

# Відновлення координації рухів при атаксії мозочкового генезу з використанням високоінтенсивної фізичної терапії та відеоігор

УДК 796:615.825+616.831-005.1+616.8-009.83

**А. В. Кавецький, О. В. Бісмак**

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

**Резюме.** Розглянуто методи реабілітації пацієнтів із синдромом атаксії, що є складним завданням через важкі порушення у виконанні активних дій повсякденного життя. *Мета.* Вивчити проблеми відновлення координації рухів при атаксії мозочкового генезу з використанням високоінтенсивної фізичної терапії та відеоігор. *Методи.* Теоретичний аналіз, синтез і узагальнення сучасних даних наукової та науково-методичної літератури. *Результати.* Проаналізовано результати досліджень різного рівня. Проведено узагальнення досліджень, що включали змішану фізіотерапевтичну стратегію з ерготерапією, програми високоінтенсивної фізичної терапії з певними координаційними вправами, та досліджено програму тренувань на основі відеоігор. Отримана інформація дозволяє сформулювати основні принципи організації реабілітаційного втручання для пацієнтів із мозочковою атаксією. Описані дослідження доводять, що високоінтенсивна фізична терапія може бути ефективною при дегенеративній атаксії, використання відеоігор може сприяти покращенню функціонального стану пацієнта, що прирівнюється до одного або кількох років природного прогресування захворювання.

**Ключові слова:** мозочкова атаксія, порушення координації, ерготерапія, фізична терапія, реабілітація.

## Restoration of motion coordination during ataxia of cerebellar genesis with use of high-intensity physical therapy and video games

**A. V. Kavetsky, O. V. Bismak**

National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Methods of rehabilitation of patients with ataxia syndrome, which is a difficult task due to severe disorders in the performance of everyday activities, have been considered. *Objective.* To study the problems of restoring motion coordination during ataxia of cerebellar genesis through the use of high-intensity physical therapy and video games. *Methods.* Theoretical analysis, synthesis and generalization of modern data of scientific and scientific-methodical literature. *Results.* The results of studies of different level have been analyzed. The generalization of researches, which included the combined physiotherapeutic strategy with ergotherapy, programs of high-intensity physical therapy with certain coordination exercises has been carried out, and the training program based on video games has been investigated. The obtained information allows forming the basic principles of the organization of rehabilitation intervention for patients with cerebellar ataxia. The described studies prove that high-intensity physical therapy can be effective in degenerative ataxia, the use of video games can help improve the functional state of the patient, which is equivalent to one or more years of natural disease progression.

**Keywords:** cerebellar ataxia, coordination impairment, ergotherapy, physical therapy, rehabilitation.

**Постанова проблеми.** Реабілітація пацієнтів із синдромом атаксії є складним завданням через важкі порушення у виконанні дій повсякденного життя, а також обмежену кількість варіантів

лікування, що описані у спеціальній літературі. Різні вчені виступали за використання адаптивного обладнання для повсякденної побутової діяльності [4, 21, 29, 30], обтяження дистального

відділу кінцівок [16] і застосування сенсомоторних методів (пропріорецептивна нейром'язова фасилітація) [27]. Крім цих методів, описується використання методів релаксації та біологічного зворотного зв'язку [8], використання вагових коефіцієнтів у поєднанні з еластичними пов'язками [20]. Також засновані традиційні моделі моторного контролю, що базуються на рефлексорних або ієрархічних структурах, не підтримуються у літературі як такі, що мають помітний вплив на функціональний стан [10].

З огляду на той факт, що медикаментозні втручання рідко трапляються при дегенеративних захворюваннях і обмежуються лише певним типом захворювань та симптомів [15], фізична терапія залишається наріжним каменем у сучасній терапії атаксичної ходьби. Однак хоча програми моторного навчання виявилися ефективними при інших нейродегенеративних захворюваннях (наприклад, хвороба Паркінсона або інсульт [1, 2]), їх ефективність залишається суперечливою відносно дегенеративних мозочкових атаксій [9, 28]. Дегенеративні атаксії являють собою найважчу групу атаксій для лікування. Складність лікування при цьому обумовлена не лише тим фактом, що мозочок пов'язаний із моторною адаптацією та моторним навчанням [5, 7, 11, 12, 17], але і прогресуючою природою захворювання. Крім того, дегенерація здебільшого не обмежується лише мозочком і часто вражає також спинно-мозочкові шляхи [26]. На відміну від цього, постінсультні атаксії або такі, що виникли в результаті хірургічного втручання чи травми, зазвичай вражають лише обмежені ділянки мозочка, але залишають неушкодженими інші частини, які здатні компенсувати ушкоджені. Тоді як пацієнти з вогнищевими ураженнями з часом чітко демонструють покращення моторних функцій [18], хворі з дегенеративним захворюванням повільно демонструють погіршення [19]. Таким чином, для пацієнтів із прогресуючим дегенеративним захворюванням є значним досягненням підтримання стабільного стану рухових функцій або сповільнення прогресування функціональних порушень.

**Мета дослідження** — вивчити проблеми відновлення координації рухів при атаксії мозочкового генезу з використанням високоінтенсивної фізичної терапії та відеоігор.

**Методи дослідження:** теоретичний аналіз, синтез та узагальнення даних наукової літератури.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Вибірковий цілеспрямований пошук було виконано в електронних базах даних PubMed,

Medline та EMBASE. Вважали, що ці бази охоплюють усі відповідні клінічні випробування у галузі реабілітації, зокрема містять дослідження, які відповідають критеріям включення, що зазначені нижче. Клінічні випробування були відібрані з використанням таких ключових слів: cerebellar ataxia, ataxia, physiotherapy, physical therapy, training, exercise, rehabilitation.

Статті було включено, якщо вони відповідали таким критеріям: оригінальний звіт, а не тези доповідей або огляди конференцій; перспективне клінічне випробування, що оцінює ефективність фізичної терапії або інших програм моторного навчання, зосереджених на ходьбі; тренування високої інтенсивності протягом тривалого періоду часу, що визначається як повторювані безперервні вправи не менше 45 хв на тренування з більше ніж трьома тренувальними сесіями та більше ніж 3 год. на тиждень протягом більше двох тижнів; пацієнти з мозочковою дегенерацією, а не із вторинними мозочковими атаксіями, які виникли внаслідок, наприклад, інсульту, пухлини, травми, запальних або аутоімунних причин.

**Фізіотерапевтичне тренування.** Фізична терапія зазвичай націлена на покращення однієї або кількох фізичних якостей людини, часто поєднуючи їх в одному тренуванні: рівновага, ходьба, координація, сила, витривалість та постава.

Одне дослідження поєднало змішану фізіотерапевтичну стратегію з ерготерапією, тестуючи результати втручання у 42 пацієнтів з дегенерацією мозочка шляхом контрольованого рандомізованого дослідження із затримкою вступу контрольної групи [30]. Пацієнтів тренували з навчальним загальним обсягом 12 год. на тиждень протягом чотирьох тижнів. Учені спостерігали поліпшення стану важкості атаксії, збільшення швидкості ходьби, зменшення частоти падінь та збільшення активності у повсякденному житті за шкалою FIM (Functional Independence Measure) [27]. Більш конкретне оцінювання ступеня важкості атаксії за шкалою SARA (Scale for Assessment and Rating of Ataxia) виявило поліпшення на 2,1 бала безпосередньо після 4-тижневого втручання. Шкала SARA включає від 0 до 40 балів, причому вищі показники вказують на вищий ступінь важкості атаксії [29]. Природне прогресування дегенеративних мозочкових атаксій становить 0,4–2,2 бала на рік за шкалою SARA залежно від генотипів [19]. Це означає, що середнє поліпшення, досягнуте з допомогою такого виду тренування, еквівалентне поверненню функціональних показників за один або кілька років прогресування захворювання. Поліпшення були більш помітними при атаксії тулуба, ніж кін-

цівок. Пацієнти з нижчим ступенем важкості атаксії зазнали більш стійкого зменшення симптомів атаксичного синдрому та збільшення швидкості ходьби [26]. Дані довгострокового дослідження збирали через 24 тижні після втручання. Хоча протягом цього періоду функціональний статус зазвичай знижувався до вихідного рівня, більше ніж у половини пацієнтів зберігалось покращення щонайменше на 1 бал за шкалою SARA протягом 24 тижнів порівняно з вихідним рівнем.

Слід зазначити, що у пацієнтів зі стійким поліпшенням спостерігалася менш виражена атаксія (тобто нижчий показник SARA), ніж у пацієнтів без стійкого поліпшення, що вказувало на можливе прогнозне значення бала за шкалою SARA і важкість атаксії на початку втручання. Інтенсивність тренувань у різних пацієнтів не відрізнялася. Кількісний аналіз руху не проводився, а також дослідження не було сліпим.

**Координаційна фізична терапія.** Одне тренувальне дослідження було спрямоване на поліпшення статичної та динамічної рівноваги за допомогою програми фізичної терапії, яка зосереджувалася на певних координаційних вправах. Ця стратегія була протестована на 16 пацієнтах, які страждають на прогресуючу атаксію внаслідок дегенерації мозочка ( $n = 10$ ) або дегенерації аферентних шляхів ( $n = 6$ ) [24, 25]. Пацієнти тренувалися одну годину на день, три дні на тиждень протягом чотирьох тижнів під наглядом фізичного терапевта, після чого проводилися 12-місячні домашні тренування під власним контролем пацієнта.

Чотиритижнева фізична терапія на базі реабілітаційного центру привела до зменшення атаксичного синдрому на 5,2 бала за шкалою SARA безпосередньо після втручання. Це передбачає середнє досягнення, еквівалентне поверненню функціональних показників принаймні двох або більше років природного прогресування захворювання. Клінічне оцінювання додатково доповнювали незалежним від оцінювача кількісним аналізом руху, який виявляв покращення в кількох аспектах ходьби, таких як швидкість або поперечне коливання, тривалість кроку, час циклу кроку, довжина кроку.

Пацієнти із мозочковою атаксією отримали кращі результати після втручання, ніж пацієнти з дегенерацією аферентних шляхів. Ця розбіжність, швидше за все, спричинена втратою аферентної інформації, що усуває необхідні сенсорні дані для адекватної обробки інформації мозочком.

Довгостроковий ефект терапії оцінювали через 12 міс. після 4-тижневого періоду втручання [25]. Протягом цього часу пацієнти тренувалися

за індивідуальними протоколами домашнього завдання, що включали різні вправи для покращення координації, були розділені за ступенями складності залежно від функціонального рівня пацієнта та успішності навчання. Незважаючи на прогресування захворювання, показники за шкалою SARA при довгостроковому спостереженні були на 3,1 бала кращими, ніж на вихідному рівні для групи із дегенерацією мозочка. Це свідчить про збереження тренувального ефекту, еквівалентного принаймні одному або кільком рокам природного прогресування захворювання. Група пацієнтів з аферентною атаксією залишилася на вихідному рівні.

Незалежно від типу атаксії, інтенсивність тренувань у координаційних вправах суттєво корелювала з різницею в балах за шкалою SARA через один рік, що вказує на те, що збереження тренувального ефекту вирішальним чином залежить від безперервного тренування [25].

**Фізична терапія з використанням відеоігор (exergames) в умовах помірної дегенеративної атаксії.** Фізіотерапевтичні вправи можуть доповнюватися (або використовуватися як взаємозамінні) тренуваннями для всього тіла, заснованими на комерційно доступних технологіях відеоігор. Така стратегія тренувань може мати ряд переваг, зокрема, якщо вона використовується як безперервне тривале тренування при хронічних захворюваннях. По-перше, ігри включають високомотиваційні заохочувальні винагороди та мають різноманітні стимулюючі середовища. По-друге, тренування на основі ігор включає інтерактивні вправи в швидко змінюваних умовах, які можуть імітувати реальну діяльність пацієнта. По-третє, для пацієнтів із порушенням рухливості не потрібно організовувати перехід на зовнішню фізіотерапевтичну практику, вони отримують можливість тренуватися у власному домашньому середовищі.

Таким чином, відеоігри можуть представляти новий, вигідний засіб лікування пацієнтів із нейродегенеративними захворюваннями. Це може дозволити пацієнтам тренувати координаційні вправи у дуже мотиваційній та ігровій формі, не виходячи з власного будинку та з низькими фінансовими витратами. Досліджену програму тренувань проводили на основі відеоігор у 10 дітей із прогресуючою мозочковою атаксією легкого та середнього ступенів, тобто усі пацієнти все ще могли самостійно ходити без підтримки [23].

Дослідники відібрали три комерційно доступні відеоігри Microsoft Xbox Kinect, які були спеціально обрані для покращення рухових здатностей, що порушені при атаксичному синдромі,

а саме цілеспрямовані рухи кінцівок, динамічна рівновага та координація усього тіла. Навчальна програма почалася з двотижневого етапу лабораторного навчання під індивідуальним контролем та керівництвом фізичного терапевта, який представив пацієнтам обрані ігри та адекватні стратегії руху. Протягом двох тижнів пацієнтів навчали 1 год на день, чотири дні на тиждень. За цим початковим етапом тренінгу слідували шість тижнів домашнього етапу тренувань, протягом якого пацієнти продовжували вправи вдома.

Сліпе оцінювання за шкалою SARA виявило зменшення проявів атаксичного синдрому на 2 бали в середньому після восьми тижнів тренувань. Таке досягнення еквівалентне поверненню принаймні одного або кількох років природного прогресування захворювання. Зменшення проявів атаксії під час домашніх тренувань залежало від їх інтенсивності. Клінічне зменшення важкості атаксії було паралельне покращенню кількісних показників ходьби (поперечне коливання, мінливість довжини кроку) [23]. Поліпшення, отримані у ході тренування з відеоіграми, переносяться також і на інші рухи, що вказує на узагальнюючий ефект основних механізмів управління, викликаний тренуванням на ігрових заняттях [24]. Ці результати демонструють, що тренування в іграх дають специфічний ефект у питанні зменшення проявів атаксичного синдрому та покращення динамічної рівноваги, що виходить за рамки простого поліпшення ігрових результатів.

Тренування на основі відеоігор здатне покращити координацію пацієнтів з атаксичним синдромом помірного та середнього ступенів важкості. Проте залишається відкритим питання, чи ефективний даний метод тренування для пацієнтів із важким ступенем вираженості атаксичного синдрому, які вже не здатні самотійно ходити без допоміжних засобів або пересуваються за допомогою інвалідного візка, а також випадків, де атаксія є частиною мультисистемного захворювання, що вражає велику кількість додаткових шляхів центральної та периферичної нервової системи. Вважається, що дана група пацієнтів отримує незначну користь від лікування, про що свідчить, наприклад, той факт, що зазвичай їх виключають із поточних досліджень лікування за допомогою медикаментозного методу [25, 26], що залишає їх без перспективи доступу до нових методів лікування.

Нещодавне тематичне дослідження надало перші докази того, що координаційне навчання на основі відеоігор може справді служити ефективним інструментом лікування навіть для важкої багатосистемної дегенеративної атаксії [27]. До-

слідники використали послідовно структуровану 12-тижневу координаційну навчальну програму, засновану на спеціально підібраних, комерційно доступних іграх Nintendo Wii для тренування дитини з важким ступенем атаксії, яка пересувається переважно за допомогою інвалідного візка. Оцінювання результатів проводили сліпим методом.

Автори дослідження спостерігали зменшення проявів атаксичного синдрому на 4,4 бала за шкалою SARA, що було найбільш виражено у покращенні постави та поліпшенні функції залишкової ходьби. Суб'єктивне оцінювання продемонструвало поліпшення рівноваги в сидячому положенні. Результати дослідження вказують на те, що незважаючи на розвинене мультисистемне захворювання (яке включає руховий та когнітивний дефіцит), координаційне навчання на основі відеоігор може привести до значних покращень функціонального стану. Однак ці попередні результати потрібно підтвердити в більш широкому дослідженні, перш ніж можна буде зробити остаточні висновки.

**Рекомендації для клінічної практики.** На основі згаданих досліджень може з'явитися нова концепція лікування атаксії у клінічній практиці. Ця концепція має бути більш детально підтверджена на практиці, і тому її слід розглядати як попередню, а не остаточну пропозицію. Проте це може стимулювати майбутні дослідження та практику використання відеоігор у клінічній реабілітації.

Ця концепція характеризується ідеєю, що реабілітація при дегенеративних атаксіях повинна оптимально вдаватися до великого набору різних стратегій тренування, які повинні бути індивідуально розроблені відповідно до типу атаксії кожного пацієнта, стадії захворювання та особистих вподобань. На ранніх стадіях атаксії можуть бути обрані навіть складні спортивні вправи, які роблять значний виклик координації, наприклад настільний теніс, сквош або бадмінтон. Ці реальні види спорту можуть бути доповнені відеоіграми, наприклад, Light Race або 20.000 Leaks, PhysioFun або Beat Saber Fruit Ninja VR. У всі перераховані відеоігри можна грати, стоячи на еластичному матрасі (маті), щоб ще більше підвищити рівень важкості завдання. При легкому та середньому рівнях вираженості атаксичного синдрому головного значення набуває програма тренування координації під керівництвом та наглядом професійного фізичного терапевта [24]. Це може включати навчання безпечних стратегій падіння. Тренувальний компонент, що базується на використанні відеоігор, може включати менш



складні ігри, наприклад прогулянка по канату або лижний слалом.

При важких стадіях атаксії поки що не існує чітких обґрунтованих програм фізичної терапії. Однак у важких випадках, коли самостійне стояння та ходьба вже неможливі, тренування на біговій доріжці з додатковим обтяженням тулуба або дистальних відділів кінцівок [3, 22, 24] може бути корисним для покращення самостійної ходьби з допоміжними засобами та підтримання фізичної форми [15]. Відеоігровий компонент повинен бути обмежений іграми Wii, оскільки ігри Xbox Kinect не пристосовані до сидячого положення. Пацієнти мають сідати на платформу для балансування Wii. Для таких випадків підійдуть такі ігри, як: Penguin Slide, Table Tilt або Bubble Balance [17]. У сукупності такі індивідуальні спеціально підібрані навчальні стратегії можуть допомогти максимізувати функціональний стан кожного окремого пацієнта в його конкретному стані захворювання або принаймні уповільнити можливе зниження координації рухів.

Реабілітація при дегенеративній хворобі мозочка залишається складною проблемою для пацієнтів, лікарів та терапевтів. Однак результати сучасних досліджень клінічної реабілітації стимулюватимуть подальші дослідження і, вірогідно, приведуть до більш широких знань у цій складній галузі фізичної реабілітації та поліпшення рівня якості життя пацієнтів.

Указані дослідження мають важливі недоліки, які стимулюватимуть нові дослідницькі питання, що можуть виникнути у галузі в найближчі роки. Для підтвердження висновків необхідні дослідження з більшою кількістю пацієнтів. Оскільки дегенеративні атаксії мають поширеність приблизно 6 : 100 000 [18], для залучення більшої кількості пацієнтів будуть потрібні скоординовані багатоцентрові зусилля. Групи пацієнтів мають бути більш однорідними. Фенотипна та генетична мінливість між різними видами дегенеративної атаксії є значною, включаючи різне прогресування захворювання та різний супутній вплив [20, 26, 29]. Таким чином, майбутні дослідження в ідеалі повинні вдаватися до відбору груп пацієнтів із заздалегідь визначеними однорідними генотипами. Більш того, слід використовувати рандомізовану схему контролю для отримання вищого рівня доказовості. Структура внутрішньоіндивідуального контролю використана в трьох із чотирьох дослідженнях [13, 14, 17]. Однак рандомізована схема контролю все ще є методологічно вищою.

Майбутні дослідження також повинні бути більш конкретно зосереджені на визначенні факторів передбачення успіху терапії. Тип атаксії, на-

приклад, може служити фактором передбачення успіху терапії, на що вказує висновок, що пацієнти з аферентною атаксією отримують меншу користь, ніж пацієнти з мозочковою атаксією [24, 25]. Однак це не завжди відповідає дійсності, оскільки молодші пацієнти з аферентною атаксією (а саме, атаксією Фрідріха) все-таки отримували користь від ігрових тренувань на основі Xbox [23]. Іншим фактором визначення передбачення успіху терапії може служити ступінь важкості атаксії на початковому етапі. Пацієнти з більш вираженим атаксичним синдромом мали менш стійке покращення стану завдяки терапії [16]. Але подібний висновок не є остаточним, оскільки для пацієнта з розвинутою дегенеративною атаксією, який не здатний до самостійної ходьби, можливе зменшення проявів атаксії до 4,4 бала за шкалою SARA за допомогою використання фізичної терапії та відеоігор [27].

Нарешті, конкретний рівень залишкової цілісності мозочка може бути фактором передбачення здатності пацієнта до покращення рухових характеристик. Дослідження пацієнтів із вогнищевими ураженнями мозочка (інсульт, пухлина) показали, що цілісність глибоких ядер мозочка може визначити майбутній успіх реабілітації [21, 22].

Зміни нервових механізмів, що лежать в основі тренувального ефекту при дегенеративних атаксіях, досі в основному не зрозумілі. Чи здатен дегенеруючий мозочок управляти руховою координацією, чи натомість дефіцит контролю компенсується іншими структурами мозку? У спробах зобразити зміни у мозку, які сприяють поліпшенню рухової функції [23], було проведено дослідження морфометрії на основі вокселів (VBM) у пацієнтів із дегенеративним захворюванням мозочка. Двотижневий постуральний тренінг привів до значного поліпшення рівноваги у пацієнтів. Порівняння обсягів сірої речовини до і після терапії виявило її збільшення, головним чином, у неуразених неокортикальних ділянках мозочково-кортикальної петлі, а точніше премоторної кори. Зміни сірої речовини спостерігалися і в межах мозочка, але були менш вираженими.

Таким чином, ці дані свідчать про те, що тренування може привести до активації компенсаторних механізмів, які меншою мірою проявляються в мозочку. Подальші дослідження стратегій нейрореабілітації дозволять краще зрозуміти основні патомеханізми порушення координації рухів та тренування для подолання порушення. Це зможе допомогти адаптувати фізичну терапію до конкретних потреб пацієнта з мозочковою атаксією.

**Висновки.** Описані дослідження дають перші докази, що високоінтенсивна фізична терапія може бути ефективною при дегенеративній атаксії. Більш конкретно підтверджують, що:

- пацієнти з дегенеративною атаксією отримують користь від фізичної терапії або тренування, що базується на використанні відеоігор;
- поліпшення прирівнюють до відновлення природного прогресування захворювання протягом одного і більше років;

- збереження тренувального ефекту залежить від безперервності тренування;

- даний тип терапії має сприятливий ефект навіть для пацієнтів із розвиненою нейродегенерацією;

- даний тип терапії може бути сприятливим також для дітей із важкими мультисистемними захворюваннями. Терапія за допомогою відеоігор сприяє підтриманню високого рівня мотивації та зацікавленості під час занять.

#### Література

1. Bastian AJ, Martin TA, Keating JG, Thach WT. Cerebellar ataxia: abnormal control of interaction torques across multiple joints. *Journal of Neurophysiology*. 1996;76(1):492-509.
2. Bastian AJ. Learning to predict the future: the cerebellum adapts feed-forward movement control. *Current Opinion in Neurobiology*. 2006;16(6):645-49.
3. Bastian AJ. Moving, sensing and learning with cerebellar damage. *Current Opinion in Neurobiology*. 2011;21(4):596-601.
4. Broadhurst MJ, & Stammers CW. Mechanical feeding aids for patients with ataxia: Design considerations. *Journal of Biomedical Engineering*. 1990; 12:209-14.
5. Diener HC, Dichgans J. Cerebellar and spinocerebellar gait disorders. In: Bronstein AM, Brandt T, editors. *Woollacott Clinical Disorders of Posture and Gait*. London, UK: CRC Press; 1996: 147-155.
6. Ferrarello F, Baccini M, Rinaldi LA, et al. Efficacy of physiotherapy interventions late after stroke: a meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 2011;82(2):136-43.
7. Fonteyn EM, Schmitz-Hubsch T, Verstappen CC, et al. Prospective analysis of falls in dominant ataxias. *European Neurology*. 2012;69(1):53-57.
8. Guercio J, Chittum R & McMorrow M. Self-management in the treatment of ataxia: A case study in reducing ataxic tremor through relaxation and biofeedback. *Brain Injury*. 1997;11: 353-362.
9. Holmes G. The cerebellum of man. *Brain*. 1939;62(1):1-30.
10. Horak FB. Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation. In M. Lister (Ed.), *Contemporary management of motor control problems: Proceedings of the II STEP conference* (pp. 11–28). Alexandria, VA: American Physical Therapy Association. 1991:P. 11-28.
11. Ilg W, Bastian AJ, Boesch S et al. Consensus paper: management of degenerative cerebellar disorders. *Cerebellum*. 2014;13(2):248-68.
12. Ilg W, Golla H, Thier P, Giese MA. Specific influences of cerebellar dysfunctions on gait. *Brain*. 2007;130(3):786-98.
13. Ilg W, Timmann D. Gait ataxia-specific cerebellar influences and their rehabilitation. *Movement Disorders*. 2013;28(11):1566-75.
14. Marsden J, Harris C. Cerebellar ataxia: pathophysiology and rehabilitation. *Clinical Rehabilitation*. 2011;25(3):195-216.
15. Mathiowetz V & Bass Haugen J. Motor behavior research: Implications for therapeutic approaches to central nervous system dysfunction. *American Journal of Occupational Therapy*. 1994; 48, 733-45.
16. Morgan MH. Ataxia and weights. *Physiotherapy*. 1975; 61: 332-335.
17. Morton SM, Bastian AJ. Cerebellar control of balance and locomotion. *Neuroscientist*. 2004;10(3):247-59.
18. Morton SM, Bastian AJ. Editorial: can rehabilitation help ataxia? *Neurology*. 2009;73(22):1818-19.
19. Morton SM, Bastian AJ. Mechanisms of cerebellar gait ataxia. *Cerebellum*. 2007;6(1):79-86.
20. Okajima Y, Chino N, Noda Y & Takahashi H. Accelerometric evaluation of ataxic gait: Therapeutic uses of weighting and elastic bandage. *International Disability Studies*:1990; 12: 165-68.
21. Schneitzer L. Rehabilitation of patients with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1978; 59: 579-90.
22. Schulz JB, Borkert J, Wolf S et al. Visualization, quantification and correlation of brain atrophy with clinical symptoms in spinocerebellar ataxia types 1, 3 and 6. *NeuroImage*. 2010;49(1):158-68.
23. Thach WT, Bastian AJ. Role of the cerebellum in the control and adaptation of gait in health and disease. *Progress in Brain Research*. 2004;143:353-66.
24. Thach WT, Goodkin HP, Keating JG. The cerebellum and the adaptive coordination of movement. *Annual Review of Neuroscience*. 1992;15:403-42.
25. Timmann D, Horak FB. Prediction and set-dependent scaling of early postural responses in cerebellar patients. *Brain*. 1997;120(2):327-37.
26. Tomlinson CL, Patel S, Meek C et al. Physiotherapy intervention in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*. 2012; 345, article e5004
27. Urbscheit N L & Oremland BS. Cerebellar dysfunction. In D. A. Umphred (Ed.), *Neurological rehabilitation* (3rd ed.) St. Louis, MO: Mosby. 1995.
28. Vilis T, Hore J. Central neural mechanisms contributing to cerebellar tremor produced by limb perturbations. *Journal of Neurophysiology*. 1980;43(2):279–291.
29. Wyckoff E. Letter to the Editor—The spoon plate is another option for self-feeding. *American Journal of Occupational Therapy*. 1993; 47: 851.
30. Yuen HK. Self-feeding system for an adult with head injury and severe ataxia. *American Journal of Occupational Therapy*. 1993. 47: 444-51.

riddlerv@gmail.com  
ebismak@gmail.com

Надійшла 15.02.2021