

Результаты и их обсуждение

Уравнение равновесия позволяет вычислить силу в начальный момент времени модуль сдвига исходя из $F(0) = 8GhR$. Коэффициент Пуассона в данном случае выражается простой формулой $F(0)/F(\infty) = 2(1-\nu)$. Таким образом, из начальных и конечных условий получаются важные характеристики порозластичности, из приведенной выше кривой получилось $G = 35$ кПа, $\nu = 0,37$. Посредством подгонки выражения (1) к результатам измерения (рис. 3) получено значения коэффициента диффузии $D = 2,5 \cdot 10^{-7}$ м²/с и из выражения $D = [2(1-\nu)/(1-2\nu)]G \cdot k / \eta$ была вычислена проницаемость, которая оказалась равной $k = 1,8 \cdot 10^{-15}$ м². Коэффициент вязкости принимался равным 1,5 мПа·с – нормальное значение коэффициента вязкости плазмы крови.

Заключение

Результаты численных экспериментов качественно совпадают с натурными опытами, описанными в [1], что указывает на их прогностическую ценность при наличии дополнительных измерений параметров в рамках линейной теории порозластичности как медицинского диагноза, так и фундаментального значения для исследования биомеханики живой ткани. Движение внутритканевой жидкости является важным при изучении процессов микроциркуляции. В результате проведенных исследований показано, что при помощи моделей порозластичности можно получить проницаемость межклеточного пространства данной биоткани.

AN AUTOMATIC EDEMOMETER FOR DETERMINATION OF TISSUE LAYER POROELASTICITY CHARACTERISTICS

V.A. MANSUROV, A.I. KUBARKO, V.L. KAZUSHCIK, V.G. LESHCHENKO, A.V. SHOTT

Abstract

Biomechanical behavior tissue makes possible to estimate an intracellular liquid motion. It is important at microcirculation analysis. It is shown the local pressure alteration at ousting of intracellular liquid suggests the tissue permeability by the theory of poroelasticity. An automatic edemometer for determination of tissue layer poroelasticity characteristics was developed. The results analysis is given into this work.

Keywords: biomechanical behavior tissue, microcirculation analysis, poroelasticity theory, automatic edemometer.

Список литературы

1. Шотт А.В., Кондратенко Г.Г., Казушиц В.Л. и др. // Здравоохранение. 2015. № 3. С. 35–39.
2. Khaled A-RA, Vafai K. // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2003. Vol. 46, № 26. P. 4989–5003

УДК 159.944.4

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВНИМАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Р.Ю. ЯКОВЕНКО, В.С. ОСИПОВИЧ, Н.В. ЩЕРБИНА, К.Д. ЯШИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 22 ноября 2016

Приведены результаты исследований параметров внимания при воздействии звукового стрессогена с использованием модифицированной корректурной пробы «кольца

Ландольта». Оценивается влияние стрессового фактора в виде шума на число допущенных испытуемыми ошибок, его характер и степень.

Ключевые слова: стрессовый фактор, корректурная проба «кольца Ландольта», параметры внимания, стрессоустойчивость.

Введение

Концентрация внимания – важное качество, необходимое работникам многих профессий. Возрастает число ситуаций, в которых от человека требуется эффективно выполнять свою работу в условиях повышенного эмоционального напряжения. Существуют методики, оценивающие психофизиологическое состояние человека по результатам проведения тестов и личностных опросов [1]. Кроме того, существуют методики, оценивающие физиологическую реакцию на стресс: оценка гемодинамики при помощи психоэмоциональной нагрузочной пробы «математический счет» [2], проба сердечно-дыхательного синхронизма [3]. В последнее время накоплены многочисленные данные, указывающие на неоднозначность оценок, получаемых методами, использующими опросники и тесты, так как зачастую они слишком субъективны [4]. Предпочтительным в нашем случае является использование раздражающих факторов (свет, шум, мерцание, движение) для оценки изменения параметров внимания у испытуемых.

Методика эксперимента

Эксперимент основывается на использовании корректурной пробы «кольца Ландольта» в условиях воздействия стрессовых факторов. В роли испытуемых выступало 61 студент и технического университета, из них: 53 – мужчины, 8 – женщины. Для проведения эксперимента был разработано специальное программное обеспечение. Так же были оборудованы экспериментальные стенды, включающие персональный компьютер с установленным разработанным программным обеспечением и наушниками. Для каждого испытуемого программное обеспечение случайным образом генерировало таблицу с кольцами Ландольта. Всего предоставлялось 2000 колец, которые необходимо было просмотреть за 10 мин. Требовалось находить кольца с разрывом «на 12 часов». Среди всех колец было в среднем 10 % тех, которые испытуемому нужно было находить и отмечать. Число колец и время, выделяемое испытуемому на работу, было подобрано эмпирическим путем так, чтобы человеку с нормальными характеристиками внимания было сложно успеть отметить все требуемые кольца.

В качестве основного стрессового фактора выступало звуковое воздействие (громкий звук хода часов), который дополнялся незначительным мерцанием (мигающий цветной индикатор затраченного времени). При этом, часть испытуемых проходила исследование непосредственно после воздействия стрессовой ситуации – экзамена в университете, т.е. в условиях психологической усталости. Параллельно, испытуемые подвергались воздействию стрессогена в виде монотонной работы, вызывающей усталость по мере выполнения испытания. Однако, чтобы определить степень влияния на испытуемых основного стрессового фактора, при расчете соответствующих параметров, описанных ниже, производился учет усталости на получаемые результаты. Звуковое воздействие на испытуемых начиналось после первых 5-ти минут, выделенных на работу. Настройка звука, поступающего к испытуемому через наушники – среднее значение шкалы громкости звука в настройках Windows.

Все испытуемые условно были разделены на 2 группы (таблица). В первой группе (28 человек) тестирование проводилось единожды, в спокойной обстановке (код испытания 1.1). Во второй группе (33 человека) тестирование проводилось два раза: первый раз – в спокойной обстановке (код испытания 2.1), второй – после экзамена в университете (код испытания 2.2).

Для каждого испытуемого с интервалом в 30 с рассчитывались и сохранялись следующие параметры: число просмотренных колец (N); число просмотренных требуемых

колец (M); число допущенных ошибок (O); скорость переработки информации (Q); процент ошибок (K).

Под числом допущенных ошибок (O) понимается общее число неверно отмеченных и пропущенных колец. Скорость переработки информации Q (бит/с) рассчитывалась по формуле:

$$Q = \frac{0,5936 \cdot N - 2,807 \cdot O}{t} \quad (1)$$

Процент ошибок K (%) рассчитывался по формуле

$$K = \frac{O}{N} \cdot 100. \quad (2)$$

Данные параметры сохранялись в виде XML-файлов. Затем формировались сводные Excel таблицы для каждой группы испытуемых. Для каждой группы рассчитывались следующие показатели: средний процент ошибок ($K_{\text{ср}}$); параметр степени влияния усталости (P); параметр степени воздействия стрессового фактора (S); параметр степени воздействия условий проведения испытаний (R).

Средний процент ошибок $K_{\text{ср}}$ (%) рассчитывался для отрезков времени до и после начала воздействия стрессогена по формуле:

$$K_{\text{ср}} = \sum_{i=0}^n \frac{K_i}{n}, \quad (3)$$

где n – число отрезков по 30 с в период «до» или «после» начала воздействия стрессогена.

Параметр степени влияния усталости P (%) учитывает рост числа ошибок испытуемого по мере выполнения монотонной работы. Чтобы исключить влияние накопления усталости во время выполнения задания, необходимо оценить рост процента ошибок в отрезке времени до начала воздействия стрессогена и учесть его. Для этого использовалась линейная аппроксимация процентов ошибок (линии тренда) для отрезков времени до начала воздействия стрессогена в виде звука. Методом наименьших квадратов были найдены формулы линий тренда в следующем виде: $K = a \cdot t + b$, где a – наклон линии, b – смещение. Таким образом, расчет параметра P производился по формуле (рис. 1):

$$P = a \cdot t + b, \quad (4)$$

где a – наклон линии аппроксимации; t – время середины отрезка времени после начала воздействия стрессогена в минутах, равное 7,75 минут; b – смещение линии аппроксимации.

Параметр степени воздействия стрессового фактора S (%) характеризует ухудшение параметров внимания под воздействием стрессогена с учетом влияния усталости. Для этого использовалась линейная аппроксимация процентов ошибок (линии тренда) для отрезков времени до и после начала воздействия стрессогена в виде звука. Методом наименьших квадратов были найдены формулы линий тренда в следующем виде: $K = a \cdot t + b$, где a – наклон линии, b – смещение. При этом, получаемая прямая «до» использовалась непосредственно для учета влияния усталости. Таким образом, расчет параметра S производился по формуле

$$S = (a_2 - a_1) \cdot t + b_2 - b_1, \quad (5)$$

где 1 и 2 – индексы параметров формул аппроксимации для отрезков времени до и после начала воздействия стрессогена соответственно; t – время середины отрезка времени после начала воздействия стрессогена в минутах, равное 7,75 мин.

Параметр степени воздействия условий проведения испытаний R (%) характеризует ухудшение параметров внимания для испытаний до и после экзамена. Расчет выполнялся по формуле

$$R = S'' - S', \quad (6)$$

где S' – параметр степени воздействия стрессового фактора в условиях спокойной обстановки в процентах, S'' – параметр степени воздействия стрессового фактора после экзамена в процентах.

Для построения графиков изменений и распределений параметров K и S использовались программы MS Excel и STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

В ходе выполнения эксперимента были получены результаты для обеих групп испытуемых (таблица). Было установлено, что процент ошибок (K) для большинства испытуемых рос по мере выполнения задания. При этом, наблюдалось значительно увеличение процента ошибок после начала воздействия звукового стрессогена. Рассмотрим три типичные ситуации индивидуального изменения параметров внимания. Ситуация 1: после начала воздействия звукового стрессогена наблюдается заметный рост процента ошибок, угол линии тренда увеличивался. При этом, среднее число ошибок после начала воздействия тоже выросло. В данном случае хорошо прослеживалось ухудшение внимания при воздействии звуком, что может свидетельствовать о низкой стрессоустойчивости испытуемого. Ситуация 2: воздействие стрессогена практически слабо влияло на рост числа ошибок, при этом среднее число ошибок при воздействии стрессогена незначительно возрастало. Подобный характер изменение параметров K и K_{cp} может свидетельствовать о среднем уровне стрессоустойчивости. Ситуация 3: среднее число ошибок (и рост их количества) во время воздействия стрессового фактора приблизительно равно или даже ниже среднего процента ошибок до начала воздействия. Этот результат свидетельствует о высоком уровне стрессоустойчивости испытуемого, так как отсутствует влияние на параметры внимания.

При этом следует отметить, изменения процента ошибок во время выполнения задания, степень и характер изменения параметров внимания, при воздействии стрессового фактора в виде звукового сигнала, носит индивидуальный характер. Результаты исследований показали, что появление стрессового фактора в первой группе привели к ухудшению параметров внимания, что отразилось на снижении скорости переработки информации Q и росте среднего процента ошибок K_{cp} . Среднее значение скорости переработки информации Q уменьшилось на 0,06 бит/с, но осталось в пределах нормы для взрослого человека ($Q=1,6\pm 0,16$). Ухудшение параметра незначительное и может быть связано с усталостью испытуемых. Средний процент ошибок K_{cp} вырос на 0,87 %. Значение параметра степени влияния усталости P для первой группы составило 0,54 %. Измеренное значение параметра степени воздействия стрессового фактора S равно 0,3 %. Анализ изменений параметров процент ошибок K и среднего процента ошибок K_{cp} (рис. 1) показал: в отрезках до и после начала воздействия стрессогена присутствует постоянное ухудшение параметров внимания; падение параметров внимания практически не зависит от наличия стрессогена, что может быть обусловлено усталостью испытуемых по мере выполнения работы; после начала воздействия стрессогена наблюдается ухудшение параметров внимания, которое выражается в разнице среднего процента ошибок до и после начала воздействия стрессогена. Как и в случае с первой группой, скорость переработки информации Q снижается после воздействия звуковым сигналом, а средний процент ошибок K_{cp} растет.

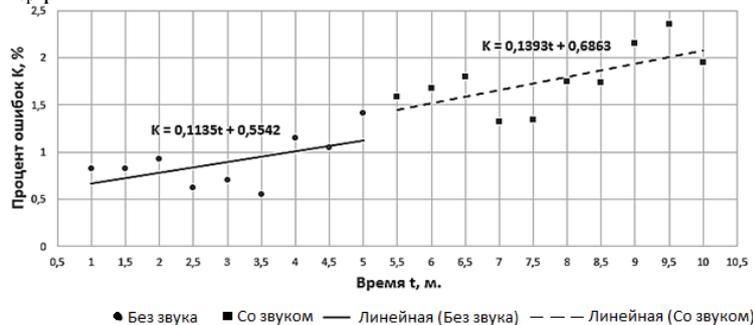


Рис. 1. Результаты измерения параметров внимания 1-й группы до и после начала воздействия стрессогена: a – зависимость параметр K от времени; b – изменение среднего процента ошибок до и после воздействия стрессогена

Результаты тестирования второй группы испытуемых

Испытание	Параметр	Стрессоген отсутствует			Стрессоген присутствует		
		Мин	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.
1.1	Q , бит/с	0,94	1,69	2,33	1,08	1,63	2,0
	K , %	0	0,895	7,05	0	1,765	9,78
	P , %	0,54					
	S , %	0,33					
2.1	Q , бит/с	0,83	1,76	2,75	1,03	1,74	2,45
	K , %	0	1	7,89	0	1,51	8,8
	P , %	0,12					
	S , %	0,39					
2.2	Q , бит/с	1,34	1,84	2,48	1,35	1,80	2,69
	K , %	0	1,14	8,91	0,12	1,85	10,03
	P , %	0,23					
	S , %	0,48					
2.1 и 2.2	R , %	0,09					

Скорость переработки информации Q практически не изменился после воздействия стрессогена (понижился на 0,02 бит/с для первого испытания и на 0,04 бит/с для второго). Средний процент ошибок для первого и второго испытания вырос, разница составила 0,51 % для первого испытания и 0,71 % для второго. Анализ характера изменения процента ошибок K и среднего процента ошибок $K_{ср}$ (рис. 4) показал: рост значения усталости для второго эксперимента в связи с увеличением общей усталости после экзамена, что видно по увеличению угла линии тренда во втором случае; больший уровень среднего процента ошибок, а также больший разброс значений процентов ошибок для всех испытуемых во втором эксперименте.

Значение степени воздействия усталости P составило 0,12 % и 0,48 % для первого и второго испытания включительно. Влияние усталости во втором эксперименте стало значительнее. Это свидетельствует о суммировании усталости от выполнения задания и усталости от сдачи экзамена. При этом, значение параметра степени воздействия стрессового фактора S для первого испытания составил 0,395 %, а для второго 0,485 %. С использованием обеих групп эмпирическим путем были найдены средние значения параметра степени влияния усталости $P_{ср} = 0,3$ % и степени воздействия стрессового фактора $S_{ср} = 0,4$ %, которые могут быть использованы для оценки индивидуальной степени воздействия стрессового фактора в виде звука на каждого испытуемого.

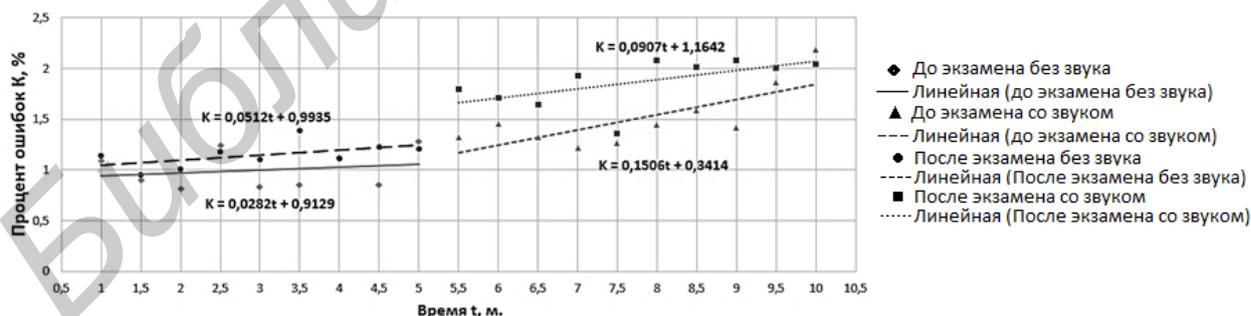


Рис. 2. Зависимость среднего процента ошибок от времени для 2-й группы до экзамена и после

Заключение

Установлено, что воздействие звукового стрессового фактора приводит к изменению параметров внимания человека: скорость переработки информации уменьшается для большинства испытуемых (в среднем на 0,23 бит/с), средний процент ошибок увеличивается (в среднем в 1,65 раза), ухудшаются общие параметры внимания (в среднем в 1,38 раза). Установлено, что степень и характер изменения параметров внимания носит индивидуальный

характер. Полученные эмпирическим методом значения параметров степени влияния усталости и степени воздействия стрессового фактора в виде звукового сигнала, могут быть использованы в дальнейшем при оценке стрессоустойчивости испытуемых. Предварительные результаты применения предложенной методики оценки влияния стрессовых факторов на параметры внимания свидетельствуют о простоте ее применения и обработке данных. Анализ видов стрессовых факторов показал возможность применения с минимальными изменениями разработанной методики для оценки ухудшения параметров внимания при воздействии стрессогенов другого типа: мерцания, движения и повышенного темпа выполнения работ.

INFORMATION SUPPORT RESEARCH OF PERSON ATTENTION PARAMETERS

R.Y. YAKOVENKO, V.S. OSIPOVICH, N.V. SCHERBINA, K.D. YASHIN

Abstract

There are given the research results of attention parameters under the influence stress sound using modified proofreading test «Landolt Rings». There are accomplished noise influence evaluation of subject error amount, nature and degree.

Keywords: stress factor, proofreading test "Landolt Rings", attention parameters, stress resistance.

Список литературы

1. *Куприянов Р.В., Кузьмина Ю.М.* Психодиагностика стресса: практикум. Казань, 2012.
2. *Шабалин А.В.* // Бюллетень СО РАМН. 2003. № 4 (110). С. 25–29.
3. *Покровский В.М.* Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивного статуса организма. Краснодар, 2010.
4. *Алешин С.* Информационный стресс: практические рекомендации. М., 2000.

УДК 616-009.5; 004.934

ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В ДИАГНОСТИКЕ БУЛЬБАРНЫХ НАРУШЕНИЙ

М.М. МЕЖЕННАЯ, Ю.Н. РУШКЕВИЧ*, А.А. БОРИСКЕВИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

**РНПЦ Неврологии и нейрохирургии МЗ РБ
Ф. Скорины 24, Минск, 220114, Беларусь*

Поступила в редакцию 15 ноября 2016

Предложен метод качественной и количественной диагностики бульбарных нарушений на основе цифровой обработки речевых сигналов. Для реализации данного метода авторами разработано программное обеспечение с графическим интерфейсом, которое позволяет повысить точность и скорость постановки диагноза.

Ключевые слова: речевой сигнал, частотно-временной анализ, частота основного тона, бульбарный синдром.