

E. Yu. Belova

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

CHANGE OF TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE BIOTECHNICAL SYSTEM «TIBIA BONE-TRKH PLATE-SCREWS» AFTER INSTALLATION FIXATORS FOR PLATE OSTEOSYNTHESIS

Study of change of temperature distribution in a biotechnical system «tibia bone-TRKh plate-screws» after installation fixators and wound closure was conducted in the article. Mathematical formulation of the boundary value problem that determines the temperature distribution in the biotechnical system "tibia bone-TRKh plate-screws" are formulated, and a 3D-computer finite element model of this biotechnical system is created. Temperature distribution in case convective heat transfer between an area on a surface of a bone and air flowing around it is used as the initial temperature of the tibia bone. Initial temperature of fixators is equal to 21 °C. Temperature distribution in the biotechnical system is obtained to 10 different values of time – from 2.5 to 25 minutes in increments of 2.5 minutes. Uniform temperature distribution is occurred in the biotechnical system after 20 minutes. Temperature tends to 37 °C.

Tibia bone, diaphysis, segmental fracture, plate osteosynthesis, tomographic image, computer simulation, convective heat transfer, thermal conductivity, finite element method, SolidWorks Simulation

УДК 57.084.1

Г. С. Илюшов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Биотехническая система исследования зрительных стимулов, используемых для измерения параметров реакции испытуемых

Представлена разработанная методика оценки зрительных стимулов для измерения параметров реакции испытуемых на их предъявление. В ходе исследования были разработаны: аппаратно-программный комплекс тестирования наборов стимулов и групп испытуемых; методика предъявления стимулов, набор экспериментальных стимулов, форма хранения результатов тестирования и проведены контрольные эксперименты в основной и контрольной группах испытуемых. Сформулированы основные требования к условиям проведения экспериментов и основные пространственные характеристики процесса тестирования. Установлен факт изменения времени реакции в зависимости от сложности стимула и логической задачи, поставленной перед испытуемыми. Проведенные эксперименты показали хорошую повторяемость результатов и удовлетворительную различимость дифференцирования испытуемых и пакетов стимулов, которые подвергались исследованию. В ходе экспериментов были получены интересные результаты в виде «резонансных серий откликов» для простых стимулов и переполнений «оперативной памяти» испытуемых при повышенных нагрузках на испытуемых.

Зрительные стимулы, время реакции испытуемого, среднее время реакции, пропуск искомого стимула, ложное срабатывание

В настоящее время недостаточно хорошо отработана методика выбора стимулов для измерения параметров времени реакции испытуемых. Отсутствуют экспериментально подтвержденные методики создания условий и порядка их предъявления.

Исследователю при изучении реакции испытуемых на предъявление различных зрительных

стимулов требуется знать насколько отличаются те или иные стимулы, используемые при исследовании. Сложность задания на обнаружение стимула, геометрические параметры и условия предъявления необходимо исследовать и сформулировать на языке технических терминов, понятном исследователю.

Исследователю при проведении изучения реакции испытуемых на предъявление заданных стимулов требуется помощь в выборе и формировании набора зрительных стимулов, отвечающих задачам конкретного эксперимента.

Для этого предлагается создание биотехнической системы оценки и исследования наборов зрительных стимулов и основных параметров их предъявления (БТС ИС), которая поможет повысить качество и эффективность исследования параметров реакции испытуемого.

При разработке БТС ИС используется экспериментальная оценка значимости критериев, определяющих выбор зрительных стимулов, их параметров, порядка и скорости их предъявления.

Оценка геометрических параметров и структуры зрительных стимулов. В настоящее время существуют экспериментально подтвержденные ограничения основных геометрических параметров и элементов структуры зрительных стимулов [1]. В рамках этих ограничений следует дать ранжированную оценку каждого из параметров, влияющих на результат распознавания и идентификацию искомого стимула.

Через зрительный анализатор (ЗА) человек получает более 80 % всей необходимой для деятельности информации. Основные показатели ЗА выражаются в следующем виде:

1) энергетические показатели – диапазон воспринимаемых яркостей, контраст, цветоощущение, слепящая яркость;

2) пространственные показатели – острота зрения, поле зрения, объем восприятия;

3) временные показатели – латентный период реакции, минимальная длительность стимула, необходимая для возникновения зрительного ощущения, критическая частота мельканий, время адаптации.

Минимальные допустимые размеры элементов изображения, предъявляемого испытуемому, должны быть на уровне оперативного порога, т. е. не менее 15' для простых предметов и 30...40' для сложных предметов. Последняя величина используется в качестве рекомендованного размера отдельных знаков и элементов изображения. При этом следует иметь в виду, что при малых освещенностях острота зрения сильно понижается, так при 0.01...0.02 лк она составляет 0.05...0.1, т. е. приближается к предельному значению даже для крупных предметов [2].

Предварительное тестирование показало, что наиболее комфортное расстояние до плоскости монитора у всех испытуемых, принимавших участие в эксперименте лежит в пределах 40...60 см (здесь и далее все размеры стимулов приведены в сантиметрах). В процессе тестирования при смене позы, вследствие усталости, колебания расстояния лежали в этих пределах. При выборе элементов стимулов были взяты за основу эти цифры.

Линейные размеры простых элементов были рассчитаны из условия превышения порога 15'. Пороги составили от 0.175 см для расстояния 40 см до 0.26 см – для 60 см соответственно. Для сложного стимула пороги (при условии соблюдения требования 30...40') составили 0.35 – для 40 см и 0.52 – для 60 см соответственно.

В поле зрения различают зону центрального видения (4...7°), зону ясного видения (40...70°) и зону периферического зрения (до 150...180°). В зоне центрального видения происходит четкое опознание предмета со всеми его признаками; в зоне ясного видения – предметы распознаются по его основным признакам, а в зоне периферического видения предметы только обнаруживаются. Поле бинокулярного зрения является производным полей зрения обоих глаз. Оно состоит из участка, видимого двумя глазами одновременно (в центре), и участков в периферической области, входящих в поле зрения только одного из глаз. Область перекрытия (55...60°) полей является областью наиболее ясного видения. Размер поля зрения зависит от функционального состояния анализатора и индивидуальных особенностей человека. Рабочая зрительная зона близка по размерам к участку бинокулярного поля зрения; надежное обнаружение стимула осуществляется в более узких (примерно в 2 раза) границах. При снижении освещенности менее 50 лк поле зрения значительно суживается, при этом существенное значение имеет равномерность его освещения.

С учетом угловых размеров зоны ясного видения полный стимул не должен превышать при расстоянии 40 см – 21.4 см, а для 60 см – 32.5 см соответственно. Требование непревышения порога позволило выбрать размеры всего стимула в виде прямоугольника со сторонами 12.5 см по вертикали, 16.5 см по горизонтали, что хорошо согласуется с пропорциями монитора 16 × 9.

Размер элемента стимула в виде прямоугольника – 4 см по вертикали, 5.5 см по горизонтали.

Внутри прямоугольника удастся свободно размещать три цифры или буквы с размерами 2.1 см по вертикали, 1.5 см по горизонтали. Это

соответствует стандартному шрифту Arial 90 (жирный). Испытуемые не испытывали затруднений при прочтении символов.

Временные показатели. Важнейшими параметрами восприятия человека, определяющими характеристики устройств отображения являются: временной порог (минимальная длительность воздействия, необходимая для возникновения ощущения); латентный период (промежуток времени от момента подачи воздействия до момента возникновения ощущения); критическая частота мельканий (КЧМ) (минимальная частота проблесков, при которой возникает их слитное восприятие).

Временной порог зависит от условий зрения и функционального состояния ЗА и изменяется от 0.001 до 0.1 с. Латентный период в среднем составляет 160...240 мс, зависит от условий зрения, его значимости для человека, сложности работы, возраста человека и его индивидуальных особенностей.

Время предъявления стимула ступенчато изменялось в пределах от 1000 до 100 мс с шагом в 100 мс. На каждой из ступеней были показаны серии из 100 стимулов. Такие временные параметры обеспечивают на каждой ступени организацию предъявления искомых стимулов в количестве не менее 10 раз среди других.

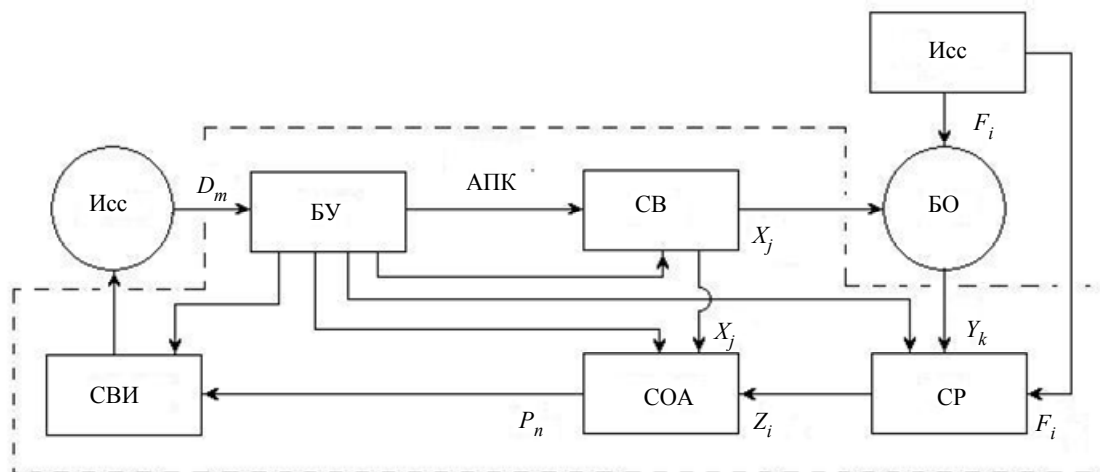
Структура исследовательской биотехнической системы. Структура исследовательской БТС включает в себя аппаратно-программный комплекс (АПК), объект исследования (БО) и исследователя (Исс). Структура исследовательской БТС представлена на рис. 1, где приняты следующие сокращения: Исс – исследователь; БУ – блок управления; СВ – средства воздействия; БО – биообъект; СР – средства регистрации; СОА – средство обработки и анализа; СВИ – средство визуализации информации; АПК – аппаратно-программный комплекс.

В процессе первоначального накопления сведений о параметрах БО в составе АПК использовано следующее инструментальное обеспечение: портативный компьютер с процессором Intel Core I5 2.4 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 100 Гб свободного пространства на HDD; видеокарточка с двумя независимыми выходами для подключения двух мониторов – исследователя и испытуемого; манипулятор «мышь» для испытуемого.

Программа разработана в среде Delphi XE7. Она состоит из двух модулей – программы показа и программы предварительной обработки результатов теста.

Программа показа. Программа показа представляет собой экранную форму, на которой размещены два таймера: таймер отсчета начала показа; таймер прерывания нажатия левой кнопки мыши. Также на ней размещены все стимулы, которые будут предъявляться в ходе тестирования. Перед запуском программы всем стимулам присвоено свойство – «видимость – ложь».

При запуске включается таймер показа, происходит генерация случайного числа выбора номера стимула, стимулу с соответствующим номером присваивается свойство – «видимость – правда», по истечении заданного интервала, стимулу присваивается свойство – «видимость – ложь». Временная отметка записывается в открытый текстовый массив времен показа. В течение временного интервала показа осуществляется проверка прерывания от нажатия на левую кнопку мыши. При наступлении такого события осуществляется запись времени нажатия в открытый текстовый массив времен нажатия. Номер текущего стимула записывается в открытый текстовый массив номеров текущих стимулов.



Puc. 1

По завершении интервала показа действия повторяются для следующего случайного стимула. Для исключения показа одинаковых стимулов номер стимула проверяется на дублирование. Одинаковые номера, следующие друг за другом, пропускаются без регистрации результата и показа. Время предъявления стимула ступенчато изменялось в пределах от 1000 до 100 мс с шагом 100 мс. На каждой из ступеней были показаны серии из 100 стимулов. Возможен показ стимулов в заданном порядке и при заданном чередовании интервалов показа.

По завершении серии показов в памяти формируются три текстовых файла: времен показа, номеров стимулов, времен нажатия кнопки мыши. Текстовый формат был выбран из соображения экономии времени на текущие преобразования информации, так как таймер возвращает значение временной отметки, кодированной в текстовом виде.

Текстовым файлам присваивается общее начало имени – время начала первого показа, а продолжением им служат слова – «показ», «картинки», «отклики». Это позволило осуществить простую идентификацию результатов работы программы.

№ п/п	начало показа	№ момент стим.	момент реакции
005	19:57:22.220	07	пропуск!
006	19:57:23.233	08	19:57:23.238
007	19:57:24.247	04	пропуск!

Программа предварительной обработки.

Программа предварительной обработки используется по завершении тестирования и позволяет получить протокол тестирования. При запуске программы обработки (кнопка «отображение») в диалоговом окне выбирается соответствующий файл с окончанием имени «показ». Два других файла с одинаковым началом имени считываются автоматически.

Например, из файла «показ» (в примере протокол теста испытуемого E31_31) выбираются два

значения моментов начала показа «19:57:23.233» и «19:57:24.247», которые декодируются с пересчетом символов строки побайтно в числа в миллисекундах. Из файла «отклик» выбираются текстовые фрагменты, содержащие времена нажатия клавиши мыши «19:57:23.238», «19:57:23.350» и т. д., входящие в интервал между двумя началами показов. Эти значения поочередно декодируются с пересчетом символов строки побайтно в числах в миллисекундах и сравниваются с временами показов. По завершении процедуры сравнения они записываются в новый текстовый массив. Первая отметка «19:57:23.238» служит в качестве исходного числа для вычисления результата ответной реакции, вторая – в качестве повторной реакции. Форма открытого текстового массива позволяет учитывать многократные нажатия в процессе показа стимула. К этим данным добавляется «номер по порядку», номер стимула в картотеке стимулов и необходимые слова и знаки препинания.

Из трех исходных файлов формируется строка текстового четвертого результирующего массива:

время реакции	следующее нажатие	след. наж.
Не определено!		
5	19:57:23.350	
Не определено!		

По завершении формирования массива результат записывается в текстовый файл с общим для трех исходных файлов началом имени и с окончанием «результат». Результаты в виде текстовых файлов позволяют организовать хранение и последующую обработку как ручным, так и машинным методами. Текстовое представление достаточно удобно для подготовленных и неподготовленных пользователей.

Таблица 1

Имя	Пол	Образование	Возраст, лет	Профессия	ТТ1	ТТ2	ТТ3	ТТ4	ТТ5	ТТ6
P14	ж	Базовое	14	Ученица с/ш	+	+	+	+	O*	O
M21	м	Ср. тех.	21	Студент	+	+	+	+	+	–
T59	ж	Высш.	59	Инженер	+	+	+	+	O	O
L23	ж	Высш.	23	Студент	+	+	+	+	O	O

Таблица 2

Имя	Пол	Образование	Возраст, лет	Профессия	ТТ1	ТТ2	ТТ3	ТТ4	ТТ5	ТТ6
D28	м	Н. высш.	28	Техник	–	+	+	–	+	O*
E31	ж	Н. высш.	31	Инженер	–	+	+	+	+	O
A32	ж	Н. высш.	32	Инженер	–	+	+	+	O	O

* O – отказ после начала выполнения из-за сложности задачи.

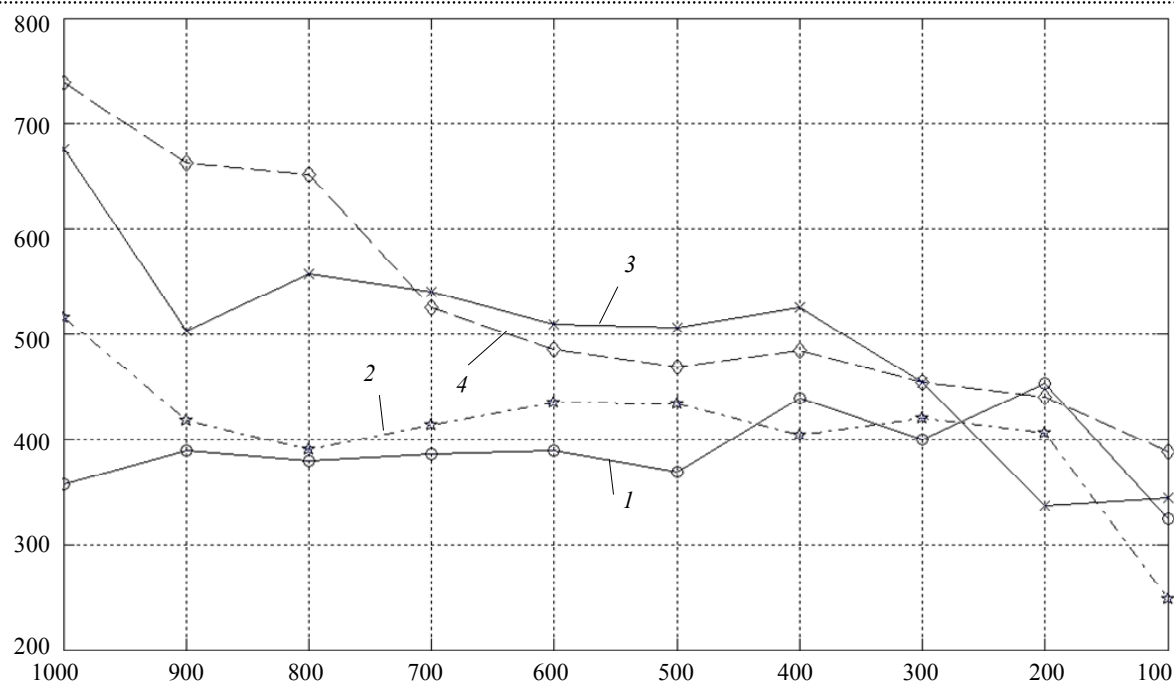


Рис. 2

Программа предварительной обработки использовалась за пределами процесса тестирования и не сказывалась на поведении испытуемых. Тестирование проводилось в группе испытуемых в составе: 4 испытуемых – основная группа (табл. 1), 3 человека – контрольная группа (табл. 2).

Пояснения к табл. 1 и 2: Т1 – тест на простую смену стимула; Т2 – реакция на распознавание искомого стимула; Т3 – поиск парного стимула; Т4 – поиск парного стимула; Т5 – усложненный парный стимул; Т6 – простая арифметическая задача.

Для примера на рис. 2 представлены результаты проведения теста Т2 в основной группе. Показано сравнение результатов выполнения теста Т2 для испытуемых: М21 (кривая 1); L23 (кри-

вая 2); Р14 (кривая 3); Т59 (кривая 4). Время реакции среднее по 5 проходам: по горизонтали – время предъявления стимула; по вертикали – среднее время реакции [мс].

В ходе исследования были разработаны: аппаратно-программный комплекс тестирования наборов стимулов и групп испытуемых, методика предъявления стимулов, набор экспериментальных стимулов, форма хранения результатов тестирования и проведены контрольные эксперименты в основной и контрольной группах испытуемых. Установлен факт изменения времени реакции в зависимости от сложности стимула и логической задачи, поставленной перед испытуемыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попечителей Е. П., Юлдашев З. М. Принципы построения офтальмологических устройств для исследования операторской деятельности // Мед. техника. 1983. № 3. С. 13–16.

2. Гигаури Н. К., Юлдашев З. М. Метрологические аспекты оценки энергетических характеристик зрения в условиях операторской деятельности // Мед. техника. 1994. № 6. С. 12–15.

G. S. Iliushov

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

BIOTECHNICAL SYSTEM OF INVESTIGATION OF VISUAL INCENTIVES USED FOR MEASUREMENT OF PARAMETERS OF REACTION REACTION

Presents the developed technique for assessing visual stimuli for measuring the parameters of the response of subjects to their presentation. In the course of the study, a hardware-software complex for testing sets of stimuli and groups of subjects was developed; the method of presentation of stimuli, a set of experimental stimuli, the form of storage of test results, and control experiments in the main and control groups of the tested. The main requirements for the conditions of the experiments and the main spatial characteristics of the testing process are formulated. The fact of changing the reaction time is determined depending on the complexity of the stimulus and the logical task posed to the subjects. The conducted experiments showed good repeatability of the results and satisfactory distinguishability of the differentiation of the test subjects and stimulus packages that were subjected to the investigation. In the course of the experiments, interesting results were obtained in the form of «resonance series of responses» for simple stimuli and overflows of the «operative memory» of subjects under increased loads on subjects.

Visual stimuli, reaction time of the subject, average reaction time, missing the stimulus sought, false triggering