УДК 612.821:612.82/.83

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ХОЛИНЭСТЕРАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ КРОВИ

И. Г. Герасимов
НИИ медицинских проблем семьи ДонНМУ им. М. Горького, г. Донецк

У 23 человек обоего пола (18-24 лет) оценен уровень психофизиологических реакций и холинэстеразная активность (ХЭА) крови. Между многими психофизиологическими показателями (ПФП), а также между ПФП и ХЭА выявлены парные линейные взаимосвязи. Кроме того, для ряда ПФП их зависимость от ХЭА оказалась параболической, причем ее экстремум интерпретирован как оптимум, который имеет разные значения в случае различных ПФП. Сделан вывод о том, что закономерности протекания психофизиологических реакций определяются ХЭА, а одновременная оптимизация по всем ПФП не представляется возможной.

Ключевые слова: нервная система, работоспособность головного мозга, реакция на движущийся объект, сенсомоторные реакции, активность холинэстеразы.

Введение. Установление закономерностей протекания психофизиологических реакций представляет несомненный теоретический и практический интерес. Например, показатели, характеризующие работоспособность головного мозга [1], силу нервной системы [2], уровень функционирования систем [3], точность (время) реакции на предъявленный стимул [4], реакции левой и правой руки [5], рабочую память [6] исследовали в норме и при патологии. Не вызывает сомнения, что психофизиологические реакции обусловлены, в частности, согласованным функционированием в нервной системе различных биохимических веществ, обеспечивающих, прежде всего, проведение нервного импульса. Как известно, ведущим нейромедиатором является ацетилхолин, участвующий в процессах возбуждения и торможения. Для реализации ацетилхолином его медиаторной функции необходимы ферменты, обладающие холинэстеразной активностью (ХЭА). Такими ферментами являются, в первую очередь, ацетилхолинэстераза (НФ 3.1.1.7), локализованная преимущественно в нервной ткани, и бутирилхолинэстераза (НФ 3.1.1.8), большей часть которой находится в крови. Обнаружены корреляции между ХЭА в мозге и крови [6], причем каждый из двух ферментов, в одинаковой мере коррелирует с другими маркерами ХЭА в мозге [7]. Тем не менее, ожидаемые взаимосвязи между психофизиологическими показателями (ПФП) выявлены не в полной мере [8], что может быть, в частности обусловлено определенной трудностью работы с большими массивами данных, анализ которых предполагает предварительное их просеивание на предмет исключения разного рода артефактов [9]. С другой стороны, возможные взаимосвязи между ХЭА и ПФП остаются не исследованными. При этом нет технических трудностей для проведения такого рода исследований, в отношении ХЭА крови, что и явилось целью данной работы.

Материалы и методы исследования. Обследовали 23 добровольцев обоего пола (11 мужчин, 12 женщин, возраст 18-24 лет). С помощью пакета компьютерных программ [10] по методикам [8, 11-13] определяли следующие ПФП: работоспособность головного мозга (РГМ) – количество ошибок на предъявленный стимул (%), коэффициент силы нервной системы (КСС), функциональный уровень нервной системы (ФУС), точность реакции на движущийся объект (РДО), – все в условных единицах (усл. ед.), функциональную подвижность нервных процессов (ФПП), скорость простой сенсомоторной реакции (ССР), скорость реакции выбора (СРВ) и отдельно СРВ правой (СВП) и левой (СВЛ) рукой – все в мс. Измеряли суммарную ХЭА (мккат/л) крови, взятой из пальца [14]. Анализ взаимосвязей проводили с учетом положений, высказанных в [9], проводили с помощью пакета программ "STATISTUCA for WINDOWS". Качество линейных взаимосвязей оценивали посредством коэффициента парной линейной корреляции Пирсона (r) и уровня его значимости (p). Параметры регрессионных моделей находили по методу наименьших квадратов (метод приближения квази-ньютон).

Результаты и обсуждение. Прежде всего, сопоставили величины ПФП у мужчин и у женщин. Различие в уровне психофизиологических реакций у лиц разного пола исследованного возраста выявить не удалось ($p > 0,5$).

Анализ линейных взаимосвязей между ПФП позволил установить следующие факты. Оказалось, что коэффициенты корреляций между РГМ и ФУС, а также между указанными ПФП, с одной стороны, и всеми исследованными ПФП, с другой, невелики (взаимосвязи слабые) и малозначимы ($|r| < 0,3$, $p > 0,3$). Вместе с тем имеют место следующие достаточно значимые положительные взаимосвязи: между КСС, с одной стороны, и остальными ПФП, с другой ($r = 0,6 – 0,7$, $p < 0,01 – 0,1$), за исключением РВП ($r = 0,44$, $p = 0,1$); между ССР, с одной стороны, и остальными (помимо перечисленных) ПФП, с другой ($r = 0,5 – 0,6$, $p < 0,01 – 0,05$), за исключением СРВ ($r = 0,68$, $p < 0,01$) и РДО ($r = 0,40$, $p < 0,2$); между СРВ, с одной стороны, и РВП и РВЛ, с другой ($r = 0,94$, $p < 0,001$); между РВП и РВЛ ($r = 0,83$, $p < 0,001$). Знак коэффициентов корреляций указывает на то, что рост значений одного из ПФП (исключая РГМ и ФУС) сопровождается увеличением другого и, наоборот, уменьшению величины одного из ПФП сопутствует

 © Герасимов И. Г.

снижение другого. Таким образом, изменение функционирования всех психофизиологических систем, которые характеризуются перечисленными ПФП, происходит взаимосвязано и однонаправлено, что и следовало ожидать в нормальном состоянии, когда организму не предъявляются какие-либо дополнительные стимулы.

Отсутствие сильных и существенных парных линейных взаимосвязей в случае РГМ и ФУС указывает на то, что механизмы взаимодействия между ПФП, характеризуемыми данными показателями, могут быть более сложными, нежели предполагаемые в линейной модели. Очевидно, и в ряде других случаев взаимосвязь между ПФП может быть отлична от линейной. В таких ситуациях значимый коэффициент корреляций указывает лишь на близость нелинейной модели к линейной, как, например, в случае зависимости, которая представлена преимущественно одной ветвью параболы, причем характер такого рода взаимосвязей может определяться ХЭА. Для проверки сделанного предположения проанализировали ПФП во взаимосвязи с ХЭА.

Между ХЭА, с одной стороны, и следующими ПФП, с другой, обнаружены парные линейные положительные взаимосвязи: КСС ($r = 0{,}84$, $p < 0{,}001$), ССР ($r = 0{,}95$, $p < 0{,}001$), СРВ ($r = 0{,}71$, $p = 0{,}004$), РВП ($r = 0{,}55$, $p < 0{,}05$), РВЛ ($r = 0{,}66$, $p = 0{,}01$), ФПП ($r = 0{,}59$, $p < 0{,}05$), РДО ($r = 0{,}44$, $p = 0{,}12$). Знак корреляций указывает на то, что увеличение ХЭА сопровождается ростом ПФП и, наоборот, уменьшение ХЭА – снижением ПФП. Такой характер взаимосвязи в обсуждаемых случаях закономерен, поскольку именно уровень ХЭА может обеспечивать адекватное протекание психофизиологических реакций [1 – 5]. Следует заметить, что коэффициент корреляции для ХЭА и РГМ, хотя и малозначим ($r = –0{,}20$, $p < 0{,}5$), но отрицательный, что также закономерно, поскольку последний ПФП, согласно примененной методике, определяется числом ошибок, количество которых, очевидно, уменьшается с ростом ХЭА. В случае ФУС и РГМ не выявлено сильных парных линейных взаимосвязей с ХЭА ($p > 0{,}75$). Полученный результат при одновременном низком уровне значимости ($p > 0{,}50$) коэффициентов корреляций между ФУС и РГМ, с одной стороны, и другими ПФП, с другой, указывает на то, что к интерпретации результатов, полученных с помощью предложенного теста оценки обсуждаемых ПФП следует подходить иначе, нежели при наличии сильных взаимосвязей. Очевидно, в случае оценки ФУС и РГМ реакция организма на предъявляемый стимул нелинейно связанно с ПФП.

Действительно, взаимосвязь ФУС с ХЭА нелинейна (рис. 1). Зависимость РГМ от ХЭА аналогична приведенной на рисунке. Кроме того, ПФП, линейные взаимосвязи которых с ХЭА не очень значимы, также нелинейно связаны с последней веоличиной. К таким ПФП относятся КСС, РДО и ФПП; в качестве примере приведена зависимость КСС от ХЭА (рис. 2).

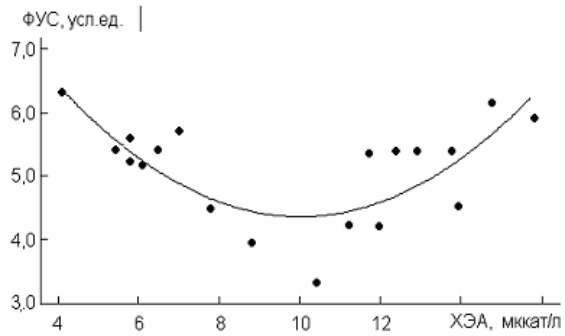

Рис. 1. Зависимость ФУС от АХЭ в крови

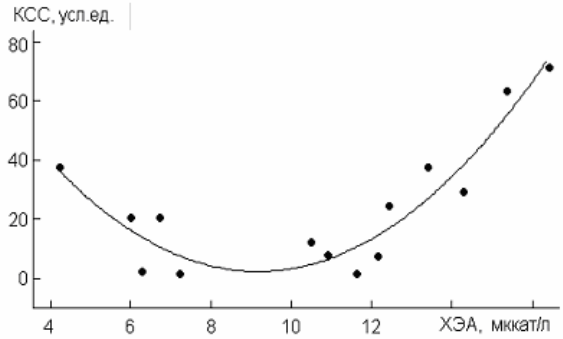

Рис. 2. Зависимость КСС от АХЭ в крови

Уравнение, которым описали зависимость перечисленных ПФП от ХЭА, является уравнением параболы

$$ПФП = ПФП_0 + ПФП_{ск}\times(ХЭА + ХЭА_{кр})^n, \quad (1)$$

где

$ПФП_0$, $ПФП_{ск}$, $ХЭА_{кр}$, n – эмпирические константы,

$ПФП_0$ – минимальное значение ПФП, единицы измерения ПФП,

$ПФП_{ск}$ – скорость изменения ПФП, (единицы измерения ПФП)/(мккат/л)$^{-n}$,

$ХЭА_{кр}$ – критическое значение ХЭА, мккат/л.

Критическая точка с координатами ($–ХЭА_{кр}$, $ПФП_0$), очевидно, определяет оптимальное психофизиологическое состояние, которому соответствует определенный уровень ХЭА. Отклонение величины ХЭА от $ХЭА_{кр}$ приводит к ухудшению психофизиологических реакций, причем направленность ветвей параболы уравнения (1) указывает на то, что значения ФУС, РДО, КСС, ФПП возрастают при удалении ХЭА от оптимальной величины. При этом зависимость РГМ от ХЭА принципиально отличается от остальных ($n = –0{,}5$): у одной группы лиц с ростом ХЭА наблюдается уменьшение РГМ, тогда как у другой – наоборот, увеличение ХЭА приводит к уменьшению РГМ. Тем не менее, и в данном случае оптималь-

ному состоянию соответствует значение $ХЭА_{кр}$ = 4,24 мккат/л, совпадающее с таковым в случаях КСС и ФПП (таблица).

Таблица

Параметры уравнения (1) и значение R

ПФП	Единицы измерения (ЕИ)	$ПФП_0$, ЕИ	$ПФП_{ск}$, ЕИ×(мккат/л)^n	$–ХЭА_{кр}$, мккат/л	n	R
ФУС	усл. ед.	4,33	0,0547	10,4	2,00	0,75
КСС	усл. ед.	2,35	1,39	9,19	9,19	0,93
РДО	усл. ед.	0,932	0,00144	4,24	2,14	0,83
ФПП	мс	352	1,59	4,23	1,92	0,63
РГМ	%	19,9	4,87	4,24	–0,50	0,75

Тип психофизиологической реакции группы лиц, у которых ХЭА > $ХЭА_{кр}$ или ХЭА < $ХЭА_{кр}$ можно определить как, соответственно, гиперхолинергический и гипохолинергический. Ввиду наличия не единственного значения $ХЭА_{кр}$ (табл.), принадлежность человека к тому или иному типу холинергической реакции может быть различна в зависимости от функции нервной системы, которая обусловливает определенную психофизиологическую реакцию, и которая оценивается с помощью соответствующего теста. Более того, очевидно, что одновременное оптимальное в указанном смысле протекание всех психофизиологических реакций невозможно, поскольку значение $ХЭА_{кр}$ в зависимости от оцениваемого ПФП может находиться как минимум в двух интервалах (таблица) и, кроме того, многие ПФП изменяются с ростом ХЭА линейно. Такое положение означает, что приближение к оптимальному состоянию по одному или нескольким из ПФП будет неизбежно удалять от такового по многим другим. Учитывая, что ХЭА коррелирует в крови и мозге [6], аналогичные закономерности должны иметь место и в случае ХЭА в мозге.

Выводы. Закономерности психофизиологических реакций в значительной мере определяются ХЭА. Ее уровень обеспечивает для некоторых психофизиологических реакций оптимальное их протекание, причем для разных реакций оптимальный уровень ХЭА различен. С учетом данного факта, а также того, что для многих психофизиологических реакций оптимум ХЭА не наблюдается, одновременная оптимизация психофизиологических процессов по всем ПФП не представляется возможной.

РЕЗЮМЕ

У 23 людей обох статей (18 – 24 лет) оцінене рівень психофізіологічних реакцій и холінестеразна активність (ХЕА) крові. Між багатьма психофізіологічними показниками (ПФП), а також між ПФП і ХЕА виявлені парні лінійні взаємзв'язки. Крім того, для ряду ПФП їх залежність від ХЕА виявилась параболічною, при чому її екстремум інтерпретовано як оптимум, який має різні значення у випадках різних ПФП. Зроблено висновок про те, що закономірності перебігання психофізіологічних реакцій визначаються ХЕА, а одночасна оптимізація за всіма ПФП не уявляється можливою.

Ключові слова: нервова система, працездатність головного мозку, реакція на рухливий об'єкт, сенсомоторні реакції, активність холінестерази.

SUMMARY

The level of psychophysiological reactions and cholinesterase activity (CEA) of blood are assessed in 23 people of both sexes (18 – 24 years). Between many psychophysiological values (PPV), and also between PPV and CEA the pair linear correlations are revealed. In addition, for the PPV rank their dependence on CEA appeared parabolic, at that extremum is interpreted as optimum, which has different values for various PPV. A conclusion, the regularities passing of psychophysiological reactions are determined by CEA, and simultaneous optimization by all PPV is impossible.

Keywords: nervous system, efficiency brain, reaction on moving object, sensomotority reaction, cholinesterase activity.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Holzman P. S. Recent studies of psychophysiology in schizophrenia / P. S. Holzman // Schizophramocology Bulletin – 1987. – Vol. 13, No 1. – P. 49-75.
2. Mecacci L. Trends in the psychophysiology of individual differences / L. Mecacci // Pavlov's Journal Biological Science. – 1976. – Vol. 11, No 2. – P. 93-104.
3. Effects of a Mandibular Repositioning appliance on sleep structure, morning behavior and clinical symptomatology in patients with snoring and sleep-disordered breathing / A. Saletu, P. Anderer, S. Parapatics, et al. // Neuropsychobiology. – 2007. – Vol. 55, No 3-4. – P. 184-193.
4. Yetkin Y. Do environmental and hereditary factors affect the psychophysiology and left-right shift in left-handers? / Y. Yetkin // International Journal Neuroscience – 2001. – Vol. 110, No 3-4. – P. 109-134.
5. Shin E. Multiple levels of stimulus representation in visual working memory / E. Shin, M. Fabiani, G. Gratton // Journal Cognition Neuroscience – 2006. – Vol. 18, No 5. – P. 844-858.

6. Equine butyrylcholinesterase protects rats against inhalation exposure to sublethal sarin concentrations / J. Bajgar, L. Bartosova, J. Fusek, et al. // Archives Highest Radametry Toksikological – 2006. – Vol. 57, No 4. – P. 391-395.
7. Distribution in brain and retina of four enzymes of acetyl CoA synthesis in relation to choline acetyl transferase and acetylcholine esterase / V. Yip, J. G. Carter, M. E. Pusateri, et al. // Neurochemestry Research. – 1991. – Vol. 16, No 6. – P. 629-635.
8. Макарчук М. Ю. Кореляційний аналіз основних психофізіологічних показників людини / М. Ю. Макарчук, Н. Б. Філімонова, Т. В. Кравець // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Фізіологія. – 2003. – Вип. 39-41. – С. 72-74.
9. Дидэ Э. Методы анализа данных / Э. Дидэ.– М.: Фининасы и статистика, 1985.– 357 с.
10. Опыт апробации компьютерной методики определения психофизиологических параметров. / И. А. Зайцев, И. В. Вяхирева, В. Н. Жидких, и др. // Вопросы экспериментальной и клинической медицины – 1999. – Т. 2, № 3. – С. 48 – 51.
11. Чайченко Г. М. Психофизиологический рейтинг как показатель эффективности умственной деятельности / Г. М. Чайченко., Л. И. Томилина // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 5. – С. 30-36.
12. Егорычев А. О. Методика диагностики спортивных способностей студентов с использованием психофизиологического комплекса / А. О. Егорычев // Медицинская техника. – 2005. – № 1. – С. 46-48.
13. Программно-аппаратное обеспечение компьютерных комплексов для психофизиологических исследований / Е. В. Матвеев, И. В. Гальетов, А. А. Васильев и др. // Медицинская техника. – 2005. – № 1. – С. 4-7.
14. Герасимов И. Г. Оптимизация условий определения холинэстеразы / И. Г. Герасимов // Клиническая лабораторная диагностика. – 2004. – № 5. – С. 35-38.

Поступила в редакцию 27.04.2010 г.