

УДК 616-091

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.13>

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН МОЗКУ У ПРОЦЕСІ РОЗВИТКУ СПРИЙМАННЯ В ДІТЕЙ З ВАДАМИ СЛУХУ

Дехтярьова Олена Олександрівна

кандидат біологічних наук,

доцент кафедри природничих дисциплін

Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

ORCID ID: 0000-0001-9617-3333

Каденко Ірина Валеріївна

кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри природничих дисциплін

Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

ORCID ID: 0000-0002-6525-3485

Борзик Олена Богданівна

доктор філософії,

старший викладач кафедри природничих дисциплін

Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

ORCID ID: 0000-0002-2394-9230

Бірюкова Тетяна Вікторівна

магістр біології, валеології, основ екології та психології, магістр з фізичної терапії,

викладач кафедри фізичної терапії та ерготерапії медичного факультету

Херсонського державного університету

ORCID ID: 0000-0003-1808-0304

Розвиток сприйняття в дітей є складним і багатограним процесом, який супроводжується значними структурними та функціональними змінами в мозку. Ці зміни стосуються як сенсорних систем, відповідальних за оброблення інформації з навколишнього світу, так і вищих когнітивних функцій, як-от увага, пам'ять, мислення та мова. У статті розглядаються особливості структурних змін мозку у процесі розвитку сприйняття, а також координаційних здібностей у дітей з порушеннями слуху. Визначено особливості функціонування вестибулярного апарату та встановлено взаємозв'язок між фізичними вправами та функціонуванням лівої частини головного мозку дитини. У статті вказується на необхідність урахування індивідуальних особливостей фізичного розвитку в роботі з дітьми з порушеннями слуху. Справді, дослідження вітчизняних і міжнародних учених показали, що в дітей з вадами слуху можуть спостерігатися деякі структурні зміни в мозку порівняно з дітьми з нормальним слухом. Ці зміни можуть варіюватися залежно від типу та тяжкості вади слуху, а також від віку, у якому дитина втратила слух. У статті проведено дослідження функціональної міжпівкулевої асиметрії головного мозку в дітей 4–8 років із вадами слуху. Для визначення функціональної асиметрії використовували методику Є.Д. Хомського. Для оцінювання моторної та сенсорної асиметрії досліджували провідну руку: для кожної дитини визначалася провідна рука (6 тестів), провідна нога (6 тестів) та провідне око (6 тестів). Виявлено, що у глухих дітей і підлітків спостерігається тенденція до збільшення функціональної міжпівкулевої активності з підвищенням активності правої півкулі для моторного контролю та зорової чутливості. Достовірність відмінностей вибірок експериментальної та контрольної груп визначали з використанням критерію Фішера. Вивчення структурних змін мозку в дітей є важливим для розуміння нейробіологічних основ розвитку та розроблення нових методів діагностики та лікування.

Ключові слова: функціональна асиметрія, порушення, онтогенез, фізичний розвиток, координація.

Dekhtiarova O. O., Kadenko I. V., Borzyk O. B., Biriukova T. V. Study of structural changes in the brain during the development of perception in children with hearing impairments

The development of perception in children is a complex and multifaceted process that is accompanied by significant structural and functional changes in the brain. These changes relate to both sensory systems responsible for processing information from the world around us and higher cognitive functions such as attention, memory, thinking, and speech. The article discusses the peculiarities of structural changes in the brain during the development of perception and coordination abilities in children with hearing impairment. The features of the vestibular apparatus functioning are determined and the relationship between physical exercises and the functioning of the left side of the child's brain is established. The article points to the need to take into account individual characteristics of physical development in working with children with hearing impairment. Indeed, studies by national and international scientists have shown that children with hearing impairment may have certain structural changes in the brain compared to children with normal hearing. These changes may vary depending on the type and severity of the hearing impairment, as well as the age at which the child lost hearing. The article investigates the functional interhemispheric asymmetry of the brain in children aged 4–8 years with hearing loss. To determine the functional asymmetry, the method of E. D. Chomsky was used. To assess motor and sensory asymmetry, the leading hand was examined for each child, the leading hand (6 tests), leg (6 tests) and eye (6 tests) were determined. It was found that in deaf children and adolescents there is a tendency to increase functional interhemispheric activity with increased activity of the right hemisphere for motor control and visual sensitivity. The reliability of the differences between the samples of the experimental and control groups was determined using Fisher's test. The study of structural changes in the brain in children is important for understanding the neurobiological basis of development and developing new methods of diagnosis and treatment.

Key words: functional asymmetry, disorders, ontogenesis, physical development, coordination.

Постановка проблеми та її актуальність.

Вивчення структурних змін мозку у процесі розвитку сприйняття в дітей є важливим для розуміння нейробіологічних основ когнітивного розвитку та розроблення нових методів діагностики та лікування. Проблема інтеграції дітей з різним ступенем порушення слуху в суспільство детально вивчається в науковій літературі протягом останніх кількох десятиліть, оскільки вона зачіпає не тільки сім'ї або групи, у яких виховуються такі діти, а й суспільство загалом.

В. Heimler уважав, що діти з порушеннями слуху мають порушення в організації біологічних структур. Унаслідок цього порушується сприйняття звукових сигналів, що надходять із зовнішнього світу. Це впливає на психоемоційний розвиток дитини. У руховій сфері дитини з вадами слуху відхилення спостерігаються в основному у функції вестибулярного аналізатора [5, с. 44–63].

Негативні наслідки даної патології впливають на рівновагу й орієнтацію у просторі. Труднощі спостерігаються під час виконання складних координаційних дій. Рухи виконуються різко та грубо, відсутня регулярність і плавність у виконанні рухових дій. Складні координаційні рухи мають велике значення для дітей із порушенням слуху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема інтеграції дітей із різним ступенем порушення слуху в суспільство детально вивчається в науковій літературі протягом останніх кількох десятиліть такими дослідниками, як J. Mestre, С. Larrán, К. Луцько, М. Hribar, С. Karns, D. Suput, іншими.

Статистика свідчить, що кількість дітей із цією патологією кожного року збільшується. У зв'язку

із цим підвищується інтерес суспільства до цієї проблеми з метою створення необхідних умов для найбільш адекватної корекції порушень розвитку в дітей із вадами слуху, поліпшення умов їх шкільного та професійного навчання, пошуку шляхів їх соціалізації й адаптації в суспільстві.

Метою статті є дослідження фізіологічних структурних змін мозку в дітей з порушенням слуху, зокрема особливості функціональної асиметрії мозку в дітей з раннім порушенням слуху, що формується як фенотипічна ознака у процесі онтогенезу, а також визначення особливостей фізичного розвитку дітей з порушеннями слуху та шляхів їх корекції.

Методи дослідження. У статті використовуються теоретичний метод, статистичний, метод зіставлення і порівняння, а також емпіричне дослідження. Для дослідження фізіологічних змін мозку в дітей з порушенням слуху ми взяли вибірку із 30 учнів спеціальної школи для дітей з порушенням слуху віком 4–8 років (14 хлопчиків і 16 дівчаток) – експериментальну групу. У контрольну групу увійшли 22 здорових дітей того ж віку із загальноосвітньої школи (12 хлопчиків і 10 дівчаток).

В емпіричному дослідженні вивчалися особливості функціональної асиметрії мозку в дітей з раннім порушенням слуху, яка сформувалася як фенотипічна ознака. У моторній сфері визначали провідну руку та провідну ногу, у сенсорній сфері – провідне око й асиметрію в тактильній сфері (зі зрозумілих причин функцію слухової сенсорної системи не досліджували). Асиметрію в тактильній зоні визначали за допомогою тестів, як-от: тест на адекватність сприйняття стиму-

лів, тест на локалізацію дотику, тест на перенесення латералізації дотику, тест на розпізнавання символу незнання, тест на розпізнавання літер і дошка. Усі тести проводилися тричі для правої та лівої руки окремо, після чого розраховувалося середнє значення результатів. За результатами периферичних асиметрій розраховувався коефіцієнт асиметрії в моторній і сенсорній сферах для кожної дитини індивідуально.

Виклад основного матеріалу. Для вивчення структурних змін мозку у процесі розвитку сприйняття в дітей з порушенням слуху використовуються різні методи, а саме:

- магнітно-резонансна томографія (далі – МРТ) – дозволяє отримати детальні зображення мозку та вивчити його структуру;

- електроенцефалографія (далі – ЕЕГ) – використовується для запису електричної активності мозку;

- магнітоенцефалографія (далі – МEG) – використовується для запису магнітного поля мозку;

- функціональна магнітно-резонансна томографія (далі – ФМРТ) – дозволяє вивчити активацію мозку під час виконання різних завдань.

Відомо, що в їхньому розвитку беруть участь як генетичні, так і середовищні чинники. У результаті формуються індивідуальні фенотипічні особливості функціональної асиметрії, які, на нашу думку, багато в чому визначають життєву стратегію й успішність соціалізації підлітків.

На думку N. Sadato, «порушення слуху має значний вплив на формування типу функціональної асиметрії мозку (як одного з варіантів міжпівкульової взаємодії) у дітей із порушенням слуху» [13, с. 113–122].

Під час проведення тестів на мануальну асиметрію достовірних відмінностей між результатами експериментальної та контрольної груп не виявлено (ми пов'язуємо це передусім із замалим обсягом вибірки), але в експериментальній групі було виявлено більше амбідекстерності та більше ліворуких дітей (із 14 хлопчиків і 16 дівчаток 3 і 2 ліворукі відповідно, тоді як у контрольній групі із 12 хлопчиків і 10 дівчаток 1 і 1 ліворукі).

Визначали коефіцієнт правої руки, коефіцієнт правої ноги та коефіцієнт правого ока. Достовірність відмінностей вибірок експериментальної та контрольної груп визначали з використанням критерію Фішера. Тестування проводили тричі з інтервалом у півтора місяця. Діти зі зниженим слухом проходили тестування у слухових апаратах. Отримані експериментальні дані були статистично проаналізовані та перевірені на нормальність розподілу. Динаміку загальних показників правильних відповідей за всіма тестами в експериментальній і контрольній групах перевіряли за t-критерієм Стьюдента.

Під час проведення аналізу переваги вибору ноги виявлено лише тенденцію до більш частого

вибору дітьми контрольної групи лівої ноги (відмінності не є статистично значущими, що може бути пов'язано із замалим обсягом вибірки). Виявляється, що ліва частина мозку менш активно бере участь у забезпеченні рухової функції ніг у дітей із порушенням слуху. Отже, втрата слуху все ще впливає на взаємодії в руховій сфері. Дослідження зорової сфери показали, що діти з вадами слуху значно частіше використовують ліве око як провідне, ніж здорові діти, або що вони віддають перевагу лівому та правому оку рівною мірою. Це означає, що або права частина мозку частіше домінує в зоровій сфері, або обидві частини мозку однаково задіяні в обробленні візуальної інформації.

У контрольній групі достовірно частіше провідним оком було праве, що свідчить про домінування лівої частини мозку у сфері зорового сприйняття в цих дітей. Отже, у дітей із порушенням слуху відбувається перерозподіл функцій між частинами мозку під час оброблення зорової інформації на користь більш активного залучення правої частини мозку.

За результатами обстеження тактильної сфери діти експериментальної групи загалом показали нижчі результати (хоча й не статистично значущі), ніж діти контрольної групи. На перший погляд це свідчить про те, що вони не компенсують втрачену слухову функцію. Однак це стосується лише правої частини мозку щодо лівої. Ліва частина мозку була значно активнішою за праву в тестах на локалізацію дотику та розпізнавання літер (розпізнавання літер однією рукою на дотик, без зорового контролю).

Діти з порушенням слуху виявили позитивну та достовірну динаміку показників у вищезгаданих тестах, тесті Ферстера (розпізнавання цифр, намальованих на тильному боці долоні) і перенесення відчуття дотику (під час дотику до 5 стандартних точок досліджуваній має знайти симетричну точку з іншого боку). Це свідчить про більшу здатність лівої частини мозку «тренуватися» у використанні тактильного каналу інформації у глухих дітей.

Отже, втрата слуху погіршує міжпівкульову взаємодію в руховій сфері. Дослідження зорової сфери показали, що діти зі зниженим слухом значно частіше використовують ліве око як провідне порівняно зі здоровими дітьми або що вони віддають перевагу лівому та правому оку однаково.

В. Heimler у своїх працях писав, що «розвиток типу функціональної асиметрії мозку як фенотипічної характеристики з високою швидкістю реакції відбувається під значним впливом чинників навколишнього середовища. Одним із таких чинників є порушення слуху в ранньому дитинстві» [5].

Особливо динамічно міжпівкульову асиметрію розвивається у критичні періоди онтогенезу, до

яких належить період від 7 до 8 років, а також у період опанування дитиною мови. У результаті розвивається інший тип міжпівкулевої асиметрії, який відрізняється від такого у здорових дітей.

«Як наслідок, відбувається перерозподіл функціональної активності між півкулями головного мозку на користь правої півкулі. За результатами нашого дослідження, вона переважає в зоровій сфері, а також спостерігається тенденція до її переважання в руховій активності» [4, с. 1–7].

Більш активне залучення правої частини мозку в оброблення зорової інформації у глухих дітей і підлітків, зміщення її більшої активності в рухову сферу свідчить про розвиток іншого типу міжпівкулевої функціональної асиметрії, відмінного від такої у дітей і підлітків із нормальним слухом.

На думку Р. Vachon, «розвиток цього типу міжпівкулевої функціональної асиметрії зі зміщенням переважної активності на користь правої частини мозку має значний вплив на розвиток вторинних і третинних труднощів, які виникають у цих дітей – у логічному мисленні, з відставанням у розвитку зорової уваги, пам'яті та сприйняття» [16, с. 50–60].

Відомо, що функціональні системи, пов'язані з діяльністю лівої частини мозку, визначають не тільки мову, але й абстрактну розумову діяльність, пов'язану з аналітичними функціями. Відомо, що логічне, абстрактне мислення пов'язане з функцією мови. У глухих дітей словесно-логічне мислення розвивається значно пізніше, ніж у їхніх однолітків, якічують. Понятійне мислення, яке тісно пов'язане з розвитком мови, і логічний аналіз, безумовно, страждають у цієї категорії дітей і підлітків через зміну міжпівкулевих взаємодій і «недовантаження» лівої частини мозку. Не виключено, що такий перерозподіл функціональної активності, характерний для правопівкульного домінування, пов'язаний не тільки з дефіцитом сенсорної інформації, але і із впливом стресових чинників.

Відомо, що стан стресу (особливо хронічного), спричинений порушенням комунікації й усвідомленням власної неповноцінності, призводить до зсуву функціональної активності на користь правої частини мозку. Питання про ступінь впливу стресових чинників на функціональну асиметрію в дітей із порушенням слуху заслуговує на окреме дослідження.

Дослідження Х. Jiang «показали, що розвиток сприйняття в дітей супроводжується такими структурними змінами в мозку, як зміна розміру та форми сенсорних зон кори головного мозку; зміна зв'язків між сенсорними й іншими зонами кори головного мозку; зміна нейронної пластичності». Ці зміни є необхідними для нормального розвитку сприйняття та когнітивних функцій. Їх порушення може призвести до різних проблем із

навчанням, мовленням, поведінкою й емоціями [17, с. 58–73].

Особливості фізичного розвитку дітей з порушеннями слуху та шляхи їх корекції

Діти з порушеннями слуху відстають у фізичному розвитку від своїх однолітків за показниками маси тіла, довжини тіла, динамометрії та зниженням життєвої ємності легень. Для дітей із порушеннями слуху шкільного віку характерні такі відхилення: більш повільний розвиток антропометричних показників; більш низька координація рухів, що проявляється в нестійких рухах; труднощі в утриманні рівноваги (динамічної та статичної); більш тривале опанування рухових навичок порівняно з дітьми, щочують; порушення постави; більш низькі силові здібності. Однак варто зазначити, що діти з порушеннями слуху демонструють ті самі біологічні закономірності фізичного розвитку, що і здорові діти.

Поняття «когнітивний резерв» уживається для пояснення великої індивідуальної варіації змін когнітивних функцій у разі наявності патологічних процесів у мозку. Він відображає структурні (розмір окремих мозкових структур або кількість синапсів) і функціональні (різноманітність і пластичність функціональних нейронних ансамблів) характеристики мозку, які формуються по-різному залежно від наявного потенціалу й особливостей виховання та навчання і продовжують розвиватися або, навпаки, «витрачатися» протягом усього життя. Дослідження механізмів нейропластичності важливе не лише для розуміння базових принципів формування стабільних чи динамічних характеристик індивідуальної поведінки, але й із практичного погляду, для вдосконалення освітніх програм і вибору професії або цілеспрямованого тренування когнітивних функцій і емоційної стабільності.

На думку У. Stern, «інтенсивний розвиток інклюзивної освіти є однією із причин зростання інтересу до розуміння механізмів формування та реалізації компенсаторних резервів мозку в людей з інвалідністю». Сенсоневральна приглухуватість – одне з найпоширеніших порушень слуху. Сенсорна депривація в ранньому дитинстві призводить до реорганізації функціональних систем мозку та крос-модальної перебудови оброблення інформації із залученням нейронних структур мозку, які в нормі для цього не призначені [15, с. 221–241].

«Компенсація сенсорного дефіциту можлива завдяки інтенсивному перцептивному та поведінковому навчанням шляхом розрізнення, класифікації й асоціативного зв'язування розпізнаних сигналів, оскільки сприйняття й обробка інформації в первинній слуховій корі зазнають сильного мультимодального впливу» [4, с. 22–25].

Для покращення кінцевих результатів адаптації пропонується враховувати взаємодоповнюваність спеціалізації та пластичності нейронів. Діти з різними порушеннями слуху мають дисгармонійний фізичний розвиток, порушення опорно-рухового апарату та загальну затримку моторного розвитку. Отже, порушення слухового аналізатора уповільнюють фізичний розвиток дітей і значно погіршують їхню рухову активність.

Найбільш виражені відхилення в руховій активності в дітей із порушеннями слуху спостерігаються в їхній моториці. Рухи дітей скуті та мало пластичні, їм важко утримувати динамічну і статичну рівновагу, у них погано розвинені просторова орієнтація і здатність підтримувати ритм рухів. Отже, рухові дисфункції дітей із розглянутою тут патологією в основному пов'язані з порушенням вестибулярного аналізатора. Автори, які працювали над удосконаленням фізичного виховання дітей з вадами слуху, сходяться на думці, що можна виправити та компенсувати відхилення у фізичному розвитку.

Е. Апп «уважала, що за допомогою систематичних і цілеспрямованих занять фізичними вправами за спеціально підібраними і розробленими програмами можна досягти значних результатів у корекції фізичного розвитку дітей з порушеннями слуху» [1, с. 140–145].

На думку М. Jessica, «для дітей з порушеннями слуху фізичні вправи є не тільки засобом фізичного розвитку, зміцнення і підтримки фізичного здоров'я, але й засобом розвитку кори головного мозку» [7, с. 68].

Одним із найважливіших компонентів фізичного виховання дітей з вадами слуху є розвиток координаційних здібностей. Найважливішими компонентами координаційних навичок є рівновага, орієнтація у просторі та вдосконалення ритму рухів. Проведення й організація уроків фізичної культури з дітьми з порушеннями слуху мають відрізнитися від уроків із дітьми, якічують. Одним із можливих варіантів фізичних вправ є гімнастика. Однак варто зазначити, що методика занять гімнастикою з дітьми з порушеннями слуху має бути адаптована до специфіки даної патології. Гімнастика є складним координаційним видом спорту.

М. Santos «уважав, що необхідно також враховувати, що надмірне фізичне навантаження може бути шкідливим для здоров'я дітей. Необхідно враховувати специфіку захворювання і зосередитися на розвитку необхідних рухових навичок» [12, с. 89–101].

Вправи у спортивній гімнастиці дуже різноманітні та вимагають гнучкості, сили та швидкості. Спортивна гімнастика має низку переваг перед іншими видами спорту. Перевага полягає в тому, що гімнастичні вправи легко дозувати завдяки

їхній варіативності – збільшувати або зменшувати їхню складність. Виконання вправ, спрямованих на розвиток координаційних здібностей дітей із вадами слуху (метання в ціль, утримання рівноваги, біг по лабіринту, виконання перекатів), у свою чергу, сприяє зняттю накопиченого психічного напруження, підвищенню активності функцій усіх відділів кори головного мозку та розвитку нейронних зв'язків. У зв'язку із цим у розвитку дітей з порушеннями слуху доцільно проводити фізичне виховання з акцентом на розвиток координаційних навичок.

Б. Максимчук вважає, що «цілеспрямований розвиток вестибулярного апарату в дітей із порушеннями слуху під час занять фізичними вправами приводить до значного покращення статичної та динамічної рівноваги» [11, с. 554–570].

Під час занять фізичними вправами з дітьми з різними порушеннями слуху враховуються індивідуальні особливості. Необхідно враховувати як індивідуальні особливості особистості дитини, так і особливості, характерні для порушення слуху.

Також С. Попель наголошував, що «система засобів, яка використовується педагогом для корекції та компенсації фізичних вад, повинна мати різнобічний вплив на організм дитини» [11, с. 334].

Наприклад, у дітей із даним порушенням спостерігається неналежна координація і невпевненість у рухах. Це виражається в більш повільному набутті рухових навичок, уповільненому темпі рухів і труднощах у виконанні вправ на орієнтацію у просторі.

«Діти з порушеннями слуху відстають від своїх однолітків, якічують, у фізичному та розумовому розвитку. Психічні процеси лівої частини мозку сповільнюються, і розвиток мовних навичок дитини відбувається складніше» [3, с. 114].

Труднощі в опануванні мови в дітей із порушеннями слуху ускладнюють процес пізнавальної діяльності та роблять їх менш комунікабельними. Спостерігаються слабка координація та невпевненість у рухах. Це проявляється у сповільненій моториці, уповільненому темпі рухів і труднощах у виконанні вправ на орієнтацію у просторі. Ми розглядаємо фізичні вправи як спосіб корекції фізичного розвитку та зменшення вираженості відхилень у фізичному розвитку дітей із порушеннями слуху. Підбір вправ має бути спрямований на розвиток усіх рухових навичок дітей.

Отже, можна зробити висновок, що порушення оброблення інформації у слуховій системі пов'язані з емоційними змінами в організації функціональної активності тих ділянок кори головного мозку, які беруть участь у вербальних процесах. Виконання координаційних вправ сприяє розвитку всієї кори головного мозку, що особливо важливо для корекції порушень слуху.

вого аналізу. Фізичні вправи необхідні для корекції відставання у фізичному розвитку дітей з порушеннями слуху та зміцнення їхнього здоров'я. Завдяки різноманітності рухових послідовностей під час занять гімнастикою в дітей розвивається координація рухів, підвищується загальний рівень рухової активності та формуються рухові навички.

Висновки. Кількість дітей з вадами слуху збільшується з кожним роком. Зростає суспільний інтерес до цієї проблеми і до вивчення структурних змін у мозку у процесі розвитку сприйняття в дітей з вадами слуху з метою створення необхідних умов для більш адекватної корекції порушень розвитку в дітей з вадами слуху, поліпшення умов для їх шкільного та професійного навчання, пошуку шляхів соціалізації й адаптації в суспільстві.

Результати нашого дослідження функціональної асиметрії не виявили суттєвих відмінностей між дітьми з вадами слуху та здоровими дітьми в моторній, сенсорній і тактильній сферах. Була лише тенденція до більшої активності правої частини мозку щодо лівої в моторній сфері в тестовій групі. Це може бути пов'язано або із замалим розміром обстеженої вибірки, або з тим, що в обстежених дітей ще не завершилося дозрівання комісуральних зв'язків симетричних ділянок кори. Морфологічно вони дозрівають у віці приблизно 25–26 років. Раннє порушення слуху в дітей, імовірно, призводить до «недовантаження» лівої частини мозку, яка не отримує належної кількості стимулів, що відповідають її стану в дітей із нормальним слухом.

Депривація за слухом у дітей, що настає в ранньому віці, імовірно, спричиняє «недован-

таження» лівої частини мозку, яка не одержує належного обсягу стимулів, адекватного її стану в дітей, які нормально чують.

У статті розглянуто фізіологічні зміни мозку в дітей з порушенням слуху. На заняттях із дітьми з порушеннями слуху особливу увагу варто приділяти вправам, спрямованим на розвиток координації рухів. Гімнастичні вправи спрямовані на розвиток усіх рухових якостей, особливо на розвиток координації рухів.

У статті визначено особливості фізичного розвитку дітей з порушеннями слуху та шляхи їх корекції. Тому нам видається доцільним використання засобів атлетичної гімнастики у фізичному вихованні дітей з порушеннями слуху. Подальше дослідження проблеми розвитку координаційних здібностей дітей з порушеннями слуху вбачаємо в розробленні засобів і методів розвитку координації дітей з урахуванням специфіки порушень слуху.

Дослідження в цій галузі можуть привести до розроблення нових методів раннього втручання, які допоможуть дітям з порушеннями розвитку сприйняття краще реалізувати свій потенціал. Ось деякі з перспективних напрямів досліджень:

- вивчення впливу різних чинників (генетичних, середовищних) на структурні зміни мозку у процесі розвитку сприйняття;
- розроблення нових методів нейрореабілітації, які допоможуть відновити або компенсувати порушення структурних змін мозку;
- вивчення впливу раннього втручання на структурні зміни мозку у процесі розвитку сприйняття.

Література:

1. Early Sign Language Exposure and Cochlear Implantation Benefits / Ann E. Geers et al. *Pediatrics*. 2017. № 140 (1). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5495521>.
2. Emotional intelligence levels of students with sensory impairment / S. Al-Tal et al. *International Education Studies*. 2017. Vol. 10 (8). P. 67–69. URL: https://www.researchgate.net/publication/318790725_Emotional_Intelligence_Levels_of_Students_with_Sensory_Impairment.
3. Functional selectivity for face processing in the temporal voice area of early deaf individuals / S. Benetti et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 2017. № 114. E6437–E6446. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618287114>.
4. Recent advancements in diffusion MRI for investigating cortical development after preterm birth – potential and pitfalls / J. Dudink et al. *Front Hum Neurosci*. 2015. № 8. P. 1–7. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.01066/full>.
5. Revisiting the adaptive and maladaptive effects of crossmodal plasticity / B. Heimler et al. *Neuroscience*. 2014. Vol. 283. P. 44–63. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306452214006435>.
6. Altered cross-modal processing in the primary auditory cortex of congenitally deaf adults: a visual-somatosensory fMRI study with a double-flash illusion / C.M. Karns et al. *J. Neurosci*. 2012. № 32. P. 9626–9638. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6488-11.2012>.
7. Lammert Jessica M. Visual Perception in Hearing Sign Language Users. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*. 2021. P. 7947. URL: <https://ir.lib.uwo.ca/etd/7947>.
8. Review article: Structural brain alterations in prelingually deaf / Manja Hribar et al. *NeuroImage*. 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811920305280>.
9. PERVALE-S: a new cognitive task to assess deaf people's ability to perceive basic and social emotions / J.M. Mestre et al. *Frontiers in Psychology*. 2015. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26300828/>.
10. Луцько К., Круглик О. Програма розвитку дітей дошкільного віку з порушеннями слуху (глухі, зі зниженим слухом, з кохлеарними імплантами). Київ, 2019. 405 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/programy-rozvytku-ditey/programa-rozvitku-glukhikh-ditey-doshkilnogo-viku-lutsko1.doc>.

11. Network Planning at the Faculties of Physical Education and Sport in the Postmodern Era / S. Popel et al. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2023. № 14 (1). P. 554–570. <https://doi.org/10.18662/brain/14.1/435>.
12. Anatomical and functional MRI changes after one year of auditory rehabilitation with hearing aids / M.R. Pereira-Jorge et al. *Neural Plast.* 2018. 9303674. <https://doi.org/10.1155/2018/9303674-12>.
13. Cross-modal integration and plastic changes revealed by lip movement, random-dot motion and sign languages in the hearing and deaf / N. Sadato et al. *Cerebr. Cortex.* 2005. № 15. P. 1113–1122. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh210>.
14. The Influence of Parents' Mutual Support on the Socialization of Children with Special Needs in Rehabilitation Centers: Neuropsychological Aspects / I. Sarancha et al. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2022. № 13 (4). P. 362–382. <https://doi.org/10.18662/brain/13.4/393>.
15. Stern Y. Cognitive reserve. *Neuropsychologia*. 2009. Vol. 47 (10). P. 2015–2028. URL: https://www.researchgate.net/publication/26238899_Cognitive_reserve.
16. Reorganization of the auditory, visual and multimodal areas in early deaf individuals / P. Vachon et al. *Neuroscience*. 2013. № 245. P. 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.04.004>.
17. Language and sensory neural plasticity in the superior temporal cortex of the deaf / M. Que et al. *Neural Plasticity*. 2018. Vol. 2014 (10). URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29853853/>.

References:

1. Geers, Ann E., Mitchell, Christine M., Warner-Czyz, Andrea, Nae-Yuh Wang, Eisenberg, Laurie S. (2017). *Early Sign Language Exposure and Cochlear Implantation Benefits*. *Pediatrics*. 140 (1). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5495521>.
2. Al-Tal, S., AL-Jawaldeh, F., Al-Taj, H., & Maharmeh, L. (2017). Emotional intelligence levels of students with sensory impairment. *International Education Studies*. Vol. 10 (8), p. 67–69. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/318790725_Emotional_Intelligence_Levels_of_Students_with_Sensory_Impairment.
3. Benetti, S., Van Ackeren, M.J., Rabini, G., Zonca, J., Foa, V., Baruffaldi, F., Rezk, M., Pavani, F., Rossion, B., & Collignon, O. (2017). Functional selectivity for face processing in the temporal voice area of early deaf individuals. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 114, E6437–E6446. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618287114>.
4. Dudink, J., Pieterman, K., Leemans, A., et al. (2015). Recent advancements in diffusion MRI for investigating cortical development after preterm birth – potential and pitfalls. *Front Hum Neurosci*. 8: 1–7. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.01066/full>.
5. Heimler, B., Weisz, N., & Collignon, O. (2014). Revisiting the adaptive and maladaptive effects of crossmodal plasticity. *Neuroscience*. Vol. 283, P. 44–63. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306452214006435>.
6. Karns, C.M., Dow, M.W., & Neville, H.J. (2012). Altered cross-modal processing in the primary auditory cortex of congenitally deaf adults: a visual-somatosensory fMRI study with a double-flash illusion. *J. Neurosci.* 32, 9626–9638. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6488-11.2012>.
7. Lammert, Jessica M. (2021). *Visual Perception in Hearing Sign Language Users*. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*. 7947. Retrieved from <https://ir.lib.uwo.ca/etd/7947>.
8. Hribar, Manja, Suput, Dusan, Battelino, Saba, Vovk, Andrej (2020). Review article: Structural brain alterations in prelingually deaf. *NeuroImage*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811920305280>.
9. Mestre, J.M., Larrán, C., Herrero, J., Guil, R., de la Torre, G.G. (2015). PERVALE-S: a new cognitive task to assess deaf people's ability to perceive basic and social emotions. *Frontiers in Psychology*. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26300828/>.
10. Lutsko, K., & Kruhlyk, O. (2019). Prohrama rozvytku ditei doshkilnoho viku z porushenniamy slukhu (hlukhi, zi znyzhenym slukhom, z kokhlearnymy implantamy) [Program for the development of preschool children with hearing impairments (deaf, hearing impaired, with cochlear implants)]. Kyiv. Retrieved from <https://mon.gov.ua/storage/app/media/programy-rozvytku-ditey/programa-rozvitku-glukhikh-ditey-doshkilnogo-viku-lutsko1.doc> [in Ukrainian].
11. Popel, S., Mazin, V., Maksymchuk, B., Saienko, V., Chernyshenko, T., & Maksymchuk, I. (2023). Network Planning at the Faculties of Physical Education and Sport in the Postmodern Era. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 14 (1), 554–570. <https://doi.org/10.18662/brain/14.1/435>.
12. Pereira-Jorge, M.R., Andrade, K.C., Palhano-Fontes, F.X., Diniz, P.R.B., Sturzbecher, M., Santos, A.C., & Araujo, D.B. (2018). Anatomical and functional MRI changes after one year of auditory rehabilitation with hearing aids. *Neural Plast.* 9303674. <https://doi.org/10.1155/2018/9303674-12>.
13. Sadato, N., Okada, T., Honda, M., Matsuki, K.I., Yoshida, M., Kashikura, K.I., Takei, W., Sato, T., Kochiyama, T., & Yonekura, Y. (2005). Cross-modal integration and plastic changes revealed by lip movement, random-dot motion and sign languages in the hearing and deaf. *Cerebr. Cortex.* 15, 1113–1122. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh210>.
14. Sarancha, I., Maksymchuk, B., Kharchenko, S., Linnik, Y., Dovbnia, S., Pavelkiv, V., Maksymchuk, I., Shakhina, I., Saienko, V., Bashtovenko, O., Silaiev, V., Radovenchyk, A., & Zhytomyrskyi, L. (2022). The Influence of Parents' Mutual Support on the Socialization of Children with Special Needs in Rehabilitation Centres: Neuropsychological Aspects. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 13 (4), 362–382. <https://doi.org/10.18662/brain/13.4/393>.
15. Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*. Vol. 47 (10). P. 2015–2028. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/26238899_Cognitive_reserve.

-
16. Vachon, P., Voss, P., Lassonde, M., Leroux, J. M., Mensour, B., Beaudoin, G., Bourgouin, P., & Lepore, F. (2013). Reorganization of the auditory, visual and multimodal areas in early deaf individuals. *Neuroscience*. 245. Pp. 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.04.004>.
 17. Que, M., Jiang, X., Yi, C., Gui, P., Jiang, Y., Zhou, Y., & Wang, L. (2018). Language and sensory neural plasticity in the superior temporal cortex of the deaf. *Neural Plasticity*. Vol. 2014 (10). Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29853853/>.
-