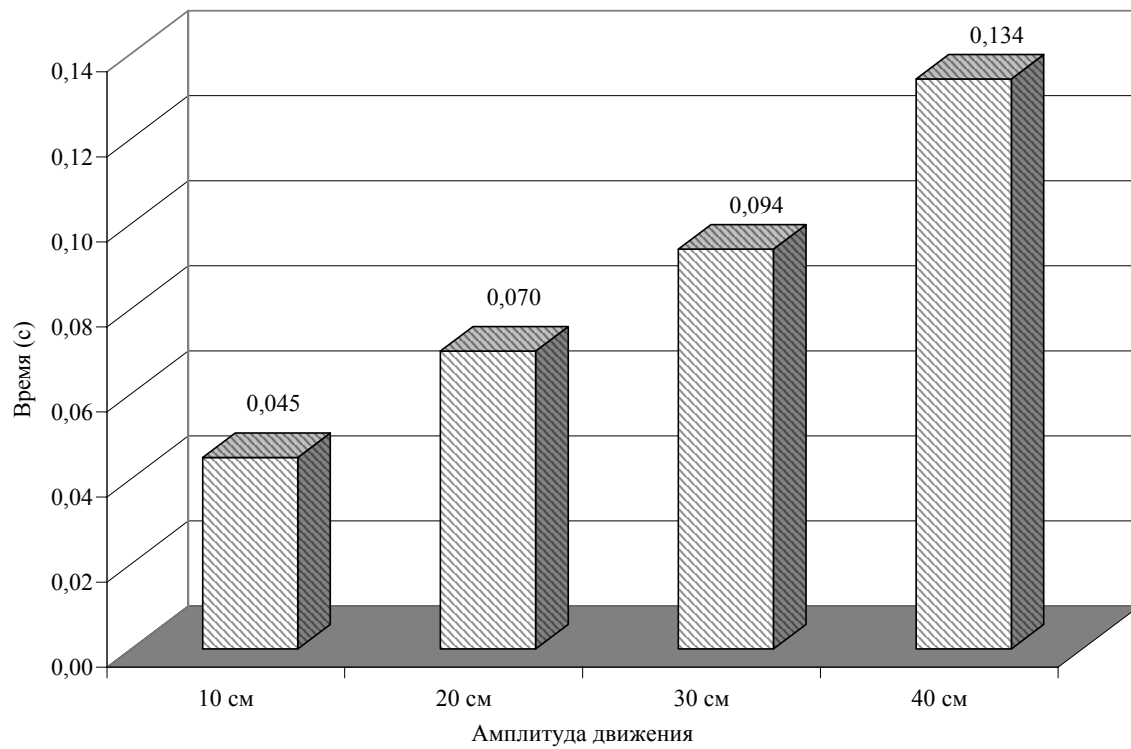


Рис. 3. Время движения к цели в максимально быстрых точностных движениях с различной амплитудой