

РОЛЬ НЕЙРОТРОФІЧНОГО ФАКТОРА МОЗКУ У ВІДНОВЛЕННІ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТІ У ДІТЕЙ

РЕЗЮМЕ. Нейротрофічний фактор мозку (Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF)), є ключовою молекулою в галузі нейронауки та нейробиології, відіграє вирішальну роль у диференціації, розвитку, виживанні та підтримці нейронів, BDNF також діє як нейромедіатор і бере участь у пластичності нервової системи. Актуальність поглибленого аналізу дії нейротрофінів, зокрема BDNF, зростає у зв'язку з пошуком ефективних підходів до раннього втручання та реабілітації при нейророзвиткових порушеннях.

Мета – систематизація сучасних наукових даних щодо впливу нейротрофічного фактора мозку на процеси нейропластичності в дитячому віці, аналіз механізмів дії та оцінка його потенціалу як прогностичного інструмента в системі медико-біологічного супроводу дітей із ураженням головного мозку.

Матеріал і методи. Систематичний пошук наукових джерел здійснювався у провідних міжнародних науково-метричних базах даних, зокрема PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar та ScienceDirect. Пошук здійснювався за допомогою комбінацій ключових слів, включно з термінами: Brain-derived neurotrophic factor; child development; postnatal developmental; cerebral plasticity.

Результати. Дедалі більше наукових робіт фокусуються на вивченні впливу BDNF на розвиток нервової системи у дітей, на зв'язок між рівнями BDNF у ранньому віці та показниками нейророзвитку, когнітивного функціонування й соціальної адаптації. BDNF може слугувати раннім маркером нейророзвиткових порушень, зокрема у недоношених дітей. Його рівень пов'язаний із психосоціальними навичками, реагує на реабілітацію та відображає вплив середовища, що підтверджує його потенціал як біомаркера нейропластичності й ефективності втручань.

Висновки. Нейротрофічний фактор мозку відіграє важливу роль у формуванні та підтримці нейропластичності, особливо в критичні періоди розвитку нервової системи дитини. Рівень BDNF корелює з когнітивними функціями, моторним розвитком та реакцією на реабілітаційні втручання. BDNF впливає на виживання нейронів, формування нових синапсів та модифікацію функціональних мереж ЦНС і відкриває нові можливості для впровадження реабілітаційних стратегій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: нейропластичність; порушення нейророзвитку; нейротрофічний фактор мозку; нейробиологія; біомаркер; реабілітаційний прогноз; раннє втручання.

Вступ. Різні закономірності нейропластичності та унікальна особливість підвищеної пластичності протягом критичних та сенситивних періодів є важливими концепціями для дослідників та клініцистів у галузі дитячої неврології та нейророзвиткових порушень. Критичні та сенситивні періоди розвитку мозку у здоровому та хворому стані можуть створювати «вікна можливостей» для нейромодуляційних втручань, які зазвичай не спостерігаються в мозку дорослих, і, ймовірно, посилюють реакції пластичності та покращують клінічні результати [1].

Нейротрофічний фактор мозку (Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF)) є ключовою молекулою в галузі нейронауки та нейробиології, яка відіграє вирішальну роль у диференціюванні, розвитку, виживанні та підтримці нейронів, він також діє як нейромедіатор і бере участь у пластичності нервової системи [2]. Однак роль BDNF виходить за межі базової нейронауки та впливає на різні аспекти здоров'я та захворювань мозку. Після початково виявлених функцій BDNF щодо диференціації, виживання та росту нейронів було виявлено кіль-

ка інших ефектів, таких як втручання в синаптичну пластичність [3, 4], нейропротекція [5], нейродегенерація [2] та контроль розладів настрою [3]. Таким чином, більшість спочатку виявлених ролей цього нейротрофіну формують клітинну та функціональну організацію нормального мозку, але новіші дані продемонстрували, що порушення регуляції BDNF пов'язане з низкою неврологічних розладів, включаючи хворобу Альцгеймера [5], хворобу Паркінсона [6], хворобу Хантінгтона та бічний аміотрофічний склероз (БАС) [7, 8], а також що низькі рівні BDNF пов'язані з депресією та тривогою [9].

Також BDNF відіграє вирішальну роль в антенатальних та постнатальних процесах розвитку мозку, включаючи нейрогенез, міграцію нейронів та формування синапсів. BDNF може сприяти патогенезу затримок нейророзвитку, як це припускають моделі на тваринах [10], або може бути раннім біомаркером у дітей, у яких пізніше розвиваються аномалії мозку. З цієї причини кілька досліджень вивчали потенційний зв'язок неонатального BDNF та нейророзвитку дітей [11], але дали суперечливі результати.

Однак, попри значну кількість досліджень, що демонструють важливість BDNF у дозріванні нервової системи, залишається не до кінця з'ясованим, чи може рівень цього фактора у ранньому віці слугувати надійним маркером для прогнозування нейропсихологічного розвитку дітей. Актуальність поглибленого аналізу дії нейротрофінів, зокрема BDNF, зростає у зв'язку з пошуком ефективних підходів до раннього втручання та реабілітації при нейророзвиткових порушеннях.

Мета – систематизація сучасних наукових даних щодо впливу нейротрофічного фактора мозку на процеси нейропластичності в дитячому віці, аналіз механізмів дії та оцінка його потенціалу як прогностичного інструмента в системі медико-біологічного супроводу дітей із ураженням головного мозку.

Матеріал і методи. Для підготовки цього огляду було здійснено систематичний пошук наукових джерел у провідних міжнародних наукометричних базах даних, зокрема PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar та ScienceDirect. Пошук доповнювався перевіркою відкритих ресурсів, таких як ResearchGate, для виявлення останніх досліджень і препринтів з відкритим доступом. Пошук здійснювався за допомогою комбінацій ключових слів, включно з термінами: Brain-derived neurotrophic factor; child development; postnatal developmental; cerebral plasticity.

Нейротрофічний фактор мозку (BDNF) – це поліфункціональний нейротрофін, подібний до фактора росту нервів або нейротрофіну-3, який зарекомендував себе після свого першого відкриття Yves-Alain Barde et al. BDNF вивільняється в локальну ділянку нейронів, яка активується, зв'язується, активує та здійснює свою дію через свій рецептор. Ця атипова дія забезпечує унікальну основу для BDNF як модулятора молекулярного навчання, а також головного організатора навчання, пам'яті та адаптивної поведінки [12, 13].

Також BDNF може бути біомаркером, оскільки вивільняючись пре- та постсинаптично з нейронів, він опосередковує апоптоз, диференціацію нейронів, виживання клітин та синаптичне посилення [14]. Таким чином, на відміну від традиційних біомаркерів структурних пошкоджень мозку, BDNF є біомаркером нейропластичності та репарації, необхідним для розвитку мозку, виживання нейронів та складних когнітивних функцій [15].

BDNF – білок родини нейротрофічних факторів росту, він бере участь у рості та диференціюванні нейронів, а також у формуванні та ліквідації синапсів [16]. BDNF існує в центральній нервовій системі та, з високою кореляцією, на периферії [17], і бере участь у пренатальному та постнатальному розвитку мозку [17]. Він має значний вплив

на процеси формування пам'яті, а також на розвиток мозку, зокрема на нейрогенез, синаптогенез і нейрональну диференціацію [18].

Вивільняється BDNF багатьма тканинами, включаючи скелетні м'язи, а також мозок [19]. BDNF відіграє важливу роль у структурі та функції мозку, захищаючи клітини та ДНК від пошкодження шляхом зниження оксидативного стресу [20], модулюючи нейрогенез, сприяючи росту аксонів та дендритів [21] та модулюючи синаптичну пластичність [22].

BDNF вважається головним регулятором нейрогенезу, забезпечуючи сигнали для проліферації, диференціації та дозрівання нейронів протягом усього їхнього життя, від ембріогенезу до дорослого віку. BDNF регулюється підвищеним чином на ранніх стадіях розвитку та є важливим для виживання постмітотичних нейронних попередників у нейрогенних ділянках мозку, таких як шлуночкова зона та субшлуночкова зона, а також сприяє їхньому мітотичному розширенню [23]. Навіть у дорослому віці BDNF продовжує функціонувати як регулятор нейрогенезу та нейрональної заміни, що продемонстровано в нейрогенних нішах, таких як субгранулярна зона зубчастої звини гіпокампа, підтримуючи постійну регенерацію нейронів та додавання нових нейронів до існуючих нейронних ланцюгів [24].

Таким чином, BDNF є ключовим модулятором нейропластичності, впливаючи як на виживання нейронів, так і на формування нових синаптичних зв'язків, особливо в періоди активного нейророзвитку. Дедалі більше наукових робіт фокусуються на вивченні впливу BDNF на розвиток нервової системи у дітей, на зв'язок між рівнями BDNF у ранньому віці та показниками нейророзвитку, когнітивного функціонування й соціальної адаптації.

Зокрема дослідження Ward N. та Hagg T. продемонструвало, що неонатальний BDNF може відображати ступінь зрілості нейронів у недоношених дітей, оскільки показано, що BDNF відіграє значну роль у дозріванні кори головного мозку та синаптичній пластичності в перинатальному та ранньому постнатальному періодах [25]. Робота Xion L. L. et al. засвідчила, що існує прямий взаємозв'язок між концентрацією BDNF та ефективністю роботи як центральної нервової системи (ЦНС), так і периферичної нервової системи [26].

Кілька досліджень, що вивчали вплив пуповинної крові або неонатального BDNF на розвиток дитини, показали позитивний зв'язок з особистісно-соціальними навичками у дітей [27].

Результати дослідження Ghassabian et al. свідчать про те, що нижчі рівні BDNF у новонароджених можуть бути раннім маркером аномального

нейророзвитку у недоношених дітей. Ідентифікація біомаркера, який присутній до появи аномальної поведінки, може дозволити раніше розпізнати дітей групи ризику та раніше вжити заходів [28].

Нові дані, які свідчать про те, що BDNF бере участь у біологічному вбудовуванні психосоціального середовища, реагує на реабілітаційну терапію та потенційно може бути модифікованим. Ці особливості підтверджують унікальний потенціал BDNF як біомаркера нейропластичності та нейронного відновлення, що відображає та реагує на вплив навколишнього середовища як до, так і після травми, з потенціалом для покращення лікування дитячого набутого ураження головного мозку шляхом підвищення точності прогностичних інструментів та інформування про прийняття терапевтичних рішень завдяки його використанню як біомаркера відповіді на втручання, що вказує на терапевтичні ефекти [15].

Таким чином, BDNF постає як перспективний біомаркер нейропластичності, здатний не лише відображати стан нервової системи в умовах психосоціального впливу та після травм, а й слугувати інструментом для прогнозування та оцінки ефективності реабілітаційних втручань у дітей.

Отже, нейротрофічний фактор мозку є медіатором нейропластичності в умовах як фізіологічного розвитку, так і при нейропатологіях у дитячому віці. Його здатність впливати на виживання

нейронів, формування нових синапсів та модифікацію функціональних мереж ЦНС відкриває нові можливості для впровадження реабілітаційних стратегій.

Висновок. Нейротрофічний фактор мозку відіграє важливу роль у формуванні та підтримці нейропластичності, особливо в критичні періоди розвитку нервової системи дитини. Рівень BDNF корелює з когнітивними функціями, моторним розвитком та реакцією на реабілітаційні втручання. BDNF впливає на виживання нейронів, формування нових синапсів та модифікацію функціональних мереж ЦНС та відкриває нові можливості для впровадження реабілітаційних стратегій.

Перспективи подальших досліджень. Проведення клінічних досліджень ефективності інтегрованих реабілітаційних програм, спрямованих на підвищення рівня нейротрофічного фактора мозку у дітей з нейророзвитковими розладами.

Джерела фінансування. Власні кошти автора.

Внесок автора:

М. В. Віцентович – формування концепції дослідження, розробка ідеї та дизайну дослідження, проведення огляду літератури та написання тексту.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ismail F. Y., Fatemi A., Johnston M. V. Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2017. Vol. 21, No. 1. P. 23–48. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.07.007
2. Ateaque S., Merkouris S., Barde Y. A. Neurotrophin signalling in the human nervous system. *Frontiers in Molecular Neuroscience*. 2023. Vol. 16. Article 1225373. DOI: 10.3389/fnmol.2023.1225373
3. Wang Y. H., Zhou H. H., Luo Q., Cui S. The effect of physical exercise on circulating brain-derived neurotrophic factor in healthy subjects: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Brain and Behavior*. 2022. Vol. 12, No. 4. e2544. DOI: 10.1002/brb3.2544
4. Lu B., Nagappan G., Lu Y. BDNF and synaptic plasticity, cognitive function, and dysfunction. *Handbook of Experimental Pharmacology*. 2014. Vol. 220. P. 223–250. DOI: 10.1007/978-3-642-45106-5_9
5. Miranda M., Morici J. F., Zanoni M. B., Bekinschtein P. Brain-Derived Neurotrophic Factor: A Key Molecule for Memory in the Healthy and the Pathological Brain. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2019. Vol. 13. Article 363. DOI: 10.3389/fncel.2019.00363
6. BDNF as a promising therapeutic agent in Parkinson's disease / Palasz E. et al. *International journal of molecular sciences*. 2020. Vol. 21, No. 3. P. 1170. DOI: 10.3390/ijms21031170.
7. Brain-derived neurotrophic factor in cerebrospinal fluid and plasma is not a biomarker for Huntington's disease / Ou Z. A. et al. *Scientific reports*. 2021. Vol. 11, No. 1. P. 3481. DOI: 10.1038/s41598-021-83000-x.
8. BDNF and pro-BDNF in amyotrophic lateral sclerosis: a new perspective for biomarkers of neurodegeneration / Riolo G. et al. *Brain Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 5. P. 617. DOI: 10.3390/brainsci12050617.
9. Martinowich K., Manji H., Lu B. New insights into BDNF function in depression and anxiety. *Nature Neuroscience*. 2007. Vol. 10, No. 9. P. 1089–1093. DOI: 10.1038/nn1971.
10. Investigating the role of hippocampal BDNF in anxiety vulnerability using classical eyeblink conditioning / Janke K. L. et al. *Frontiers in Psychiatry*. 2015. Vol. 6. Article ID: 106. DOI: 10.3389/fpsy.2015.00106.
11. Assessment of BDNF serum levels as a diagnostic marker in children with autism spectrum disorder / Barbosa A. G. et al. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 17348. DOI: 10.1038/s41598-020-74239-x.
12. Neuroprotective effects of the salidroside derivative SHPL-49 via the BDNF/TrkB/Gap43 pathway in rats with cerebral ischemia / You S. et al. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2024. Vol. 174. Article ID: 116460. DOI: 10.1016/j.biopha.2024.116460.

13. Multi-pathway neuroprotective effects of a novel salidroside derivative SHPL-49 against acute cerebral ischemic injury / Zhang P. et al. *European Journal of Pharmacology*. 2023. Vol. 949. Article ID: 175716. DOI: 10.1016/j.ejphar.2023.175716.
14. Neurocognitive functioning and health-related quality of life of children after pediatric intensive care admission: a systematic review / Hordijk J. A. et al. *Quality of Life Research*. 2022. Vol. 31, No. 9. P. 2601–2614. DOI: 10.1007/s11136-022-03124-z.
15. Brain-Derived Neurotrophic Factor in Pediatric Acquired Brain Injury and Recovery / Treble-Barna A. et al. *Biomolecules*. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 191. DOI: 10.3390/biom14020191.
16. Barde Y. A. The nerve growth factor family. *Progress in Growth Factor Research*. 1990. Vol. 2, No. 4. P. 237–248. DOI: 10.1016/0955-2235(90)90021-b.
17. Karege F., Schwald M., Cisse M. Postnatal developmental profile of brain-derived neurotrophic factor in rat brain and platelets. *Neuroscience Letters*. 2002. Vol. 328, No. 3. P. 261–264. DOI: 10.1016/s0304-3940(02)00529-3.
18. Human BDNF/TrkB variants impair hippocampal synaptogenesis and associate with neurobehavioural abnormalities / Sonoyama T. et al. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 9028. DOI: 10.1038/s41598-020-65531-x.
19. Walsh J. J., Tschakovsky M. E. Exercise and circulating BDNF: Mechanisms of release and implications for the design of exercise interventions. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2018. Vol. 43, No. 11. P. 1095–1104. DOI: 10.1139/apnm-2018-0192.
20. Hacıoglu G., Senturk A., Ince I., Alver A. Assessment of oxidative stress parameters of brain-derived neurotrophic factor heterozygous mice in acute stress model. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2016. Vol. 19, No. 4. P. 88–393.
21. Gonçalves J. T., Schafer S. T., Gage F. H. Adult neurogenesis in the hippocampus: From stem cells to behavior. *Cell*. 2016. Vol. 167, No. 4. P. 897–914. DOI: 10.1016/j.cell.2016.10.021.
22. Zenke F., Agnes E. J., Gerstner W. Diverse synaptic plasticity mechanisms orchestrated to form and retrieve memories in spiking neural networks. *Nature Communications*. 2015. Vol. 6. Article ID: 6922. DOI: 10.1038/ncomms7922.
23. Tan L. L., Alfonso J., Monyer H., Kuner R. Neurogenesis in the adult brain functionally contributes to the maintenance of chronic neuropathic pain. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11, No. 1. Article ID: 18549. DOI: 10.1038/s41598-021-97093-x.
24. Brain-derived neurotrophic factor contributes to neurogenesis after intracerebral hemorrhage: a rodent model and human study / Lin T. C. et al. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2023. Vol. 17. Article ID: 1170251. DOI: 10.3389/fncel.2023.1170251.
25. Ward N. L., Hagg T. BDNF is needed for postnatal maturation of basal forebrain and neostriatum cholinergic neurons in vivo. *Experimental Neurology*. 2000. Vol. 162, No. 2. P. 297–310. DOI: 10.1006/exnr.1999.7346.
26. Brain-derived neurotrophic factor and its related enzymes and receptors play important roles after hypoxic-ischemic brain damage / Xiong L. L. et al. *Neural Regeneration Research*. 2021. Vol. 16, No. 8. P. 1453–1459. DOI: 10.4103/1673-5374.303033.
27. The role of cord blood BDNF in infant cognitive impairment induced by low-level prenatal manganese exposure: LW birth cohort, China / Yu X. et al. *Chemosphere*. 2016. Vol. 163. P. 446–451. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.095.
28. Determinants of neonatal brain-derived neurotrophic factor and association with child development / Ghassabian A. et al. *Development and Psychopathology*. 2017. Vol. 29, No. 4. P. 1499–1511. DOI: 10.1017/S0954579417000414.

REFERENCES

1. Ismail FY, Fatemi A, Johnston MV. Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *Eur J Paediatr Neurol*. 2017;21(1):23–48. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.07.007
2. Ateaque S, Merkouris S, Barde YA. Neurotrophin signalling in the human nervous system. *Front Mol Neurosci*. 2023;16:1225373. DOI: 10.3389/fnmol.2023.1225373
3. Wang YH, Zhou HH, Luo Q, Cui S. The effect of physical exercise on circulating brain-derived neurotrophic factor in healthy subjects: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Brain Behav*. 2022;12(4):e2544. DOI: 10.1002/brb3.2544
4. Lu B, Nagappan G, Lu Y. BDNF and synaptic plasticity, cognitive function, and dysfunction. *Handb Exp Pharmacol*. 2014;220:223–50. DOI: 10.1007/978-3-642-45106-5_9
5. Miranda M, Morici JF, Zanoni MB, Bekinschtein P. Brain-derived neurotrophic factor: A key molecule for memory in the healthy and the pathological brain. *Front Cell Neurosci*. 2019;13:363. DOI: 10.3389/fncel.2019.00363
6. Palasz E, Wysocka A, Gasiorowska A, Chalimoniuk M, Niewiadomski W, Niewiadomska G. BDNF as a promising therapeutic agent in Parkinson's disease. *Int J Mol Sci*. 2020;21(3):1170. DOI: 10.3390/ijms21031170
7. Ou ZA, Byrne LM, Rodrigues FB, Tortelli R, Johnson EB, Foiani MS, et al. Brain-derived neurotrophic factor in cerebrospinal fluid and plasma is not a biomarker for Huntington's disease. *Sci Rep*. 2021;11(1):3481. DOI: 10.1038/s41598-021-83000-x
8. Riolo G, Ricci C, De Angelis N, Marzocchi C, Guerrera G, Borsellino G, et al. BDNF and pro-BDNF in amyotrophic lateral sclerosis: a new perspective for biomarkers of neurodegeneration. *Brain Sci*. 2022;12(5):617. DOI: 10.3390/brainsci12050617
9. Martinowich K, Manji H, Lu B. New insights into BDNF function in depression and anxiety. *Nat Neurosci*. 2007;10(9):1089–93. DOI: 10.1038/nn1971
10. Janke KL, Cominski TP, Kuzhikandathil EV, Servatius RJ, Pang KC. Investigating the role of hippocampal BDNF in anxiety vulnerability using classical eyeblink

conditioning. *Front Psychiatry*. 2015;6:106. DOI: 10.3389/fpsy.2015.00106

11. Barbosa AG, Pratesi R, Paz GSC, Dos Santos MAAL, Uenishi RH, Nakano EY, et al. Assessment of BDNF serum levels as a diagnostic marker in children with autism spectrum disorder. *Sci Rep*. 2020;10(1):17348. DOI: 10.1038/s41598-020-74239-x

12. You S, Ma Z, Zhang P, Xu W, Zhan C, Sang N, et al. Neuroprotective effects of the salidroside derivative SHPL-49 via the BDNF/TrkB/Gap43 pathway in rats with cerebral ischemia. *Biomed Pharmacother*. 2024;174:116460. DOI: 10.1016/j.biopha.2024.116460

13. Zhang P, Xu J, Cui Q, Lin G, Wang F, Ding X, et al. Multi-pathway neuroprotective effects of a novel salidroside derivative SHPL-49 against acute cerebral ischemic injury. *Eur J Pharmacol*. 2023;949:175716. DOI: 10.1016/j.ejphar.2023.175716

14. Hordijk JA, Verbruggen SC, Buysse CM, Utens EM, Joosten KF, Dulfer K. Neurocognitive functioning and health-related quality of life of children after pediatric intensive care admission: a systematic review. *Qual Life Res*. 2022;31(9):2601–14. DOI: 10.1007/s11136-022-03124-z

15. Treble-Barna A, Petersen BA, Stec Z, Conley YP, Fink EL, Kochanek PM. Brain-Derived Neurotrophic Factor in Pediatric Acquired Brain Injury and Recovery. *Biomolecules*. 2024;14(2):191. DOI: 10.3390/biom14020191

16. Barde YA. The nerve growth factor family. *Prog Growth Factor Res*. 1990;2(4):237–48. DOI: 10.1016/0955-2235(90)90021-b

17. Karege F, Schwald M, Cisse M. Postnatal developmental profile of brain-derived neurotrophic factor in rat brain and platelets. *Neurosci Lett*. 2002;328(3):261–4. DOI: 10.1016/S0304-3940(02)00529-3

18. Sonoyama T, Stadler LKJ, Zhu M, et al. Human BDNF/TrkB variants impair hippocampal synaptogenesis and associate with neurobehavioural abnormalities. *Sci Rep*. 2020;10(1):9028. DOI: 10.1038/s41598-020-65531-x

19. Walsh JJ, Tschakovsky ME. Exercise and circulating BDNF: Mechanisms of release and implications for the design of exercise interventions. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2018;43(11):1095–104. DOI: 10.1139/apnm-2018-0192

20. Hacıoglu G, Senturk A, Ince I, Alver A. Assessment of oxidative stress parameters of brain-derived neurotrophic factor heterozygous mice in acute stress model. *Iran J Basic Med Sci*. 2016;19(4):388–93.

21. Gonçalves JT, Schafer ST, Gage FH. Adult neurogenesis in the hippocampus: From stem cells to behavior. *Cell*. 2016;167(4):897–914. DOI: 10.1016/j.cell.2016.10.021

22. Zenke F, Agnes EJ, Gerstner W. Diverse synaptic plasticity mechanisms orchestrated to form and retrieve memories in spiking neural networks. *Nat Commun*. 2015;6:6922. DOI: 10.1038/ncomms7922

23. Tan LL, Alfonso J, Monyer H, Kuner R. Neurogenesis in the adult brain functionally contributes to the maintenance of chronic neuropathic pain. *Sci Rep*. 2021;11(1):18549. DOI: 10.1038/s41598-021-97093-x

24. Lin TC, Tsai YC, Chen YA, Young TH, Wu CC, Chiang YH, et al. Brain-derived neurotrophic factor contributes to neurogenesis after intracerebral hemorrhage: a rodent model and human study. *Front Cell Neurosci*. 2023;17:1170251. DOI: 10.3389/fncel.2023.1170251

25. Ward NL, Hagg T. BDNF is needed for postnatal maturation of basal forebrain and neostriatum cholinergic neurons in vivo. *Exp Neurol*. 2000;162(2):297–310. DOI: 10.1006/exnr.1999.7346

26. Xiong LL, Chen J, Du RL, et al. Brain-derived neurotrophic factor and its related enzymes and receptors play important roles after hypoxic-ischemic brain damage. *Neural Regen Res*. 2021;16(8):1453–9. DOI: 10.4103/1673-5374.303033

27. Yu X, Chen L, Wang C, Yang X, Gao Y, Tian Y. The role of cord blood BDNF in infant cognitive impairment induced by low-level prenatal manganese exposure: LW birth cohort, China. *Chemosphere*. 2016;163:446–51. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.095

28. Ghassabian A, Sundaram R, Chahal N, McLain AC, Bell E, Lawrence DA, et al. Determinants of neonatal brain-derived neurotrophic factor and association with child development. *Dev Psychopathol*. 2017;29(4):1499–511. DOI: 10.1017/S0954579417000414

M. V. Vitsentovych

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

THE ROLE OF BRAIN-DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR IN THE RESTORATION OF NEUROPLASTICITY IN CHILDREN

SUMMARY. Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF) is a key molecule in the field of neuroscience and neurobiology, playing a crucial role in the differentiation, development, survival and maintenance of neurons, BDNF also acts as a neurotransmitter and is involved in the plasticity of the nervous system. The relevance of in-depth analysis of the action of neurotrophins, in particular BDNF, is growing in connection with the search for effective approaches to early intervention and rehabilitation in neurodevelopmental disorders.

The aim – to systematize modern scientific data on the effect of brain-derived neurotrophic factor on neuroplasticity processes in childhood, analysis of mechanisms of action and evaluation of its potential as a prognostic tool in the system of medical and biological support for children with brain damage.

Огляди літератури, оригінальні дослідження, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

Material and Methods. A systematic search of scientific sources was carried out in leading international scientific and metric databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, and ScienceDirect. The search was conducted using combinations of keywords, including terms: Brain-derived neurotrophic factor; child development; postnatal developmental; cerebral plasticity.

Results. An increasing number of scientific studies focus on the impact of BDNF on the development of the nervous system in children, the relationship between BDNF levels in early life and indicators of neurodevelopment, cognitive functioning and social adaptation. BDNF can serve as an early marker of neurodevelopmental disorders, particularly in preterm infants. Its level is associated with psychosocial skills, responds to rehabilitation, and reflects environmental influences, which confirms its potential as a biomarker of neuroplasticity and the effectiveness of interventions.

Conclusions. Brain-derived neurotrophic factor plays an important role in the formation and maintenance of neuroplasticity, especially during critical periods of development of the child's nervous system. BDNF levels correlate with cognitive function, motor development, and response to rehabilitation interventions. BDNF affects neuronal survival, the formation of new synapses and modification of CNS functional networks and opens up new opportunities for the implementation of rehabilitation strategies.

KEY WORDS: neuroplasticity; neurodevelopmental disorders; brain-derived neurotrophic factor; neurobiology; biomarker; rehabilitation prognosis; early intervention.

Отримано 11.08.2025

Електронна адреса для листування: maria.vitsentovich@gmail.com