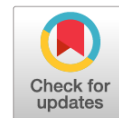


УДК 159.923:612.821.015

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

Роль нейротрофического фактора головного мозга (BDNF) в процессе совладания с последствиями психотравмирующей ситуации

А. Г. Фаустова¹✉, О. Н. Красноруцкая²¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Рязань, Российская Федерация;² Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Психологическая травматизация способна вызвать заметные повреждения гиппокампа, миндалевидного тела и префронтальных отделов коры больших полушарий. Нейротрофический фактор головного мозга (англ.: brain-derived neurotrophic factor, BDNF) демонстрирует нейропротективные свойства в отношении органических повреждений головного мозга, обусловленных ишемией и черепно-мозговыми травмами. К настоящему моменту не получено достаточно оснований полагать, что BDNF также обеспечивает жизнеспособность нервной системы в процессе преодоления негативных последствий психотравмирующих событий.

Цель. Изучение взаимосвязи между индивидуально-психологическими проявлениями «устойчивого фенотипа» и содержанием BDNF в сыворотке крови индивидов, переживших психотравмирующее событие и демонстрирующих эффективное совладание.

Материалы и методы. У 33 респондентов (26 женщин, 7 мужчин, средний возраст — $26,3 \pm 7,46$ лет), которые в последние 3 года пережили психотравмирующее событие, исследованы уровень BDNF (с помощью метода количественного твердофазного иммуноферментного анализа), личностные и поведенческие корреляты психологической устойчивости (с помощью метода психологического опроса). Математико-статистическая обработка эмпирических данных предполагала применение корреляционного анализа и множественного регрессионного анализа.

Результаты. Содержание BDNF в сыворотке крови пострадавших служит предиктором уровня выраженности устойчивости к стрессу ($t = 2,093, p = 0,045$) и дезадаптивных состояний ($t = 2,511, p = 0,018$), проявлений посттравматического роста («Сила личности»: $t = 2,911, p = 0,007$; «Новые возможности»: $t = 2,242, p = 0,032$) и психологического благополучия ($t = -3,106, p = 0,004$).

Заключение. Практическая значимость проведенного исследования состоит в формировании доказательной базы клинической психологии, усовершенствовании подходов к диагностике и оказанию клинико-психологической помощи пострадавшим в результате психотравмирующих событий.

Ключевые слова: нейротрофический фактор головного мозга; BDNF; психологическая устойчивость; психологическая травма; совладание

Для цитирования:

Фаустова А.Г., Красноруцкая О.Н. Роль нейротрофического фактора головного мозга (BDNF) в процессе совладания с последствиями психотравмирующей ситуации // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2021. Т. 29, № 4. С. 521–530. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

Role of brain-derived neurotrophic factor in coping with the consequences of psychotraumatic events

Anna G. Faustova¹✉, Ol'ga N. Krasnorutskaya²¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation;² N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Psychological trauma may cause noticeable damage to the hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) demonstrates neuroprotective properties in relation to organic brain damage caused by ischemia and craniocerebral traumas. To date, no sufficient evidence suggests that BDNF provides the viability of the nervous system in the process of overcoming the negative consequences of psychotraumatic events.

AIM: To analyze the relationship between the individual psychological manifestations of the "resilient phenotype" and the BDNF level in the blood serum of individuals who have psychological traumatic experience and demonstrate effective coping.

MATERIALS AND METHODS: In 33 respondents (26 women, 7 men; mean age, 26.3 ± 7.46 years) who had psychological traumatic experience in the previous 3 years, the BDNF level (determined by quantitative enzyme-linked immunosorbent assay), personality, and behavioral correlates of psychological resilience were explored (using psychological survey). Correlation and multiple regression analyses were used in the mathematical and statistical processing of empirical data.

RESULTS: The BDNF level in the blood serum of individuals with a past psychotraumatic event serves as a predictor of the level of expressiveness of resistance to stress ($t = 2.093$, $p = 0.045$), maladaptive states ($t = 2.511$, $p = 0.018$), manifestations of post-traumatic growth ("Personal Strength", $t = 2.911$, $p = 0.007$; "New Opportunities", $t = 2.242$, $p = 0.032$), and psychological well-being ($t = -3.106$, $p = 0.004$).

CONCLUSION: The practical significance of the study is attributed to the formation of evidence base for clinical psychology, improvement of approaches to diagnostics, and provision of clinical and psychological assistance to those affected by psychotraumatic events.

Keywords: *brain-derived neurotrophic factor; BDNF; resilience; psychological trauma; coping*

For citation:

Faustova AG, Krasnorutskaya ON. Role of brain-derived neurotrophic factor in coping with the consequences of psychotraumatic events. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2021;29(4):521–530. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

脑源性神经营养因子在处理创伤后果的过程中的作用研究

Anna G. Faustova¹✉, Ol'ga N. Krasnorutskaya²¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation;² N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russian Federation

论证: 心理创伤会对大脑半球的海马体、杏仁核和前额皮质造成明显的损伤。脑源性神经营养因子 (BDNF—brain-derived neurotrophic factor) 在缺血性脑损伤和外伤性脑损伤中具有神经保护作用。到目前为止, 还没有足够的理由确认BDNF在克服创伤性事件的负面后果的过程中也确保了神经系统的生存能力。

目的: 研究经历过创伤事件并表现出有效应对的个体稳定表型心理表现与血清中BDNF含量的关系。

材料与方法: 对33名 (女性26名, 男性7名, 平均年龄为 26.3 ± 7.46 岁) 在过去3年经历过创伤性事件的受访者进行了BDNF水平 (使用定量固相酶免疫分析法)、心理稳定性的个人和行为相关因素 (使用心理提问的方法) 的研究。数学和统计处理的经验数据涉及使用相关分析和多元回归分析。

结果: 患者血清中BDNF含量可作为应激抵抗严重程度 ($t=2.093$, $p=0.045$)、适应不良状态 ($t=2.511$, $p=0.018$)、创伤后成长 (“人格的力量”: $t=2.911$, $p=0.007$; “新机会”: $t=2.242$, $p=0.032$) 和心理健康 ($t=-3.106$, $p=0.004$) 表现的预测因子。

结论: 研究的现实意义在于建立临床心理学的证据基础, 改进诊断方法, 为创伤性事件受害者提供临床和心理援助。

关键词: 脑神经营养因子; 脑源性神经营养因子; 心理稳定性; 心理创伤; 应对

For citation:

Faustova AG, Krasnorutskaya ON. Role of brain-derived neurotrophic factor in coping with the consequences of psychotraumatic events. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2021;29(4):521–530. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83496>

略语表

PTSD (post-traumatic stress disorder) — 创伤后应激障碍

BDNF (brain-derived neurotrophic factor) — 脑源性神经营养因子

论证

世界卫生组织进行的世界心理健康调查系列调查显示,心理创伤的发生率接近70% (参与军事冲突、身体暴力和/或性暴力、对所爱之人的生命和健康的威胁、所爱之人过早暴力死亡等等)。与此同时,5.6%的受害者报告出现了创伤后应激障碍[1]。许多人能够有效地应对创伤性事件的负面社会心理后果,表现出心理稳定。对稳定表型的科学兴趣是由于专门与应激和创伤相关的障碍的跨学科研究的副作用而形成的[2,3]。近几十年来,人们关注的焦点已经从以疾病为中心的方法转向了以有效应对为重点的模式。

遭受创伤的经历不仅会影响个人和社会功能,还会显著影响生化和生理过程的进程,从而导致大脑结构的损伤和相应的精神功能紊乱。海马体体积的减少是神经生物学研究心理创伤对大脑影响的最常见且最可靠的结果之一[4,5]。同时,左侧海马体经历了特别明显的变化[6]。高皮质醇血症是一个可能的原因:在精神创伤因素的影响下,皮质醇浓度的增加会对大脑中富含皮质类固醇受体的部分产生负面影响[7]。损伤的体积取决于在创伤情况下停留的时间长短。海马体的损伤与创伤后应激障碍症状的风险有关,如分离发作,对发生的事情的非自愿和强迫记忆。高皮质醇血症的另一个后果是形成持续的小胶质细胞敏感性,这维持了一个促炎症的状态很长一段时间[8]。这种情况是反复心理创伤中适应不良的危险因素。

情绪反应障碍是创伤后应激障碍的一种特殊症状,与边缘系统,特别是杏仁核的损伤有直接关系。D. O' Doherty等人(2015)的研究表明,在所有遭受精神创伤的个体中,无论他们是否有创伤后应激障碍的迹象,都可以观察到杏仁核的体积减少(左侧和右侧)[6]。后来,O. T. Ousdal等人(2020)成功地证实,心理创伤24—36个月后,创伤后应激障碍症状的增加与所有基底外侧、中央和内侧杏仁核体积的减少有关[9]。

创伤后应激障碍中杏仁核的结构变化与大脑半球前额皮质的损伤相结合。因此,在创伤后应激障碍患者中,左、右前扣带皮层的体积显著减少[6]。双侧前扣带皮层损伤会导致注意力和执行功能的缺失,以及无法调节情绪表现,这在创伤后应激障碍中经常观察到。R. A. Morey等人(2016)的一项研究发现,遭受过虐待并表现出创伤后应激障碍症状的年轻人的右正中前额叶皮层体积显著减少[10]。在同一样本中使用体素的形态测量,可以确认内侧眶额皮质灰质密度较低。

因此,心理创伤,无论其起源,都可以引起海马体、杏仁核和前额叶皮质区域的结构变化,

这解释了创伤后应激障碍的一些症状。大脑的这些部分和它们之间的通路的硬件刺激会引起精神病理症状的减少,并增强应对行为模式[11]。

心理稳定的表现可由以下原因引起:

- 1、海马腹侧与伏隔核之间的突触传递受到抑制;
- 2、伏隔核与内侧前额皮质或基底外侧杏仁核之间的连接激活;

- 3、刺激连接前额皮质内侧区和背侧缝合核的通路。

这种实验采用了光遗传激活。在这种情况下,什么内源性神经保护因素可以有助于恢复和有效克服创伤情况的后果的问题实际上尚未探索。

神经营养因子是一种与生长因子相关的特殊多肽,其功能是保证神经系统的生存能力和神经可塑性的机制。这个家族的一个著名代表是大脑的神经营养因子(同义词:脑源性神经营养因子—brain-derived neurotrophic factor (BDNF))。这种神经营养素的最高浓度存在于大脑皮层、小脑、海马体和杏仁核中[12]。除了神经元外,它还可以在小胶质细胞、星形胶质细胞、血小板、内皮细胞和肝细胞中合成[13]。

高含量的BDNF能够确保器质性脑损伤后丧失功能的恢复,这一假设值得注意[13]。在闭合性颅脑损伤患者服用Adaptol时,血清中BDNF浓度的增加与认知功能的改善和焦虑严重程度的降低呈正相关[14]。血清中低浓度的BDNF与遭受轻中度脑损伤的患者发生调节性认知障碍有关[15]。N. V. Selyanina与Yu. V. Karakulova (2017)测定血清中BDNF含量低于300 pg/ml是脑损伤后长期抑郁的危险因素,而血清中BDNF含量超过600 pg/ml,说明存在足够的认知功能恢复潜力[16]。

脑缺血和外伤脑损伤后BDNF定量含量与预后关系的研究结果令人鼓舞。与此同时,出现了一个问题:BDNF是否具有与心理创伤引起的器质性损伤相关的神经保护潜能。迄今获得的经验数据不能让我们明确地回答这个问题[17,18]。

本研究的目的是研究经历过创伤事件并表现出有效应对的个体稳定表型的个体心理表现与血清中神经营养因子含量的关系。

研究假设

大脑的神经营养因子可以被认为是心理稳定和有效应对创伤情况后果的神经生物学标记。

材料与方法

本研究方案由俄罗斯联邦卫生部Ryazan State Medical University 联邦国家预算高等教

育机构地方伦理委员会批准（2020年05月06日第10号记录）。所有受访者都填写了一份知情同意书。该研究包括访问血液学、肿瘤学和免疫学科学临床中心的实验室（俄罗斯联邦卫生部Ryazan State Medical University 联邦国立预算高等教育机构的结构分部），捐献血液样本，并填写一套由研究心理学家提供的心理诊断材料。

为了实现这一目标并验证提出的假设，我们选择了描述性研究设计，即相关性设计和因果模型，假设存在一个实验样本。

该研究涉及33名受访者（26名女性，7名男性，平均年龄为26.3+7.46岁）。

入选标准：

- 年龄为18—60岁；
- 不超过3年前发生过创伤性事件（失去重要人物）；
- 克服悲伤的所有阶段，没有悲伤的长期病理反应迹象；
- 在创伤情况后，没有使用精神药物治疗来实现最佳的个人和社会功能；
- 受访者的行为表现为心理稳定的迹象和对创伤情境后果的有效应对，这是在初步的心理评估过程中确定的。

血清中BDNF含量的测定采用三明治型定量固相酶免疫分析法，试剂来自美国R&D Systems公司。根据制造商的说明，使用Stat Fax 4200酶免疫分析仪对样品进行检测。BDNF最低检测浓度为0.372 pg/ml—1.35 pg/ml。

调查方法用于识别心理稳定的个人和行为相关因素。使用了下列标准化的心理诊断技术：

1. 创伤事件影响评估量表（N. V. Tarabrina编）；
2. 短期稳定量表（B. W. Smith等人）；
3. 确定压力容忍和社会适应的方法（T. Holmes, R. Rahe）；
4. 主动性应对行为问卷（E. S. Starchenkova编）；
5. COPE 应激应对问卷（E. I. Rasskazova, T. O. Gordeeva, E. N. Osina编）；
6. 创伤后成长问卷调查（M. Sh. Magomed-Eminov编）；
7. 心理健康量表（K. Riff）；
8. 性格乐观问卷（T. O. Gordeeva, O. A. Sychev, E. N. Osina编）；
9. 社会支持知觉的多因素量表（D. Zimet）；
10. 生活能力试验（D. A. Leontiev, V. I. I. Rasskazova）；
11. 行为风格测评问卷（V. I. Morosanova）；
12. “适应性”多重人格问卷（A. G. Maklakov, S. V. Chermnyanin）。

利用IBM SPSS Statistics 23软件对研究过程中获得的实证数据进行数学和统计分析。采用描述性统计方法、夏皮罗-威尔克准则确定分布正态性、相关分析和多元回归分析。如果量化数据的分布与正态分布不一致，则对数据数组进行归一化对数变换。在 $p < 0.05$ 时，模式具有统计学意义。

结果

采用夏皮罗-威尔克准则检验定量测量指标分布的正态性。一般假设各种生物学参数是按正常规律分布的，在我们的研究中一受试者血清中BDNF的含量。表征稳定表型的个人和行为表现的变量分布与正常表型不同。为了进行后续的统计计算，使用心理诊断技术获得的经验数据经过标准化对数变换。

测试假设和评估血清中BDNF含量与稳定表型个体心理表现之间关系的最简单方法是计算相关性。采用Pearson相关 r 标准（表1）。

使用多元回归分析确定结果变量和预测因素之间的显著关系。因变量和自变量的初步选择是基于对该主题的理论回顾的结果，并考虑到本实证研究的意图。因此，将心理稳定的表现和有效应对创伤情况的后果视为依赖（结果）变量是合乎逻辑的。根据该假设，将大脑的神经营养因子作为一个自变量进行测试，并假定其影响。多元回归分析中变量的数学和统计选择如下：利用相关分析，检验潜在自变量（预测变量）数组中是否存在线性关系；潜在自变量与特定因变量（结果）之间存在显著关系。

采用复合逐步回归分析方法（stepwise regression analysis），可以检测到以下显著模式（表2）。

讨论

高水平的BDNF是器质性脑损伤相关的物理损伤恢复的重要预后标志之一[13, 16]。根据相关性分析的结果，BDNF的高含量与精神状态体征的缺失、道德准则的保留（ $r_s = 0.415$ ， $p = 0.01$ ）以及避免各种精神逃避方式（ $r_s = -0.443$ ， $p = 0.01$ ）有关。创伤后成长的表现与BDNF浓度之间的相关性值得特别关注。BDNF的高含量对应于个体对自己应对心理创伤影响的能力的信心（ $r_s = 0.398$ ， $p = 0.02$ ），以及在遭遇创伤情况后对新机会的披露（ $r_s = 0.334$ ， $p = 0.05$ ）。BDNF浓度与显著他人社会支持的负相关似乎是矛盾的（ $r_s = -0.333$ ， $p = 0.05$ ）。BDNF水平高的受访者往往低估了他们从当前环境中获得的社会支持。这种模式可能表明，在本样本中，来自重要他人的社会支持并不认为是应对行为的相关资源。

乍一看，这个基于发现的相关性而编制的个体心理概况，完全符合稳定表型的理论概念：没有精神反应和行为状态的迹象，同时，有创伤后成长的表现[19]。然而，相关分析使我们只能确定定量测量的参数之间存在联系这一事实，而不能确定它们之间影响的方向和性质。

因果模型的结果解释如下。

1、抗应力的预测因子为个人参与（ t 经验 $= -5.661$ ， $p < 0.001$ ）、灵活性（ t 经验 $= 2.549$ ， $p = 0.016$ ）和BDNF含量（ t 经验 $= 2.093$

, $p=0.045$)。“个人参与”一词是用来描述个人对自己生活中的事件和所选择的活动的兴趣和参与。由此产生的模型提供了参与在平均值内的表现,这对应于在应对压力情况时足够的自信、活动和目的性。灵活性是个体行为活动的自我调节系统的特征。根据所得到的模型,由于灵活尺度上的指标较高,可以获得最优的抗应力水平。高水平的灵活性体现在快速评估重要条件的能力,以及在不可预见的情况下,包括在风险情况下,轻松地重新安排行动计划的能力。BDNF参与提供抗压力是最期待和重要的结果之一[20]。加上个体对生活事件的参与和灵活地重新安排自己行动的能力,BDNF高含量形成了个体抵抗压力负荷的资源。

2、创伤后成长的一个组成部分如新机会的意识是由BDNF (t 经验=2.242, $p=0.032$)和心理变量“环境管理”(t 经验=4.124, $p<0.001$)和“悲观”(t 经验= -2.650, $p=0.013$)提供的。个体创伤后成长的表现之一是发现和实现个人成长和职业自我实现的新机会。“环境管理”是指有效利用现有资源和管理社会环境以实现个人目标的能力。得到的模型提供了该参数的高度严重性。同时,悲观主义包含在负系数的回归模型中,这意味着对未来的消极预期表达较弱,但不存在乐观态度。

有理由认为,在充分的神经保护和神经可塑性的背景下,对环境和社会环境的有效管理和悲观情绪的缺失,提供了心理创伤后对新机会的认识和实现。

3、BDNF (t 经验=2.911, $p=0.007$)与“环境管理”(t 经验=4.169, $p<0.001$)、“作为一个开放系统的人”(t 经验=3.225, $p=0.003$)、“预防克服”(t 经验=-2.257, $p=0.032$)等变量一起,是人格力量表达水平的预测因子。这种创伤后成长的表现与自我感知的积极变化和内心力量的体验有关。“作为一个开放系统的人”变量描述了对经验的开放,个人吸收新信息并在此基础上形成现实的人生观的能力。预防克服是一种应对策略,包括在消极事件发生前评估和预防,利用各种应对行为来增强对不确定性的容忍度。

根据得到的回归模型,为了使个体在心理创伤后对自己的人格力量形成积极的认识,以下参数的贡献是必要的:管理环境和社会环境的能力,对新体验的开放性和情感体验的自然性;一种未表达的预防性克服倾向,神经元的可塑性,这是由充足的BDNF提供的。

4、整体指标“心理幸福感”的回归模型具有心理计量学特征。它解释了因变量方差的87.2%。心理幸福感被理解为这样一种个人的实际状态,这是由自己存在的完整性和意义的经验所区分的。研究结果表明,创伤事件后心理健康的实现受到个人参与(t 经验=2.731, $p=0.011$)、主动克服(t 经验=3.449, $p=0.002$)、人格的力量(t 经验=3.903, $p=0.001$)、承担风险(t 经验=3.182, $p=0.004$)和BDNF等因素(t 经验=-3.106, $p=0.004$)的影响。“主动克服”是

指应对行为背景下的目标设定和自我调节过程。个体主动性克服的表现一般是为了形成应对资源。变量“个人参与”和“承担风险”与弹性描述相关:如果个人参与是一个人对自己生活的兴趣程度和对个人重大事件的参与程度,那么承担风险、对任何生活经历(积极和消极)都有助于个人发展的信心。根据这个模型,心理健康的另一个预测因素,就是人格的力量,也就是说,意识和体验内心力量是创伤后成长的结果。BDNF的浓度被包含在带有负信号的模型中。这使得我们有理由认为神经生物学因素在确保心理健康方面具有次要作用。

5、在研究心理稳定和有效应对创伤情境后果的背景下,对不良适应回归模型描述是一种硬币的另一面。不良适应障碍的预测因素为“情感平衡”(t 经验=-2.401, $p=0.023$),来自家庭的社会支持(t 经验=3.221, $p=0.003$),还有BDNF的含量(t 经验=2.511, $p=0.018$)。变量“情感平衡”概括和描述了一个人的自尊与各个方面的关系:自己的个性,能力,人际关系领域。根据得到的模型,消极自尊和自身无力感的体验促进了适应不良的状态。此外,家庭社会支持的缺失,并BDNF的低浓度也可能与不良适应状态的形成有关。

结论

发现的模式应该是非常令人鼓舞的。与此同时,得出的任何结论仍然是初步的。大脑的神经营养因子具有神经保护特性,可被认为是决定心理创伤后果有效应对的神经生物学标志[19,20]。33名受访者参与了实证研究。他们经历过创伤性事件(失去重要人物),并表现出心理稳定的迹象。根据数学和统计分析结果,患者血清中脑神经营养因子的含量可以预测其抗压能力和适应不良状态的严重程度、创伤后成长的表现和心理健康状况。因此,大脑的神经营养因子参与了个人和行为层面对心理创伤反应的形成。

有必要指出本研究的局限性:

1、样本不能代表生物性别的受访者比例:具有稳定表型的女性比男性更多。在心理创伤的成因和在创伤后应激障碍症状的风险中指出众所周知的性别特异性是适当和公平[1];

2、样本中受访者的平均年龄为 26.3 ± 7.46 岁。逻辑上可以假设,在其他年龄组的代表中,确保心理稳定和有效应对的机制在神经生物学、个人和行为层面可能有所不同;

3、样本量为33人。尽管初步选择了具有稳定表型迹象的研究参与者,但这样的数量不足以自信地证明所揭示的模式。

除了增加实验样本中被调查者的数量和按性别和年龄平衡他们的正式要求外,列出这一科学方向发展的实质性前景是重要的。因此,研究心理稳定和有效应对心理创伤后果的神经生物学预测因子需要仔细考虑遗传和表观遗传水平的调节。

Таблица 1. Результаты корреляционного анализа (n = 33)

Стабильные индивидуальные психологические показатели (методы оценки)	Связь коэффициента корреляции с уровнем BDNF, значимость
Ф15-вопросы психологического сжатия (шкала стрессовых реакций)	-0.443, p = 0.01
Психическая реакция и состояние ("адаптивность" множественная шкала личности)	0.415, p = 0.01
Сила личности (опросник исследования после травмы)	0.398, p = 0.02
Новые возможности (опросник исследования после травмы)	0.334, p = 0.05
Важность социальной поддержки (шкала множественных факторов социальной поддержки)	-0.333, p = 0.05

Таблица 2. Результаты множественной регрессии (n = 33)

Зависимая переменная, характеристика модели	Независимая переменная	Коэффициент Бета (стандартизованный коэффициент регрессии)	Коэффициент регрессии b	t-критерий	p
Сопротивление давлению (определение сопротивления и социального адаптивного метода), R = 0.749 R ² = 0.562	Личностное участие (тестирование способностей к жизни)	-0.742	-20.340	-5.661	0.000
	Гибкость (шкала оценки поведения)	0.345	45.040	2.549	0.016
	Фактор нейротрофического фактора мозга	0.268	0.226	2.093	0.045
Новые возможности (опросник исследования после травмы), R = 0.735 R ² = 0.540	Управление окружающей средой (шкала психического здоровья)	0.533	0.354	4.124	0.000
	Пессимизм (шкала оптимизма личности)	-0.342	-0.340	-2.650	0.013
	Фактор нейротрофического фактора мозга	0.295	0.005	2.249	0.032
Сила личности (опросник исследования после травмы), R = 0.810 R ² = 0.656	Управление окружающей средой (шкала психического здоровья)	0.523	0.246	4.169	0.000
	Фактор нейротрофического фактора мозга	0.341	0.004	2.911	0.007
	"как открытый человек" (шкала психического здоровья)	0.427	0.191	3.225	0.003
	Профилактика преодоления (опросник активного поведения)	-0.286	-0.195	-2.257	0.032
Психическое благополучие (шкала психического здоровья), R = 0.934 R ² = 0.872	Личностное участие (тестирование способностей к жизни)	0.318	1.570	2.731	0.011
	Активное преодоление (опросник активного поведения)	0.275	1.936	3.449	0.002
	Сила личности (опросник исследования после травмы)	0.368	4.334	3.903	0.001
	Нести риск (тестирование способностей к жизни)	0.312	2.884	3.182	0.004
	Фактор нейротрофического фактора мозга	-0.245	-0.037	-3.106	0.004
Социальная дезадаптация ("адаптивность" множественная шкала личности), R = 0.719 R ² = 0.516	Эмоциональный баланс (шкала психического здоровья)	-0.344	-0.043	-2.401	0.023
	Социальная поддержка семьи (шкала множественных факторов социальной поддержки)	0.483	1.095	3.221	0.003
	Фактор нейротрофического фактора мозга	0.355	0.004	2.511	0.018

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых — кандидатов наук. Название проекта: «Генетические и поведенческие корреляты психологической устойчивости при психологических травмах» (МК-1199.2020.6).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Conflict of interests. The authors declares no conflicts of interests.

Contribution of the authors: All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Вклад авторов: Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Koenen K.C., Ratanatharathorn A., Ng L., et al. Posttraumatic stress disorder in the World Mental Health Surveys // *Psychological Medicine*. 2017. Vol. 47, № 13. P. 2260–2274. doi:10.1017/S0033291717000708
2. Фаустова А.Г. Генетические маркеры психологической устойчивости и совладающего поведения. В сб.: Журавлев А.Л., Холодная М.А., Сабатощ П.А. Способности и ментальные ресурсы человека в мире глобальных перемен. М.: Институт психологии РАН; 2020. С. 1168–1176.
3. Фаустова А.Г., Афанасьева А.Э., Виноградова И.С. Психологическая устойчивость и феноменологически близкие категории // *Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие*. 2021. Т. 9, № 1 (32). С. 18–27. Доступно по: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=466>. Ссылка активна на 6 октября 2021. doi: 10.23888/humJ2021118-27
4. Logue M.W., van Rooij S.J.H., Dennis E.L., et al. Smaller hippocampal volume in posttraumatic stress disorder: a multisite ENIGMA-PGC study: subcortical volumetry results from posttraumatic stress disorder consortia // *Biological Psychiatry*. 2018. Vol. 83, № 3. P. 244–253. doi: 10.1016/j.biopsych.2017.09.006
5. McEwen B.S., Nasca C., Gray J.D., et al. Stress effects on neuronal structure: hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex // *Neuropsychopharmacology*. 2016. Vol. 41, № 1. P. 3–23. doi: 10.1038/npp.2015.171
6. O'Doherty D.C.M., Chitty K.M., Saddiqui S., et al. A systematic review and meta-analysis of magnetic resonance imaging measurement of structural volumes in posttraumatic stress disorder // *Psychiatry Research*. 2015. Vol. 232, № 1. P. 1–33. doi: 10.1016/j.psychres.2015.01.002
7. Колов С.А., Шейченко Е.Ю. Значение дисфункции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в психопатологии у ветеранов боевых действий // *Социальная и клиническая психиатрия*. 2009. Т. 19, № 3. С. 74–79.
8. Frank M.G., Watkins L.R., Maier S.F. Stress-induced glucocorticoids as a neuroendocrine alarm signal of danger // *Brain, Behavior and Immunity*. 2013. Vol. 33. P. 1–6. doi: 10.1016/j.bbi.2013.02.004
9. Ousdal O.T., Milde A.M., Hafstad G.S., et al. The association of PTSD symptom severity with amygdala nuclei volumes in traumatized youths // *Translational Psychiatry*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 1–10. doi: 10.1038/s41398-020-00974-4
10. Morey R.A., Haswell C.C., Hooper S.R., et al. Amygdala, hippocampus, and ventral medial prefrontal cortex volumes differ in maltreated youth with and without chronic posttraumatic stress disorder // *Neuropsychopharmacology*. 2016. Vol. 41, № 3. P. 791–801. doi: 10.1038/npp.2015.205
11. Liu H., Zhang C., Ji Y., et al. Biological and psychological perspectives of resilience: is it possible to improve stress resistance? // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2018. Vol. 12. P. 326. doi: 10.3389/fnhum.2018.00326
12. Miranda M., Morici J.F., Zanoni M.B., et al. Brain-Derived Neurotrophic Factor: A Key Molecule for Memory in the Healthy and the Pathological Brain // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2019. Vol. 13. P. 363. doi: 10.3389/fncel.2019.00363
13. Острова И.В., Голубева Н.В., Кузовлев А.Н., и др. Прогностическая значимость и терапевтический потенциал мозгового нейротрофического фактора BDNF при повреждении головного мозга (обзор) // *Общая реаниматология*. 2019. Т. 15, № 1. С. 70–86. doi: 10.15360/1813-9779-2019-1-70-86
14. Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Марченко А.А., и др. Прогностическое значение содержания в крови нейротрофического фактора мозга (BDNF) при терапии некоторых функциональных и органических заболеваний нервной системы с применением адаптола // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2012. Т. 112, № 4. С. 37–41.
15. Каракулова Ю.В., Селянина Н.В. Мониторинг нейротрофических факторов и когнитивных функций у пациентов с черепно-мозговой травмой // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2017. Т. 117, № 10. С. 34–37. doi: 10.17116/jnevro201711710134-37
16. Селянина Н.В., Каракулова Ю.В. Влияние мозгового нейротрофического фактора на реабилитационный потенциал после черепно-мозговой травмы // *Медицинский альманах*. 2017. № 5 (50). С. 76–79.
17. Notaras M., van den Buuse M. Neurobiology of BDNF in fear memory, sensitivity to stress, and stress-related disorders // *Molecular Psychiatry*. 2020. Vol. 25, № 10. P. 2251–2274. doi: 10.1038/s41380-019-0639-2
18. Felmingham K.L., Zuj D.V., Hsu K.C.M., et al. The BDNF Val66Met polymorphism moderates the relationship between Posttraumatic Stress Disorder and fear extinction learning // *Psychoneuroendocrinology*. 2018. Vol. 91. P. 142–148. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.03.002
19. Osório C., Probert T., Jones E., et al. Adapting to stress: understanding the neurobiology of resilience // *Behavioral Medicine*. 2017. Vol. 43, № 4. P. 307–322. doi: 10.1080/08964289.2016.1170661
20. Mojtabavi H., Saghazadeh A., van den Heuvel L., et al. Peripheral blood levels of brain-derived neurotrophic factor in patients with post-traumatic stress disorder (PTSD): A systematic review and meta-analysis // *PLoS One*. 2020. Vol. 15, № 11. P. e0241928. doi: 10.1371/journal.pone.0241928

REFERENCES

1. Koenen KC, Ratanatharathorn A, Ng L, et al. Posttraumatic stress disorder in the World Mental Health Surveys. *Psychological Medicine*. 2017;47(13):2260–74. doi:10.1017/S0033291717000708.
2. Faustova AG. Genetic markers of psychological resilience and coping behavior. In: *Sposobnosti i mental'nyye resursy cheloveka v mire global'nykh peremen*. Moscow: Institut psikhologii RAN; 2020. P. 1168–76. (In Russ).
3. Faustova AG, Afanas'yeva AE, Vinogradova IS. Psychological resilience and phenomenologically close categories. *Personality in a changing world: health, adaptation, development*. 2021;9(1):18–27. Available at: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=466>. Accessed: 6 Oct 2021. (In Russ). doi:10.23888/humJ2021118-27
4. Logue MW, van Rooij SJH, Dennis EL, et al. Smaller hippocampal volume in posttraumatic stress disorder: a multisite ENIGMA-PGC study: subcortical volumetry results from posttraumatic stress disorder consortia. *Biological Psychiatry*. 2018;83(3):244–53. doi:10.1016/j.biopsych.2017.09.006
5. McEwen BS, Nasca C, Gray JD, et al. Stress effects on neuronal structure: hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(1):3–23. doi:10.1038/npp.2015.171
6. O'Doherty DCM, Chitty KM, Saddiqui S, et al. A systematic review and meta-analysis of magnetic resonance imaging measurement of structural volumes in posttraumatic stress disorder. *Psychiatry Research*. 2015;232(1):1–33. doi:10.1016/j.psychres.2015.01.002
7. Kolov SA, Sheichenko EYu. The role of hypothalamic-pituitary-adrenal axis dysfunction in psychopathology of war veterans. *Sotsial'naya i Klinicheskaya Psikhatriya*. 2009;19(3):74–9. (In Russ).
8. Frank MG, Watkins LR, Maier SF. Stress-induced glucocorticoids as a neuroendocrine alarm signal of danger. *Brain, Behavior and Immunity*. 2013;33:1–6. doi:10.1016/j.bbi.2013.02.004
9. Ousdal OT, Milde AM, Hafstad GS, et al. The association of PTSD symptom severity with amygdala nuclei volumes in traumatized youths. *Translational Psychiatry*. 2020;10(1):1–10. doi:10.1038/s41398-020-00974-4
10. Morey RA, Haswell CC, Hooper SR, et al. Amygdala, hippocampus, and ventral medial prefrontal cortex volumes differ in maltreated youth with and without chronic posttraumatic stress disorder. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(3):791–801. doi:10.1038/npp.2015.205
11. Liu H, Zhang C, Ji Y, et al. Biological and psychological perspectives of resilience: is it possible to improve stress resistance? *Frontiers in Human Neuroscience*. 2018;12:326. doi:10.3389/fnhum.2018.00326
12. Miranda M, Morici JF, Zanoni MB, et al. Brain-Derived Neurotrophic Factor: A Key Molecule for Memory in the Healthy and the Pathological Brain. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2019;13:363. doi:10.3389/fncel.2019.00363
13. Ostrova IV, Golubeva NV, Kuzovlev AN, et al. Prognostic Value and Therapeutic Potential of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in Brain Injuries (Review). *General Reanimatology*. 2019;15(1):70–86. (In Russ). doi:10.15360/1813-9779-2019-1-70-86
14. Zhivolupov SA, Samartsev IN, Marchenko AA, et al. The prognostic significance of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) for phobic anxiety disorders, vegetative and cognitive impairments during conservative treatment including adaptol of some functional and organic diseases of nervous system. *Zhurnal Nevrologii i Psikhatrii imeni S.S. Korsakova*. 2012;112(4):37–41. (In Russ).
15. Karakulova IuV, Selianina NV. Monitoring of neurotrophic factors and cognitive function in patients with traumatic brain injury. *Zhurnal Nevrologii i Psikhatrii imeni S.S. Korsakova*. 2017;117(10):34–7. (In Russ). doi:10.17116/jnevro201711710134-37
16. Selyanina NV, Karakulova YuV. Influence of cerebral neurotrophic factor on rehabilitational potential after cerebrocranial traumata. *Medical Almanac*. 2017;(5):76–9. (In Russ).
17. Notaras M, van den Buuse M. Neurobiology of BDNF in fear memory, sensitivity to stress, and stress-related disorders. *Molecular Psychiatry*. 2020;25(10):2251–74. doi:10.1038/s41380-019-0639-2
18. Felmingham KL, Zuj DV, Hsu KCM, et al. The BDNF Val66Met polymorphism moderates the relationship between Posttraumatic Stress Disorder and fear extinction learning. *Psychoneuroendocrinology*. 2018;91:142–8. doi:10.1016/j.psyneuen.2018.03.002
19. Osório C, Probert T, Jones E, et al. Adapting to stress: understanding the neurobiology of resilience. *Behavioral Medicine*. 2017;43(4):307–22. doi:10.1080/08964289.2016.1170661
20. Mojtabavi H, Saghazadeh A, van den Heuvel L, et al. Peripheral blood levels of brain-derived neurotrophic factor in patients with post-traumatic stress disorder (PTSD): A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2020;15(11):e0241928. doi:10.1371/journal.pone.0241928

ОБ АВТОРАХ

***Фаустова Анна Геннадьевна**, к.псх.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-3592>;
eLibrary SPIN: 5869-7409; e-mail: a.faustova@rzgmu.ru

Красноруцкая Ольга Николаевна, д.м.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7923-1845>;
eLibrary SPIN: 3953-4656; e-mail: lech@vrngmu.ru

AUTHORS INFO

***Anna G. Faustova**, Cand. Sci. (Psych.), Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-3592>;
eLibrary SPIN: 5869-7409; e-mail: a.faustova@rzgmu.ru

Ol'ga N. Krasnorutskaya, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7923-1845>;
eLibrary SPIN: 3953-4656; e-mail: lech@vrngmu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author