

**К. Г. СЕЛИВАНОВА**, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ МОТОРИКИ РУК С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНШЕТА**

В работе предложена методика оценки тонкой моторики рук с помощью выполнения ряда последовательных тестов на графическом планшете беспроводным пером. Это представляет собой дополнительный диагностический критерий определения на ранних стадиях таких двигательных расстройств, как тремор, профессиональные дискинезии, писчий спазм.

**Ключевые слова:** тонкая моторика, графический планшет, беспроводное перо.

### **Введение**

Под моторикой следует понимать последовательность движений, которые необходимы для выполнения какой-либо определённой задачи. Различают крупную и мелкую моторику, а также моторику отдельных органов. Освоение навыков мелкой моторики требует развития более мелких мышц, чем для крупной моторики [2].

В медицинской практике часто встречаются функциональные расстройства различной этиологии, которые влекут за собой сбои в работе двигательных систем человека, проявляющихся зачастую на начальных стадиях в виде нарушений тонкой моторики рук. Для анализа дрожаний используются различные методики, такие как: акселерометрия – определение частоты и амплитуды дрожательных форм [4]; поверхностная электромиография (ЭМГ) – метод регистрации и изучения биопотенциалов мышц в покое и при их активации путем отведения биоэлектрической активности поверхностными электродами на коже над двигательной точкой мышцы; игольчатая ЭМГ – регистрация биоэлектрической активности двигательных волокон и двигательных единиц мышцы с помощью игольчатых электродов при их введении, в покое, и при произвольной активации мышц; стимуляционная ЭМГ – исследование биоэлектрической активности мышц и периферических нервов, вызванной активацией нерва электрическим стимулом или рецепторного аппарата механическим стимулом [7]; использование графического цифрового планшета для оценки дрожаний во время письма и компьютерной программы для исследования тонкой моторики рук [4].

### **Анализ литературы**

Анализ литературных данных состояния моторной сферы человека показал, что вопрос о нарушениях моторных функций, является очень важным и освещен недостаточно полно. Сведения, полученные в ходе обзора специальной литературы [1-3], свидетельствуют о том, что выполнение графических движений обеспечивается интегральной (совместной) деятельностью различных мозговых структур, и нарушение этой деятельности может быть основой нарушения движений, трудностей их формирования и контроля. Это послужило базой для внедрения в разработку компьютерной программы тестирования с помощью графического планшета. Однако, по опыту специалистов в области данной патологии [5, 6] дока-

зано, что одним из важных показателей нарушения моторного развития является тонко координированность движений пальцев кистей рук, что и представляет собой предмет исследования.

В ходе испытаний был проанализирован теоретический материал [8-10] по данной тематике, что стало основой разработки наиболее эффективных и оптимальных методов исследования мелкой моторики в динамике.

### **Цель и постановка задач исследования**

Целью работы является исследование индивидуальных особенностей тонкой моторики рук испытуемых с помощью разработанного программного средства при выполнении ряда последовательных тестов в виде рисования линейных прямых на цифровом графическом планшете беспроводным пером.

Для достижения поставленной цели, необходимо проанализировать теоретические аспекты проблемы развития тонкой моторики в работах специалистов; разработать методику тестирования испытуемых и внедрить ее в виде автоматизированной компьютерной программы с применением цифрового графического планшета; провести оценку особенностей мелкой моторики с помощью разработанного программного средства; определить закономерности в виде значимых критериев условной нормы.

### **Материалы и методы исследования**

Материалом для проведения эксперимента послужили исследования Рубинштейна С. Я. [9], Кольцовой М. М. [6], Рожковой Л. А. [8] в области психомоторики и анализа моторных функций детей и взрослых. Методика тестирования испытуемых разрабатывалась на базе систем оценивания специалистов по исследованию тонкой моторики, таких как Озерецкий Н. И. [5] и Большакова С. Е. [3].

Экспериментальное исследование проводилось на базе внедрения тестирования в лабораторный практикум среди учащихся 4 и 5 курсов университета. В эксперименте приняли участие 34 условно здоровых человека (15 женщин и 19 мужчин) в возрасте 20-23 лет, из них у 33 – правши и 1 левша.

Исследование по выявлению особенностей мелкой моторики рук и тонических движений проводилось как провокационная проба перед письмом и после него, представляя собой доклинические испытания.

Техническим оснащением послужило использование цифрового графического планшета Wacom Bamboo One CTF-430/S-Ru (см. рис. 1).

Данный планшет служит как удобное устройство ввода данных в ПК с максимальной простотой работы и широкой функциональностью для исследования тонкой моторики рук при выполнении беспроводным пером ряда последовательных тестов в виде различного рода линейных задач. Планшет Wacom Bamboo One формата А6 (4:3) имеет 512 уровней чувствительности к нажатию, разрешающая способность его составляет 1040 линий на дюйм, точность  $\pm 0.5$  мм, рабочая область – 127.6 x 92.8 мм, скорость передачи данных 100 точек в секунду; подключение к ПК – через интерфейс USB. Перо – естественный инструмент для человеческой руки, поэтому навигация и работа на ПК с пером удобна и точна.



Рис. 1 – Изображение цифрового графического планшета Wacom Bamboo One CTF-430 с беспроводным пером

В процессе клинического испытания использовались следующие методы: опрос испытуемых на наличие жалоб, наблюдение, разработанная методика тестирования с помощью графического планшета.

Опрос испытуемых проводился в форме записи жалоб на возможные причины возникновения дрожаний, такие как стресс, нарушения сна, длительный прием лекарственных средств, алкогольное и наркотическое опьянение, регулярные физические и психо-эмоциональные нагрузки на организм, переломы костей рук, наблюдение у врача.

Наблюдение за учащимися осуществлялось за тем, как выполнялось задание, при этом регистрировалась скорость и время выполнения теста, сила давления на беспроводное перо.

Тестирование включало в себя выполнение 20 шаблонов заданий – рисование прямых линий различной длины и пространственной ориентации (см. рис. 2). Заданные прямые являются графиком линейной функции (1), которая имеет вид:

$$y = ax + b, \quad (1)$$

где  $x$  – независимая переменная,  $y$  – зависимая переменная,  $a$  – угловой коэффициент,  $b$  – величина сдвига прямой.

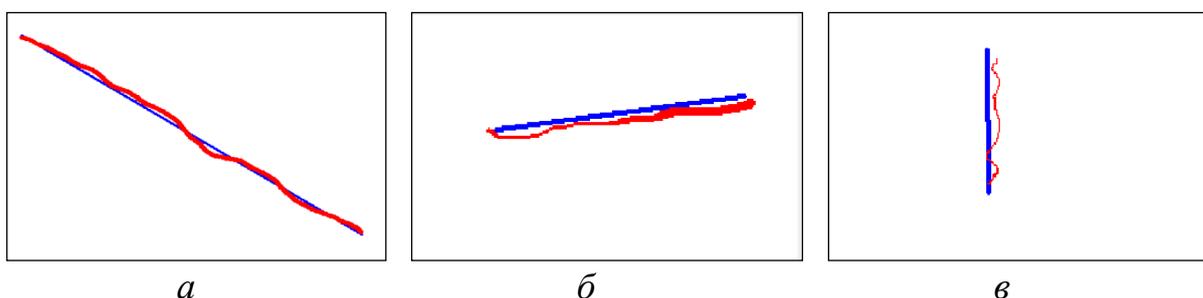


Рис. 2 – Пример рисования линий различной длины и пространственной ориентации:  $a$  – 1-ым;  $б$  – 2-ым;  $в$  – 3-им испытуемыми во время тестирования беспроводным пером на графическом планшете

При этом фиксировалась заданная и экспериментальная длина линий; проводился автоматизированный подсчет отклонений от исходного значения; регистрировалась сила нажима беспроводного пера на графический планшет при

рисовании линий; строились графики отклонения координат  $x$  (2) и  $y$  (3) заданных линий при проведении тестирования.

$$X = \frac{x \cdot Width}{w} \quad (2);$$

$$Y = Height - \frac{y \cdot Height}{h} \quad (3);$$

где  $x$ ,  $y$  – координаты пера в координатах устройства Bamboo;

$w$ ,  $h$  – количество точек по горизонтали и вертикали в Bamboo;

$X$ ,  $Y$  – координаты пера в координатах устройства отображения;

$Width$  – ширина рабочего экрана планшета;

$Height$  – высота рабочей области экрана планшета.

При регистрации силы давления на беспроводное перо, изменялась толщина линий в зависимости от нажима:

$$LineWidth = 1 + \frac{pressure}{100} \quad (4);$$

где  $LineWidth$  – толщина линии, а  $pressure$  – давление из устройства.

Выполнение заданий с помощью графического планшета представляет собой сложный координированный процесс, как и акт письма, потому что включает ряд факторов: общий тонический фон пишущей руки и всей рабочей позы, вибрационную иннервацию мышц предплечья, запястья и пальцев, которая очень ритмична и монотонна; осуществление округлости движения и его временного ритмического узора; реализация начертательной стороны рисования линий [2].

#### **Анализ результатов исследования**

Для изучения индивидуальных особенностей тонкой моторики рук была разработана система объективного оценивания результатов тестирования по шести критериям (характер, длина, форма, наклон, отклонение и правильность последовательного рисования линий), при этом регистрировалось время выполнения заданий.

Экспериментально-практическое исследование моторной сферы проводилось в течение учебного года во время лабораторного практикума. Каждый человек проходил испытание индивидуально в абсолютно одинаковых условиях тестирования, предложенные графические задания выполнялись самостоятельно и технически правильно. Все полученные результаты опытов сравнивались между собой для установления достоверности данных и контроля показателей нормы, при этом учитывался опрос испытуемых, так как 12 человек жаловались на различные сбои моторной сферы в силу своей деятельности, что было подтверждено экспериментом.

На рисунке 3 показаны полученные данные тестирования в виде графиков на примере трех участников эксперимента. Графическое отображение позволяет наглядно представить результаты исследования, выделить закономерности в динамике.

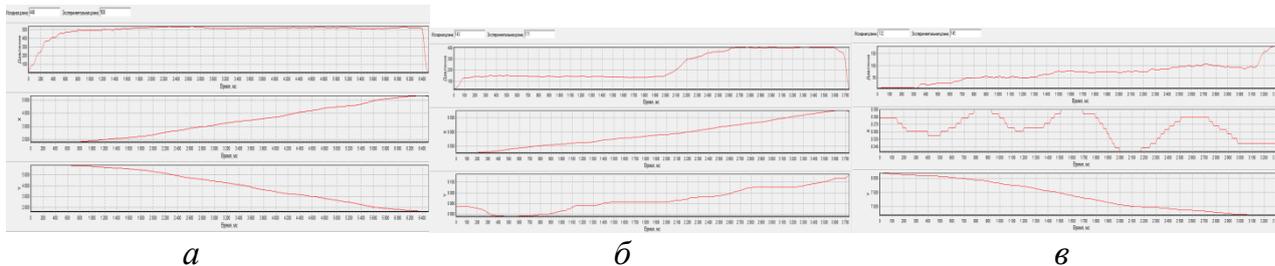


Рис. 3 – Пример графического отображения результатов тестирования:  
*а* – 1-ым; *б* – 2-ым; *в* – 3-им испытуемыми

У первого испытуемого (см. рис. 2 *а*, рис. 3 *а*) при опросе, наблюдении и тестировании не было обнаружено нарушений моторной сферы, а результаты опыта это подтвердили. Как видно из рис. 2 *а*, задание выполнено правильно, характер, наклон, форма экспериментальной линии соответствует исходной, сила нажима пером находится в пределах нормы. Так как участник эксперимента максимально точно пытался повторить линию беспроводным пером, то было потрачено на выполнение этого задания 64 с, что является незначительно больше предельно допустимого потраченного времени – 60 с, то есть не более минуты, иначе это будет свидетельствовать о замедленном темпе движений пальцев рук и концентрации внимания. Из результатов тестирования (см. рис. 3 *а*) на первом графике показано изменение силы давления из устройства: сначала эта величина постепенно увеличивалась, а затем оставалась на определенном уровне на протяжении всего времени выполнения задания, то есть не изменялась. Это является показателем нормы силы давления беспроводным пером на графический планшет. На втором и третьем графике показаны результаты отклонения координат точек *x* и *y* экспериментальной прямой (длина ее составляет 500 пикселей) от исходной (448 пикселей). Отклонение *x* постепенно возрастает, а *y* – монотонно убывает, разница длины экспериментальной прямой от заданной составляет 52 пикселя, что тоже представляет собой критерий предельной нормы.

Второй испытуемый (см. рис. 2 *б*, рис. 3 *б*) регулярно испытывает физические нагрузки, что на выполнении задания сказывалось более сильным нажимом пера, не совсем точным повторением заданной прямой, напряженностью пальцев кисти руки. Из результатов опыта (см. рис. 3 *б*) видно, что сила давления и з устройства не постоянная при выполнении задания: сначала очень низкая, а затем возросла. Длительность выполнения задания составляет 37 с, что входит в норму. Отклонение координат точек экспериментальной (171 пиксел) линии от исходной (143 пикселя) возрастает, а разница длин прямых составляет 28, что не представляет собой патологическое изменение.

У третьего испытуемого (см. рис. 2 *в*, рис. 3 *в*) при опросе оказалась жалоба на постоянную монотонность тонких движений пальцев кистей рук в силу своей профессиональной деятельности, то есть количество выполнения тонких движений за день значительно превышает, чем у остальных людей. При выполнении задания наблюдался слабый нажим пера, неточность повторения прямой, отмечается напряжение пальцев при удержании пера. При обработке данных исследования третьего участника эксперимента, было установлено, что давление из графического планшета очень низкое, отклонение координат точек прямых имело скачкооб-

разный характер, но разница длин линий (145-132=13) и время выполнения теста (33 с) находиться в норме.

Уровень развития мелкой моторики первого испытуемого высокий, а у второго и третьего – достаточный (средний). Аналогично было проанализировано все данные испытания, а результаты исследования уровня развития мелкой моторики у людей, участвующих в эксперименте, приведены в таблице.

Таблица – Уровень развития мелкой моторики испытуемых

Всего испытуемых	Уровни развития моторики					
	высокий		средний		низкий	
	кол-во испытуемых	%	кол-во испытуемых	%	кол-во испытуемых	%
34	22	64,71	12	35,29	0	0

Анализ результатов методики тестирования показал, что все испытуемые имеют высокий и достаточный уровень развития мелкой моторики рук без проявлений каких-либо серьезных двигательных нарушений. Об этом свидетельствует характер и наклон линий, сила нажима пером, форма и размеры выполняемых элементов заданий, отклонение от заданных значений незначительное (в пределах нормы).

### Выводы

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что разработанная методика тестирования и оценки индивидуальных особенностей тонкой моторики с помощью графического планшета, позволяет контролировать показатели условной нормы в динамике. Методика является не инвазивной и легко реализуемой с помощью стандартных графических планшетов высокого разрешения. Перспективой работы является применение методов статистической обработки полученных результатов для подтверждения достоверности данных и возможности дальнейшего установления и диагностирования патологических процессов.

**Список литературы:** 1. *Архипова Е. Ф.* Коррекционно-логопедическая работа по преодолению стертой дизартрии у детей. / *Е. Ф. Архипова.* – М.: АСТ: Астремь, 2008, - 254 с. 2. *Бернштейн В. И.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. / *В. И. Бернштейн.* – М.: Медгиз, 1966, - 384с. 3. *Большакова С. Е.* Формирование мелкой моторики рук: Игры и упражнения. / *С. Е. Большакова.* – М: ТЦ Сфера, 2008, - 280 с. 4. *Голубев В. Л., Магомедова Р. К.* Спектральный анализ variability частотно-амплитудных характеристик дрожания при эссенциальном треморе и дрожательных форм болезни Паркинсона / *В. Л. Голубев, Р. К. Магомедова* // Журнал неврологии и психиатрии, №1, 2006, с. 43-48. 5. *Озерецкий Н.И.* Методика исследования психомоторики / *Н.И. Озерецкий.* - М. - Л.: Госмедиздат, - 1930. 6. *Кольцова М. М.* Двигательная активность и развитие функций мозга ребенка./ *М. М. Кольцова.* – М., 1973, –193 с. 7. *Команцев В. Н.* Методические основы клинической электроэнцефалографии: руководство для врачей. / *В. Н. Команцев.* – С.-Петербург, 2006, - 175с. 8. *Рожкова Л. А., Перслени Л. И.* Нейрофизиологические критерии оценки уровня развития механизмов когнитивной деятельности у детей в аспекте проблем дифференциальной диагностики./ *Л. А. Рожкова, Л. И. Перслени.* // Дефектология. - 2001. – №4. - С. 3-11. 9. *Рубинштейн С. Я.* Экспериментальные методики патопсихологии. / *С. Я. Рубинштейн.* – М.: ЭКСМО – ПРЕСС, 1999, – 414 с. 10. *Цветкова Л. С.* Нейропсихология счета, письма, чтения: нарушение и восстановление./ *Л. С. Цветкова.* – М.: Юристь, 1997. – 256 с.

Надійшла до редколегії 27.02.2013

УДК 615.47

**Экспериментальное исследование тонкой моторики рук с помощью цифрового графического планшета/ К. Г. Селиванова** // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПИ», – 2013. - № 18 (991). – С. 137-143. – Бібліогр.: 10 назв.

У роботі запропонована методика оцінки тонкої моторики рук за допомогою виконання ряду послідовних тестів на графічному планшеті бездротовим пером. Це представляє собою додатковий діагностичний критерій визначення на ранніх стадіях таких рухових розладів, як тремор, професійні дискінезії, писальний спазм.

**Ключові слова:** тонка моторика, графічний планшет, бездротове перо.

The paper presents the method of estimating the fine hand movements by executing a series of successive tests on the graphics tablet cordless pen. This represents an additional diagnostic criterion for determining the early stages of movement disorders, tremor, dyskinesia professional, writer's cramp.

**Keywords:** fine motor skills, graphics tablet, pen device.

УДК 615.471

**А. В. КИПЕНСКИЙ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;

**В. В. КУЛИЧЕНКО**, асистент, НТУ «ХПИ»;

**Р. С. ТОМАШЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, старш. преп., НТУ «ХПИ»;

**Е. Ю. ДЕМИДОВА**, студентка, НТУ «ХПИ»

## **АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

В статье представлен анализ динамической погрешности измерения средней частоты сердечных сокращений по методу "скользящего среднего". Основное внимание уделяется возможным решениям для уменьшения динамической погрешности при измерении среднего значения частоты сердечных сокращений.

**Ключевые слова:** скользящее среднее, динамическая погрешность, частота сердечных сокращений

Частота сердечных сокращений (ЧСС), как один из важнейших физиологических показателей человека, может быть измерена разными вариантами: текущее значение (определенное в течение одного периода сердечных сокращений) и среднее значение (определенное в течение некоторого временного интервала). И в зависимости от конкретного случая измеряется то или иное значение. Введем понятие мониторинга, который представляет собой процесс слежения, позволяющий в реальном времени наблюдать за основными параметрами работы сердечнососудистой и дыхательной систем человека (таких как частота сердечных сокращений и частота дыхания (ЧД)), выявлять отклонения в деятельности данных систем и сигнализировать о критической ситуации.

Также измерение частоты сердечных сокращений необходимо и в диагностике, которая представляет собой процесс установления диагноза, то есть заключения о сущности болезни и состоянии пациента, выраженное в принятой медицинской терминологии.

© А. В. Кипенский, В. В. Куличенко, Р. С. Томашевский, Е. Ю. Демидова, 2013