

ОГЛЯДИ ЛІТЕРАТУРИ

УДК 611.813:615.212.7]-018.1-08

Зінько А.В.

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН БІЛОЇ РЕЧОВИНИ КІНЦЕВОГО МОЗКУ В НОРМІ ТА ЗА УМОВ ПАТОЛОГІЇ

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Аналіз сучасної фахової літератури свідчить про особливе зацікавлення науковців вивченням кінцевого мозку. Наявність новітніх методів дослідження відкриває нові можливості пізнання морфофункціонального стану нервової системи. Патологія мозолистого тіла виникає з різних причин, таких як вроджені, запальні, онкологічні, інфекційні захворювання, травматичні пошкодження, метаболічні та судинні розлади, вплив токсичних речовин. Метою дослідження було проведення аналізу стану наукових знань щодо структурних та функціональних особливостей білої речовини кінцевого мозку за умов фізіологічної норми та при патологічних станах. До сьогодні важливим залишається вивчення вікових, статевих та конституційних особливостей структур головного мозку в нормі. Суперечливими є дані щодо морфологічного стану білої речовини кінцевого мозку доношених і недоношених дітей. Низка праць присвячена віковим змінам білої речовини кінцевого мозку в нормі та за умов патології. Враховуючи дані наукової фахової вітчизняної та закордонної літератури, можна стверджувати, що проблема морфофункціональних особливостей білої речовини кінцевого мозку за умов фізіологічної норми та під впливом екзо- та ендопатогенних факторів є важливою як для морфологів, так і для клініцистів. Багато питань цієї проблеми є дискусійними, вимагають як найскорішого вирішення шляхом проведення експериментальних та клінічних досліджень. Знання анатомії мозолистого тіла за умов фізіологічної норми та за умов патології має важливе значення для радіологів, щоб встановити хворобу на ранній стадії і допомогти клініцисту обрати оптимальні терапевтичні дії.

Ключові слова: біла речовина кінцевого мозку, морфологія.

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри нормальної анатомії та оперативної хірургії з топографічною анатомією «Структура органів та їх кровоносного русла в онтогенезі, під дією лазерного опромінення та фармацевтичних засобів, при порушеннях кровопостачання, реконструктивних операціях та цукровому діабеті», № державної реєстрації 0110U001854.

Вступ

Аналіз сучасної фахової літератури свідчить про особливе зацікавлення науковців вивченням кінцевого мозку [4, 5, 6, 24, 28]. Наявність новітніх методів дослідження відкриває нові можливості пізнання морфофункціонального стану нервової системи [2, 3, 23]. Мозолисте тіло людини складається з 200-250 мільйонів аксонів [22]. Патологія мозолистого тіла виникає з різних причин, таких як вроджені, запальні, онкологічні, інфекційні захворювання, травматичні пошкодження, метаболічні та судинні розлади, вплив токсичних речовин. Мозолисте тіло або певна частина його можуть бути порушеними вибірково. Численні вади мозолистого тіла виявляються часто під час КТ і МРТ. Знання анатомії мозолистого тіла за умов фізіологічної норми та за умов патології має важливе значення для радіологів,

щоб встановити хворобу на ранній стадії і допомогти клініцисту обрати оптимальні терапевтичні дії.

В той час, як численні зарубіжні морфологи активно вивчають анатомію променистого вінця і мозолистого тіла [10,11,16,18], трапляються лише поодинокі повідомлення у вітчизняній фаховій літературі щодо окресленого вище питання [1,7].

Спираючись на вітчизняні та закордонні дані фахової літератури, метою дослідження було проаналізувати стан наукових знань щодо структурних та функціональних особливостей білої речовини кінцевого мозку за умов фізіологічної норми та при патологічних станах.

До сьогодні важливим залишається вивчення вікових, статевих та конституційних особливостей структур головного мозку в нормі [1,7]. Авто-

рами встановлено у дітей чітку залежність розмірів і будови мозолистого тіла від форми голови. Найширший діапазон індивідуальних відмінностей виявлено у підлітків до 17 років, що пояснюється інтенсивним розвитком саме в цей період складних комплексних рухів, із формуванням зв'язків між окремими центрами [7]. Суперечливими є дані щодо морфологічного стану білої речовини кінцевого мозку доношених і недоношених дітей [8,25]. На думку деяких дослідників, мікроструктура білої речовини кінцевого мозку недоношених дітей значно змінена, що підтверджує вірогідна різниця морфометричних показників при статистичному опрацюванні [25]. Недоношені діти мають високий ризик розвитку черепно-мозкової травми та порушення розвитку нервової системи, що часто виявляється при звичайній магнітно-резонансній томографії. У 70 новонароджених (39 хлопчиків і 31 дівчинка) було досліджене мозолисте тіло. Виявлено морфологічні зміни білої речовини недоношених новонароджених, зокрема вірогідне відхилення морфометричних параметрів мозолистого тіла.

Інша праця [8] свідчить, що мікроструктурна організація мозолистого тіла новонародженої дитини не залежить від недоношеності.

Цікавими є результати дослідження залежності анатомічного розташування низхідних шляхів у променистому вінці в нормі [9,13]. Авторами встановлено соматотопічну організацію нервових волокон в променистому вінці кінцевого мозку шляхом визначення відстані між волокнами, відповідальними за верхні та нижні кінцівки. У присередньо-бічному напрямку середня відстань між волокнами кірково-спинномозкового шляху для верхніх і нижніх кінцівок становила 2,41 мм на верхньому рівні променистого вінця і 1,21 мм на нижньому рівні променистого вінця. У передньо-задньому напрямку, середня відстань між волокнами кірково-спинномозкового шляху для верхніх і нижніх кінцівок становила 5,23 мм на верхньому рівні променистого вінця і 4,47 мм на нижньому рівні променистого вінця. Наведені результати показують, що анатомічне розташування і соматотопічна організація волокон кірково-спинномозкового шляху для верхньої та нижньої кінцівок наступна: волокна для верхньої кінцівки розташовані спереду і вбік від волокон для нижньої кінцівки в променистому вінці нормального людського мозку, відстані між волокнами верхньої та нижньої кінцівок зменшуються в міру опускання від верхнього до нижнього рівня променистого вінця.

Низка праць присвячена віковим змінам білої речовини кінцевого мозку в нормі та за умов патології [26, 27]. Зокрема досліджено потенціал кореляції вікових змін білої речовини кінцевого мозку і площі поперечного перерізу мозолистого тіла. У 578 пацієнтів шляхом застосування магнітно-резонансної томографії (МРТ) визначено площу поперечного перерізу в 5-ти ділянках мозолистого тіла. Встановлено вірогідну кореляцію

між площею поперечного перерізу ділянки валика мозолистого тіла і морфологічними змінами білої речовини кінцевого мозку. У ВІЛ-інфікованих пацієнтів було відзначено зменшення площі профілю всього мозолистого тіла, а також його різних частин. Абсолютна кількість нервових волокон значно зменшувалась в лобовій і потиличній частинах мозолистого тіла. Аналіз морфометричних показників нервових волокон, аксонів, їхніх мієлінових оболонок вказує на те, що в деяких ділянках зменшується кількість аксонів, зменшується також товщина мієлінової оболонки, але в окремих ділянках спостерігається набухання аксонів, їх набряк, розширення мієлінових оболонок за рахунок набряку і розширення.

Морфометричним дослідженням мозолистого тіла присвячено чимало праць [12,20]. Визначення співвідношення загального об'єму, площі і довжини головного мозку дорослих і дітей до ширини різних відділів мозолистого тіла в нормі та патології показало, що за умов патологічних станів параметри головного мозку дорослих вірогідно не змінюються [12]. При цьому ширина різних відділів мозолистого тіла вірогідно зростає, що, відповідно, призводить до вірогідної зміни (на 20%) співвідношення об'єму, площі і довжини до ширини мозолистого тіла. У дітей спостерігається вірогідна зміна параметрів головного мозку і мозолистого тіла. Зміну розмірів мозолистого тіла автори пояснюють надмірною мієлінізацією нервових волокон (аксонів), збільшенням кількості позаклітинної речовини, вакуолізацією. Автори припускають також, що зміни морфометричних параметрів головного мозку в цілому і мозолистого тіла зокрема зумовлені процесами апоптозу клітин, але підкреслюють, що останнє вимагає підтвердження в подальших глибших дослідженнях.

У фаховій літературі є повідомлення про вивчення мікроструктурних пошкоджень білої речовини кінцевого мозку методом просторової статистики [15]. Дослідження виконано у 26 здорових (контрольних) осіб і у 28 (13 чоловіків і 15 жінок) пацієнтів з розладами поведінки та емоцій. Результати досліджень свідчать про статистично вірогідне зниження фракційної анізотропії в коліні та в дзюбі мозолистого тіла ($p < 0,05$), а також в пучках променистого вінця правої і лівої лобових часток півкуль кінцевого мозку ($p < 0,002$) у пацієнтів з розладами поведінки та емоцій, у порівнянні з контрольною групою. Авторами не зафіксовано кореляцію змін білої речовини з віком або супутніми захворюваннями.

Значне зменшення об'єму мозолистого тіла спостерігається у пацієнтів з біполярними розладами [14]. Було обстежено 21 особу віком $44,4 \pm 7,5$ років (48% жінок) з біполярними розладами методом магнітно-резонансної томографії (МРТ). 34 особи склали контрольну групу. Було створено тривимірні моделі з метою візуалізації більшої поверхні мозолистого тіла. Резуль-

тати дослідження показали значне стоншення і зменшення площі мозолистого тіла у пацієнтів з біполярними розладами. Особливе відхилення значень показників від норми виявлено в коліні та валику мозолистого тіла. Морфологічно спостерігали значне стоншення мієлінових оболонок нервових волокон. Зміни морфометричних параметрів мозолистого тіла виявлено і при вродженій сліпоті. Розроблено модель вивчення різних патологічних станів рухових нейронів за допомогою аналізу стану мозолистого тіла [17].

Черепно-мозкова травма часто викликає травматичне ушкодження аксонів білої речовини кінцевого мозку [19]. В експерименті на білих щурах вивчали морфологічні зміни мозолистого тіла за станом олігодендроцитів та мієлінової оболонки нервових волокон. Застосовували також метод нейровізуалізації. Травму наносили в ділянці дзьоба мозолистого тіла. Впродовж першого тижня після травми магнітно-резонансна томографія показала, що осьовий коефіцієнт дифузії в мозолистому тілі зменшується, спостерігається гіпертрофія мікроглії, гіпертрофія астроцитів, проліферація олігодендроцитів. При електронномікроскопічному дослідженні виявлено дегенерацію аксонів, демієлінізацію нервових волокон.

У поодиноких працях розглядають топографічні аспекти анатомії мозолистого тіла в нормі та за умов токсичних впливів [21]. Проаналізувавши стан мієліну, мікроглії та астроцитів, автори роблять висновок, що за умов токсичного впливу найперше структурні зміни розвиваються у крайових ділянках мозолистого тіла, а згодом проникають у товщу мозолистого тіла.

Висновки

Враховуючи наведені вище дані наукової фахової вітчизняної та закордонної літератури, можна стверджувати, що проблема морфофункціональних особливостей білої речовини кінцевого мозку за умов фізіологічної норми та під впливом екзо- та ендопатогенних факторів є важливою як для морфологів, так і для клініцистів. Багато питань цієї проблеми є дискусійними, вимагають якнайскорішого вирішення шляхом проведення експериментальних та клінічних досліджень.

Література

1. Бабич Л. В. Вікові, статеві та конституціональні особливості структур головного мозку здорового населення (огляд літератури) / Л. В. Бабич // Вісник Вінницького національного медичного університету. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 22–228.
2. Бекесевич А. М. Морфометричний аналіз ангіоархітектоники кори мозочка за умов впливу опію / А. М. Бекесевич // Світ медицини та біології. – 2014. – Т. 4, № 46. – С. 68–71.
3. Зінько А. В. Вплив опію на ультраструктуру промістного вінця кінцевого мозку в експерименті / А. В. Зінько, Л. Р. Матешук-Вацеба // Світ медицини та біології. – 2014. – Т. 4, № 47. – С. 127–130.
4. Коржевский Д. Э. Постмишеческая пролиферация клеток конечного мозга и проблема постнатального нейрогенеза / Д. Э. Коржевский, О. В. Кирик, Т. Д. Власов // Всероссийская конференция с международным участием «Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга». 2-3 декабря 2010 года. – 2010. – С. 388–390.

5. Обухов Д. К. Современные представления о развитии, структуре и эволюции неокортекса конечного мозга млекопитающих животных и человека / Д. К. Обухов // Вопросы морфологии XXI века. – 2008. – № 1. – С. 200–233.
6. Обухов Д. К. Современные представления об эволюции конечного мозга позвоночных животных / Д. К. Обухов, Е. В. Обухова, Е. В. Пушина // Международный журнал экспериментального образования. – № 6 / 2012. – С. 19–21.
7. Струкова С. С. Индивидуальные различия и возрастная динамика анатомометрических показателей глубоких структур головного мозга в детском возрасте по данным магнитно-резонансной томографии: автореф. дисс. на соискание научной степени канд. мед. наук: специальность 14.00.02 «Анатомия человека» / С. С. Струкова. – Оренбург, 2006. – 30 с.
8. Shim S. Y. Altered microstructure of white matter except the corpus callosum is independent of prematurity / S. Y. Shim, H. J. Jeong, D. W. Son // Neonatology. – 2012. – Vol. 102 (4). – P. 309–315.
9. Kwon H. G. Anatomical location and somatotopic organization of the corticospinal tract in the corona radiata of the normal human brain: a diffusion tensor tractography study / H. G. Kwon, J. H. Yang, J. B. Park // Neuroreport. – 2014. – Vol. 25(9). – P. 710–714.
10. Beltran-Marin M. Transient restricted diffusion in the splenium of the corpus callosum after brain surgery / M. Beltran – Marin, N. Sadeghi // JBR- BTR. – 2013. – Vol. 96, № 2. – P. 92.
11. Christova R. Agenesis of corpus callosum – a review / R. Christova // Akush. Ginekol. (Sofia). – 2010. – Vol. 49, № 3. – P. 29–36.
12. Wignall E. L. Corpus callosum morphology and microstructure assessed using structural MR imaging and diffusion tensor imaging: initial findings in adults with neurofibromatosis type 1 / E. L. Wignall, P. D. Griffiths, N. G. Papadakis // Am J. Neuroradiol. – 2010. – Vol. 31(5). – P. 856–861.
13. Jang S. H. The anatomical location of the corticobulbar tract in the corona radiata in the human brain: Diffusion tensor tractography study / S. H. Jang, J. P. Seo // Neurosci lett. – 2015. – Vol. 590. – P. 80–83.
14. Bearden C.E. Mapping corpus callosum morphology in twin pairs discordant for bipolar disorder / C.E. Bearden, T. G. van Erp, R. A. Dutton [et al.] // Cereb Cortex. – 2011. – Vol. 21 (10). – P. 2415–2424.
15. Carrasco J. L. Microstructural white matter damage at orbitofrontal areas in borderline personality disorder / J. L. Carrasco, K. Tajima-Pozo, M. Diaz-Marsá [et al.] // J. Affect Disord. – 2012. – Vol. 139 (2). – P. 149–153.
16. Di Paola M. Multimodal MRI analysis of the corpus callosum reveals white matter differences in presymptomatic and early Huntington's disease / M. Di Paola, E. Luders, A. Cherubini [et al.] // Cereb. Cortex. – 2012. – Vol. 22 (12). – P. 2858–2866.
17. Müller H. P. Neuroanatomical patterns of cerebral white matter involvement in different motor neuron diseases as studied by diffusion tensor imaging analysis / H. P. Müller, A. Unrath, H. J. Huppertz [et al.] // Amyotroph Lateral Scler. – 2012. – Vol. 13 (3). – P. 254–264.
18. Dhamija R. Novel de novo SPOCK1 mutation in a proband with developmental delay, microcephaly and agenesis of corpus callosum / R. Dhamija, J. M. Graham Jr, N. Smaoui [et al.] // Eur. J. Med. Genet. – 2014. – Vol. 57 (4). – P. 181–184.
19. Sullivan G. M. Oligodendrocyte lineage and subventricular zone response to traumatic axonal injury in the corpus callosum / G. M. Sullivan, A. J. Mierzwa, N. Kijpalsalratana [et al.] // J. Neuropathol Exp. Neurol. – 2013. – Vol. 72 (12). – P. 1106–1125.
20. Abdul-Kreem I. A. Regional corpus callosum morphometry: effect of field strength and pulse sequence / I. A. Abdul-Kreem, A. Stancak, L. M. Parkes, V. Sluming // J. Magn. Reson. Imaging. – 2009. – Vol. 30 (5). – P. 1184–1190.
21. Schmidt T. Regional heterogeneity of cuprizone-induced demyelination: topographical aspects of the midline of the corpus callosum. / T. Schmidt, H. Awad, A. Slowik [et al.] // J. Mol. Neurosci. – 2013. – Vol. 49 (1). – P. 80–88.
22. Fittsiori A. The corpus callosum: white matter or terra incognita / A. Fittsiori, D. Nguyen, A. Karentzos [et al.] // Br. J. Radiol. – 2011. – Vol. 84 (997). – P. 5–18.
23. Oğuz K. K. Tract-based spatial statistics of diffusion tensor imaging in hereditary spastic paraplegia with thin corpus callosum reveals widespread white matter changes / K. K. Oğuz, E. Sanverdi, A. Has [et al.] // Diagn. Interv. Radiol. – 2013. – Vol. 19 (3). – P. 181–186.
24. De Bruïne F. T. Tractography of white-matter tracts in very preterm infants: a 2-year follow-up study / F. T. De Bruïne, G. Van Wezel-Meijler, L. M. Leijser [et al.] // Dev. Med. Child. Neurol. – 2013. – Vol. 55 (5). – P. 427–433.
25. Liu Y. White matter abnormalities are related to microstructural changes in preterm neonates at term-equivalent age: a diffusion tensor imaging and probabilistic tractography study / Y. Liu, A. Aeby, D. Balériaux [et al.] // Am. J. Neuroradiol. – 2012. – Vol. 33 (5). – P. 839–845.

26. Ryberg C. White matter changes contribute to corpus callosum atrophy in the elderly: the LADIS study / C. Ryberg, E. Rostrup, K. Sjöstrandn [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* – 2008. – Vol 29 (8). – P. 1498–1504.
27. Wohlschlaeger J. White matter changes in HIV-1 infected brains: a combined gross anatomical and ultrastructural morphometric investigation of the corpus callosum / J. Wohlschlaeger, E. Wenger, P. Mehraein, S. Weis // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2009. – Vol. 111 (5). – P. 422–429.
28. Yu D. White matter integrity affected by depressive symptoms in migraine without aura: a tract-based spatial statistics study / D. Yu, K. Yuan, L. Zhao [et al.] // *NMR Biomed.* – 2013. – Vol. 26 (9). – P. 1103–1112.

Реферат

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ БЕЛОГО ВЕЩЕСТВА КОНЕЧНОГО МОЗГА В НОРМЕ И В УСЛОВИЯХ ПАТОЛОГИИ
Зинько А.В.

Ключевые слова: белое вещество конечного мозга, морфология.

Анализ современной научной литературы свидетельствует об особом интересе ученых к изучению конечного мозга. Наличие новейших методов исследования открывает новые возможности познания морфофункционального состояния нервной системы. Патология мозолистого тела возникает по разным причинам, таким как врожденные, воспалительные, онкологические, инфекционные заболевания, травматические повреждения, метаболические и сосудистые расстройства, влияние токсических веществ. Целью исследования было проведение анализа состояния научных знаний о структурных и функциональных особенностях белого вещества конечного мозга в условиях физиологической нормы и при патологических состояниях. До сих пор важным остается изучение возрастных, половых и конституциональных особенностей структур головного мозга в норме. Противоречивы данные о морфологическом состоянии белого вещества конечного мозга доношенных и недоношенных детей. Ряд работ посвящен возрастным изменениям белого вещества конечного мозга в норме и в условиях патологии. Учитывая данные научной отечественной и зарубежной литературы, можно утверждать, что проблема морфофункциональных особенностей белого вещества конечного мозга в условиях физиологической нормы и под влиянием экзо- и эндопатогенных факторов является важной как для морфологов, так и для клиницистов. Многие вопросы по этой проблеме дискуссионны и требуют скорейшего решения путем проведения экспериментальных и клинических исследований. Знание анатомии мозолистого тела в условиях физиологической нормы и в условиях патологии имеет большое значение для радиологов, чтобы установить болезнь на ранней стадии и помочь клиницисту выбрать оптимальные терапевтические действия.

Summary

MORPHO-FUNCTIONAL STATE OF FOREBRAIN WHITE MATTER IN NORMAL AND PATHOLOGICAL VARIANTS

Zinko A. V.

Key words: forebrain white matter, morphology.

Analysis of current relevant literature demonstrates a special interest of researchers in studying forebrain. The availability of new investigation methods opens up new possibilities in studying morpho-functional state of the nervous system. The pathology of the corpus callosum can be caused by a number of factors including congenital, inflammatory, cancerous, infectious diseases, traumatic injury, metabolic and vascular disorders, and exposure to toxic substances. The purpose of the study was to analyze the data available on structural and functional characteristics of the forebrain white matter in normal variants and pathological conditions. Nowadays the issues on age, sexual and constitutional peculiarities of the brain structures in normal variants are still urgent. There are conflicting data about the morphological status of forebrain white matter in term and preterm infants. There are a number of works devoted to the age-related changes in the forebrain white matter in normal development and in pathological conditions. According to the research reports, the problem of morphological features of the forebrain white matter in normal development and under the influence of exo- and endopathogenic factors is important both for morphologists and for clinicians. A lot of questions on this issue are controversial and require a solution as soon as it is possible by means of experimental and clinical studies. Studying the anatomy of the corpus callosum in physiological normal development and under the influence of pathological factors is important for radiologists to determine the disease at its early stage and to help clinicians to make the optimal therapeutic choice.