

Сучасний погляд на корекцію порушень ходьби у пацієнтів після інсульту: особливості комплексної реабілітації

УДК 618.8-009.1-085.851.8

Н. М. Кононенко, В. В. Чікіткіна

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

Резюме. Порушення ходьби внаслідок спастичного парезу нижньої кінцівки – найпоширеніша вада у пацієнтів після інсульту. Тому відновлення ходьби є важливим та складним завданням у процесі реабілітації хворих. *Мета.* Охарактеризувати основні порушення ходьби у пацієнтів після інсульту та визначити комплекс ефективних методів їх корекції. *Методи.* Аналіз та узагальнення наукової літератури. *Результати.* У пацієнтів, які перенесли інсульт, спастичний парез нижньої кінцівки порушує опорну функцію паретичної кінцівки, знижує швидкість ходьби та зменшує довжину кроку, викликає постуральні порушення, асиметрію ходи та веде до перерозподілу надлишкового навантаження на здоровий бік. Ефективність реабілітації потребує поєднання кількох методів та неодмінного залучення самих пацієнтів. Для відновлення ходьби використовують різні способи тренування із застосуванням електромеханічних та роботизованих засобів. Для зниження ступеня спастичності застосовують міорелаксанти системної та фокальної дії (ботулінічний токсин), спеціальні лікувально-гімнастичні прийоми, спрямовані на розслаблення м'язів: пасивні рухи та пасивні розтягнення, масаж, лікування положенням кінцівки. В деяких випадках ефективною є транскраніальна магнітна стимуляція та її комбінація з ботулінотерапією.

Ключові слова: інсульт, спастичний парез, порушення ходи, реабілітація.

A modern view of the treatment for gait abnormalities in post-stroke patients: peculiarities of integrated rehabilitation

N. M. Kononenko, V. V. Chikitkina

National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Abstract. Gait abnormalities due to spastic paresis of the lower limb is the most common disability in post-stroke patients. Therefore, the restoration of walking function is an important and difficult task in the process of patient's rehabilitation. *Objective.* To characterize the main gait abnormalities in post-stroke patients and to identify a set of effective methods for their treatment. *Methods.* Analysis and generalization of scientific literature. *Results.* In patients who have suffered a stroke, spastic paresis of the lower limb impairs the supporting function of the paretic limb, reduces walking speed and stride length, causes postural disorders and gait asymmetry, and leads to the transfer of excess load to the healthy side. The effectiveness of rehabilitation requires a combination of several methods and the necessary involvement of the patients themselves. Various training techniques using electromechanical and robotic means are used to restore walking function. To reduce the degree of spasticity, muscle relaxants of systemic and local action (botulinum toxin) are used along with special medical and gymnastic techniques aimed at muscle relaxation: passive movements and passive stretching, massage, and treatment by proper limb positioning. In some cases, transcranial magnetic stimulation and its combination with botulinum therapy are effective.

Keywords: stroke, spastic paresis, gait abnormalities, rehabilitation.

Постановка проблеми. Для кінця ХХ — першої декади ХХІ ст. характерною рисою є високий рівень захворюваності та смертності від судинно-мозкових захворювань (СМЗ), а також груба інвалідизація від мозкового інсульту (МІ). Згідно з даними ВООЗ, щороку у світі спостерігається близько 7 млн випадків інсульту.

В Україні СМЗ є найбільш актуальними серед медичних та соціальних проблем [8, 9]. Займаючи одне з перших місць у структурі захворюваності населення, МІ обумовлює 33–53 % усіх смертельних випадків та 1/3 випадків інвалідності [25]. Рухові порушення в гострому періоді захворювання розвиваються приблизно у 3/4 хворих, зокрема геміпарез реєструється у 65 % випадків [32]. Через 6 місяців стійка рухова вада все ще зберігається у 53 % пацієнтів, які перенесли інсульт, а через рік сторонньої допомоги потребує кожен третій пацієнт. Кожен другий хворий через 3 роки після інсульту не задоволений якістю свого життя [5, 38].

Після осередкового ураження в центральній нервовій системі (ЦНС) розвивається комплекс порушень моторного та немоторного характеру, формуються біомеханічні зміни у м'язах. Спастичний парез є найчастішим наслідком ушкодження ЦНС. Спастичність розвивається у різні терміни після інсульту у 20–40 % пацієнтів [23]. Парез, м'язова гіперактивність (у вигляді спастичності, спастичної дистонії), контрактура — три основні його складові, що вимагають особливої уваги та своєчасного лікування. Фокальна, або мультифокальна спастичність може бути причиною порушення активної та пасивної функції кінцівки, розвитку больового синдрому, виникнення контрактур та гетеротопічних осифікатів, вона може погіршувати прогноз функціонального відновлення пацієнтів, знижувати ефективність реабілітації, негативно впливати на мотивацію пацієнтів та обмежувати їхню соціальну активність і адаптацію, що обґрунтовує необхідність адекватних заходів профілактики та лікування на всіх етапах медичної реабілітації пацієнтів із осередковим ушкодженням ЦНС.

Порушення ходи внаслідок спастичного парезу нижньої кінцівки — найпоширеніша вада, що формується приблизно у 80 % пацієнтів вже у перші 3 місяці після інсульту [10, 30, 37]. Клінічно постінсультна спастичність проявляється у вигляді підвищення тонічних рефлексів розтягування (м'язового тону), що з'являються в момент пасивного розтягування м'яза, і супроводжується підвищеними сухожильними рефlekсами, патологічними рефlekсами та іншими симптомами [29, 35].

Відсутність нормальної опори на паретичну ногу у зв'язку зі змінами в м'язах суттєво змінює ходу, знижує її швидкість, викликає вкорочення

довжини кроку, створює нестійкість під час ходьби та у вертикальному положенні, обумовлює високий ризик падінь через скорочення фази опори та подовження фази перенесення паретичної ноги [34]. У зв'язку з цим підвищення безпеки та швидкості ходьби, а також профілактика падінь і покращення якості життя є основними цілями медичної реабілітації у пацієнтів зі спастичним парезом після інсульту [1, 34].

Мета дослідження — охарактеризувати основні порушення ходьби у пацієнтів після інсульту та визначити комплекс ефективних методів їх корекції.

Методи дослідження: аналіз та узагальнення наукової літератури.

Результати дослідження та їх обговорення. Проблема реабілітації хворих після інсульту є однією з найбільш актуальних у сучасній медицині, оскільки її несвоєчасність та неадекватність призводить до збереження незворотних змін та зумовлює інвалідизацію пацієнтів. Відновлення ходьби є непростим завданням у зв'язку зі складністю її організації в нормі, а комплекс змін, що відбуваються в м'язах нижньої кінцівки після інсульту, їх модульна реорганізація та утворення різноманітних патологічних патернів, порушення регуляції рухів з боку ЦНС, швидко виникаючі вторинні зміни в суглобах та інших частинах тіла, обмежують цей процес, а іноді роблять його неможливим.

Ходьба є складним, характерним лише для людей, руховим актом, у процесі якого відбувається перенесення тіла з нестабільного, вертикального становища в ще більш нестабільне положення перенесення маси тіла [6, 16]. У процесі ходьби беруть участь як м'язи нижніх кінцівок, так і м'язи тулуба і верхніх кінцівок для підтримання та просування тіла у різні фази ходьби. Показано, що зміщення центру маси тіла під час ходьби через рухи на рівні таза (нахил таза, згинання стегна та його відведення) робить найбільш значний внесок у створення нестабільного положення тіла [16]. М'язи нижніх кінцівок відповідно до їх біомеханічних функцій для всієї кінцівки або тіла в цілому для виконання основних завдань були об'єднані в п'ять функціональних груп або модулів/м'язових синергій: контролю балансу або ходьби, здійснення довільних ритмічних рухів [24]. Кожен модуль утворюється шляхом коактивації кількох м'язів у певну фазу ходьби, формуючи свій патерн. *Модуль 1* — середній сідничний м'яз і чотириголовий м'яз стегна (*m. gluteus medius* і *m. quadriceps femoris*) підтримують тіло на початку руху. *Модуль 2* — литковий м'яз і камбалоподібний м'яз (*m. gastrocnemius* і *m. soleus*) підтримують тіло й активуються під час просування тіла вперед у

фазі опори. *Модуль 3* — прямий м'яз і передній великогомілковий м'яз стегна (*m. rectus femoris* і *m. tibialis anterior*) уповільнюють просування ноги вперед у ранню та пізню фази перенесення тіла і генерують енергію протягом усього руху. *Модуль 4* — комплекс м'язів задньої поверхні стегна: півсухожилковий, півперетинчастий, двоголовий м'яз стегна (*mm. hamstrings: m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. biceps femoris*) активуються в ранню фазу перенесення тіла і сповільнюють іпсилатеральну ногу перед моментом постановки п'ятки на горизонтальну поверхню у фазу перенесення. *Модуль 5* — м'язи-згиначі кульшового суглоба і м'язи, що приводять стегно (*m. iliopsoas* і *mm. adductor brevis et longus, kрім m. adductor magnus*), прискорюють просування іпсилатеральної ноги вперед у фазу передперенесення і ранню фазу перенесення. Модулі, що формують певні біомеханічні завдання, необхідні для забезпечення добре скоординованої ходьби і можуть розглядатися як базові елементи неврального контролю [18, 26].

У пацієнтів, які перенесли інсульт, невральні механізми управління змінюються, оскільки часто відбувається злиття модулів під час ходьби, виникають патологічні синергічні патерни, що порушують нормальну активацію м'язів у спокої та під час ходьби [22]. Так, м'язи модулів 3 і 5 діють разом для прискорення ранньої фази перенесення, а м'язи модуля 1 часто поєднуються з модулями 2 і 4 або з кожним окремо. Активація м'язів модулів 1 і 4 охоплює фази від закінчення перенесення до кінця опори, а активація м'язів модуля 2 — всю фазу опори. Тому спільна активація м'язів (середнього сідничного, розгиначів колінного суглоба, підшвових згиначів стопи та задньої групи м'язів стегна під час опори) сприяє підтрианню маси тіла та створенню стійкості у проксимальних суглобах кінцівки. За рахунок об'єднання м'язів модулів 2 і 4 (модулів початку і кінця фази опори) відбувається слабкіша генерація поштовху, що вказує на неузгодженість між фазами прийняття маси тіла і її просуванням вперед. Відзначено також, що на паретичній кінцівці не спостерігається активації переднього великогомілкового м'яза під час закінчення фази перенесення та відповіді на навантаження, вона не бере участі в уповільненні тильного згинання стопи. М'язи-підшвові згиначі завжди активні протягом усієї фази опори і часто неактивні під час фази перенесення, вони рано роблять свій внесок у контакт стопи із землею, уповільнюють тильне згинання стопи і тулуба під час руху вперед, частково підтримуючи тіло. Ці м'язові синергії після закінчення фази перенесення дозволяють відбуватися більш частому контак-

ту із землею всієї поверхні стопи або передньої її частини. Кількість спрощених модулів корелює зі швидкістю ходьби, вона стає повільнішою та асиметричнішою.

Ушкодження моторної зони кори головного мозку та низхідних кортикоспінальних трактів без прямого порушення опорно-рухового апарату або рефлекторних дуг спинного мозку після інсульту призводить до виникнення парезу. Розгальмовані ретикуло- та вестибулоспінальні низхідні провідні шляхи стовбура мозку активують м'язи, які забезпечують опору тіла, стабільність пози та пересування, але організовані у меншу кількість модулів/моторних синергій [18] та формують спастичні синергічні патерни. Найбільш поширеним патологічним патерном є синергія м'язів-згиначів верхньої кінцівки та м'язів-розгиначів нижньої кінцівки, що формує типову геміплегічну позу Верніке-Манна: розгинання та приведення стегна, випрямлення в колінному суглобі, згинання стопи та її супінацію. М'язи синергічно активуються в розгинанні стегна і коліна під час вихідної позиції, що не дає можливості зігнути нижню кінцівку в кульшовому та колінному суглобах. Для компенсації цих порушень пацієнти здійснюють циркумдукцію — коловий рух паретичною нижньою кінцівкою під час фази руху для кліренсу ноги. Спастичний парез нижньої кінцівки, що виникає після інсульту, порушує опорну функцію паретичної кінцівки, знижує швидкість ходьби та зменшує довжину кроку, викликає постуральні порушення, асиметрію ходи та веде до перерозподілу надлишкового навантаження на здоровий бік.

Зниження швидкості ходьби є характерною ознакою у пацієнтів зі спастичним парезом нижньої кінцівки [10, 30]. Середня швидкість ходьби у пацієнтів після інсульту варіює від 0,23 до 0,73 м · с⁻¹. Її зниження корелює зі зменшенням довжини кроку та частоти кроків. Співвідношення між частотою кроків та швидкістю ходьби є лінійним до швидкості близько 0,33 м · с⁻¹ та частоти близько 90 крок · 1 хв⁻¹. Подальше зростання пояснюється збільшенням кроку. Саме швидкість ходьби більше 0,33 м · с⁻¹ є показником рухового відновлення для постінсультних хворих.

Асиметрія ходьби є ще однією з ключових ознак, що зустрічаються у 40–80 % пацієнтів зі спастичним парезом нижньої кінцівки. Патерни тимчасової асиметрії характеризуються більш коротким часом фази опори і більшим часом фази перенесення паретичної кінцівки, а патерни просторової асиметрії — довшою довжиною кроку здорової кінцівки. Зменшений час перенесення здорової ноги призводить до скорочення довжини її кроку.

Нові стратегії медичної реабілітації спрямовані на досягнення адаптивних нейропластичних змін завдяки стимуляції автоматичних процесів. Так, у ряді досліджень показано, що уявлення руху за рахунок активації моторних ділянок мозку за допомогою уяви дії сприяє пластичності мозку та збільшує швидкість ходи, довжину кроку та фазу одиночної опори, а віртуальна реальність з інтерактивними відеоіграми та заняття у збагаченому середовищі впливають на швидкість ходи та загальний алгоритм рухів [14].

Більшість реабілітаційних стратегій відновлення ходьби спрямовані на поліпшення вертикальної пози, контролю балансу і пересування. Для забезпечення стійкості та підтримання балансу виробляється компенсаторна поведінка з використанням здорової сторони у зв'язку зі слабкістю паретичної [7]. З метою її зміцнення показано включення програм фітнес-тренувань: кардіореспіраторних, з обтяженням та/або змішаних, оскільки загальна фізична підготовка після інсульту знижується.

Для відновлення швидкості ходьби і балансу, зменшення асиметрії ходи і збільшення прохідної дистанції на будь-якій стадії після інсульту використовують різні способи тренування ходьби: з завданнями, що повторюються; за допомогою простих засобів та виконанням рухових завдань, відмітних від ходьби; навчання вставання із положення сидячи на стабільну або нестійку поверхню (з використанням баланс-майданчика); а також тренування за допомогою електромеханічних та роботизованих засобів та тренувань на біговій доріжці з розвантаженням маси тіла (трєдмілл-трєнїнг) [11, 12].

Основним лікувальним засобом у хворих із спастичним парезом є міорелаксанти. Існують дві групи міорелаксантів: системної (пероральні міорелаксанти центральної або периферичної дії) та фокальної дії (препарати ботулінічного токсину типу А – БТА) [4].

Ботулінічний токсин – нейротоксин, що виробляється бактерією *Clostridium botulinum*, основний механізм дії якого полягає у блокуванні холінергічної передачі – вивільнення ацетилхоліну в нейром'язовому синапсі за рахунок блокади транспортного білка SNAP-25. Ефект його внутрішньом'язового застосування проявляється локальним зниженням м'язового тону у м'язах протягом кількох місяців після ін'єкції [4]. Згідно з рекомендаціями Американської академії неврології 2016 р. кілька препаратів БТА – аботулотоксин, воноботулотоксин та інкоботулотоксин – мають найвищий рівень рекомендацій А як ефективні препарати для зниження м'язового тону та поліпшення пасивної функції кінцівки, а один з них –

аботулотоксин – має ще рівень рекомендації В для поліпшення активної функції кінцівки [4, 36]. Як методи контролю ін'єкцій для забезпечення точного потрапляння в цільні м'язи можливе застосування електростимуляції або ультразвуковий метод контролю ін'єкцій [33].

До підходів фізичної реабілітації, що застосовуються для зниження ступеня спастичності, можна віднести спеціальні лікувально-гімнастичні прийоми, спрямовані на розслаблення м'язів, що перебувають у стані підвищеного тону, вибіркові методики медичного масажу та лікування положенням. Хоча дані методики не є основними у лікуванні та профілактиці спастичності, проте використовуються для тимчасового зниження ступеня її виразності під час підготовки кінцівки до проведення лікувальної фізкультури.

За допомогою пасивних рухів проводиться розтягнення укорочених м'язів. Пасивні рухи здійснюються без активного м'язового сприяння хворого, їх слід починати з проксимальних відділів кінцівок поступово переходячи до дистальних, при цьому темп може бути повільним, плавним, без ривків. Пасивні рухи проводять за можливості в повному обсязі, ізолювано у кожному суглобі, звертаючи особливу увагу на обертальні рухи [19]. Обсяг і темп рухів поступово збільшуються, їх кількість для кожного суглоба може бути від 5 до 10. Рекомендовані інтервали між пасивними вправами – від 30 хв до 6 год [28]. Під впливом пасивних рухів паретичних кінцівок відмічається активація відповідних зон кори, причому цю активацію за величиною можна порівняти з активацією, що викликається довільними рухами [31]. Пасивні розтягнення – це спеціальні лікувально-гімнастичні вправи на розтягнення м'язів, що перебувають у підвищеному тонусі, засновані на пасивній зміні довжини м'яза у певних положеннях паретичної кінцівки, у яких відбувається максимальне розтягнення цих м'язів («гіперрозтягнення») [27]. Відомо, що 30-хвилинні щоденні максимальні розтягнення м'язів, що перебувають у стані підвищеного тону, значно уповільнюють розвиток контрактур у кінцівці. Пасивне розтягнення також можна використовувати самими пацієнтами у домашніх умовах у рамках програм спрямованої самореабілітації [1]. Існують й інші вправи у рамках ЛФК-комплексів, спрямовані на зниження тону в цільових м'язах. Для розслаблення м'язів застосовують також різні виси та струшування кінцівок.

Проведення масажу при спастичному парезі потребує певної обережності та вміння. Неадекватна стимуляція спастичних м'язів може призвести до різкого підвищення м'язового тону. Під час масажу паретичних кінцівок рекоменду-

ється керуватися такими правилами: масаж верхньої кінцівки слід починати з проксимальних відділів — м'язів плечового пояса, масаж нижньої кінцівки — з сідничних м'язів та м'язів стегна, потім переходять до масажу більш дистальних ділянок кінцівок. Під час масажу м'язів, у яких тонус підвищений, слід застосовувати лише легке поглажування, темп масажних рухів може бути повільним. Під час масажу м'язів-антагоністів, у яких тонус не підвищений, можна використовувати й інші масажні прийоми: розтирання та неглибоке розминання, ці м'язи можна масажувати більш енергійно та у швидшому темпі. При спастичному парезі використовується також точковий масаж, який сприяє вирівнюванню процесів збудження та гальмування, нормалізації реципрокних взаємин м'язів-антагоністів [21].

Лікування положенням (позиціонування кінцівок). Спеціальні укладання паретичних кінцівок проводяться за допомогою спеціальних лонгет, валиків та пристроїв у положенні, протилежному позі Верніке-Манна, при цьому розтягуються ті м'язи, у яких м'язовий тонус підвищений найбільше [21]. Для лікування положенням також можна використовувати спеціальні ортези для стоп, кистей та пальців, ліктьового суглоба. Чергують укладання паретичних кінцівок у положенні хворого на спині (1,5–2 год) та здоровому боці (40–50 хв). У хворих з черепно-мозковою травмою може бути використане укладання на животі за допомогою лікувально-гімнастичних матів зі схилом. У хворих зі спастичною параплегією в положенні на спині використовується розтягнення привідних і розгинальних м'язів стегна, за допомогою Т-подібного валика і подушок реклінаторів [14].

Методи фізіотерапії не мають високого рівня доказовості зниження м'язового тонусу та їх ефект, зазвичай, дуже нетривалий. Черезшкірна електронейростимуляція м'язів (ЧЕНС) у поєднанні з іншими видами лікування може тимчасово знижувати тонус. Імовірно, ефект пов'язаний з продукцією ендорфінів, які знижують збудливість мотонейронів, а також впливають на ноцицептивну аферентацію, регулюючи передачу больових імпульсів. Крім того, передбачається, що ЧЕНС викликає кіркову синаптичну реорганізацію за рахунок підвищення сенсорного входу шляхом стимуляції товстих мієлінізованих волокон типу А. Ефективність методу потребує підтвердження в рандомізованих контрольованих дослідженнях [20]. Тонус м'язів також може знижуватися за ра-

хунок вібраційної дії на м'язи, що перебувають у стані гіпертонусу. Однак цей метод є неефективним для довгострокового зниження спастичності. Вплив парафіном (озокеритом) здійснюється за допомогою апікацій (найчастіше за кюветно-апікаційною методикою) у вигляді широких смуг, які накладаються, насамперед, на спастичні м'язові групи при температурі апікацій 48–50° та тривалості дії 15–20 хв. Курс лікування включає 10–15° процедур, які проводяться щодня. Вони чинять позитивний вплив (покращення трофіки), насамперед на укорочені структури м'язових тканин [13, 17]. Ще одним фізіотерапевтичним методом лікування спастичності є магнітотерапія. Час процедури — 15 хв, курс лікування — 10–15 процедур, які бажано проводити щоденно.

Транскраніальна магнітна стимуляція (ТМС) — це неінвазивний спосіб активації кори головного мозку, що базується на принципі електромагнітної індукції. Активация низхідного кіркового впливу на спінальну рефлекторну активність посилює гальмівний вплив на надмірно збуджені альфа-мотонейрони і, зрештою, відбувається зниження рефлексу розтягування та м'язового тонусу [15]. Ефективність методу в лікуванні синдрому спастичності показана у ряді робіт, проте необхідне проведення додаткових досліджень [2, 3]. Також доцільним є комбіноване лікування спастичності — ТМС та ботулінотерапії.

Таким чином, очевидно, що ефективність реабілітації пацієнтів з порушенням ходьби потребує поєднання кількох методів та неодмінного залучення самих пацієнтів. Тому важливим аспектом є не лише наявність можливостей для проведення реабілітації, а й збереження тривалої мотивації пацієнта на всіх етапах реабілітації після інсульту (стаціонарному та амбулаторному), особливо у хронічній фазі інсульту.

Висновки. Порушення ходьби — дуже поширений наслідок інсульту. Формування порушення ходьби через розвиток спастичного парезу в нижній кінцівці є наслідком широкого спектра порушень в організації моторного контролю, а також відображенням механічних наслідків м'язової слабкості, спастичності, аномальної синергетичної активації та їхньої сукупної взаємодії.

У разі розвитку після інсульту спастичного парезу нижньої кінцівки для корекції спастичності показана ботулінотерапія. Необхідне поєднання методів медичної реабілітації, а також пролонгованості реабілітації та залучення пацієнта до цього процесу.

Література

1. Баннікова Р, Керестей В. Сучасні підходи до побудови програми фізичної реабілітації осіб з наслідками гострих порушень мозкового кро-

вообігу у пізньому відновному періоді [Modern approaches to building a program of physical rehabilitation of persons with the consequences of acute

cerebrovascular disorders in the late recovery period]. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2018;3:29-37.

2. Беляев АА, Ісайкова ОІ, Сон АС. Лікувальні ефекти транскраніальної магнітної стимуляції при захворюваннях нервової системи [Therapeutic effects of transcranial magnetic stimulation in diseases of the nervous system]. Досягнення біології та медицини. 2015;1(25):71-75.

3. Богдановська НВ, Кальонова ІВ. Сучасні технології корекції рухових порушень у хворих з ішемічним інсультом [Modern technologies for the correction of motor disorders in patients with ischemic stroke]. Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини. 2017; 2: 5-10.

4. Голик ВА. Спастичність після інсульту та ботулінотерапія: чи допоможе програма медичних гарантій? [Post-stroke spasticity and botulinum therapy: will the health guarantee program help?] Здоров'я України. 2021; 3 (вересень): 15-16.

5. Здесенко ІВ. Реабілітація хворих з постінсультними когнітивними та депресивними розладами [Rehabilitation of patients with post-stroke cognitive and depressive disorders]. IV Всеукр. форум нейрореабілітації та медико-соціальної експертизи: Львів: Літограф; 2016: 47 с.

6. Кадыков АС, Черникова ЛА, Шахаронова НВ. Реабілітація неврологічних больних [Rehabilitation of neurological patients]. Москва: МЕД-пресс-информ; 2021. 560 с.

7. Калмикова ЮС, Без'язична ОВ, Калмиков СА. Сучасні погляди на методику вертикалізації у нейрореабілітації [Modern views on the method of verticalization in neurorehabilitation]. Сучасні тенденції, спрямовані на збереження здоров'я людини. Збірник наукових праць. Харків. 2021;2:37-40.

8. Міщенко ТС. Епідеміологія цереброваскулярних захворювань і організація допомоги хворим з мозковим інсультом в Україні [Epidemiology of cerebrovascular diseases and organization of care for patients with stroke in Ukraine]. 2017; 25,1(90): 22-24.

9. Орос ММ, Грабар ВВ, Луц ВВ. Когнітивні та емоційні порушення в пацієнтів у ранній період після ішемічного інсульту [Cognitive and emotional disorders in patients in the early post-ischemic stroke]. Журнал неврології ім. Б. М. Маньковського. 2018;1:65-68.

10. Парафенов ВА. Постинсультные двигательные нарушения [Post-stroke movement disorders]. Медицинский совет. 2016;11:8-14.

12. Попадюха ЮА. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації [Modern computerized complexes and systems in physical rehabilitation technologies] навчальний посібник Київ: Центр учбової літератури; 2018. 300 с.

11. Попадюха ЮА. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях: навчальний посібник [Modern computerized complexes and systems in physical rehabilitation technologies: study guide]. Київ: Центр учбової літератури; 2017. 324 с.

13. Ревенко ІЛ. Епідеміологія інсульту в Україні [Epidemiology of stroke in Ukraine]. Запорожський медичний журнал. 2010; 12 (3): 42-47.

14. Рокшевська ВВ. Фізична реабілітація хворих після перенесеного мозкового геморагічного інсульту в умовах стаціонару: методичний посібник [Physical rehabilitation of patients after cerebral hemorrhagic stroke in the hospital: methodological guide]. Львів: ПП. Сорока Т. Б.; 2010. 96 с.

15. Самосюк ІЗ, Самосюк НІ, Жуков ВА. Мозковий інсульт: медична реабілітація і механізми саногенеза – основні поняття і дефініції [Cerebral stroke: medical rehabilitation and mechanisms of sanogenesis – basic concepts and definitions]. Journal of Education, Health and Sport. 2015; 5(1): 100-116.

16. Тищенко ІВ, Кириченко ІМ. Сучасні уявлення про когнітивну складову формування патерну ходьби людини [Modern ideas about the cognitive component of the formation of the pattern of human walking]. Вісник морфології. 2016;22,1:202-205.

17. Физиотерапия: учебник [Physiotherapy: textbook]. АА Владимірова, ВВ Ежова, ГН Пономаренко, редакторы. Киев: Формат; 2013; Т. 1. 379 с.

18. Хатькова СЕ, Костенко ЕВ, Акулов МА, Дягилева ВП, Николаев ЕА, Орлова АС. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации [Modern aspects of pathophysiology of walking disorders in patients after stroke and features of their rehabilitation]. Журнал неврологии и психиатрии им. СС. Корсакова. 2019; 119,12(2): 43-50.

19. Христова ТЄ. Відновлення рухової функції хворих зрілого віку після інсульту засобами фізичної реабілітації [Restoration of motor function of adult patients after stroke by means of physical rehabilitation]. В: Єрмаков СС, редактор. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: зб. наук. праць. 2013; 2: 87-91.

20. Худецький ІЮ, Хоменко ЄС, Антонова-Пафії ЮВ. Особливості фізичної реабілітації людей похилого віку із неврологічними захворюваннями [Features of physical rehabilitation of the elderly with neurological diseases]. Молодий вчений. 2018;10(62):155-157.

21. Юхимчук ХВ. Реабілітація хворих з інсультом [Rehabilitation of patients with stroke]. Медсестринство. 2018;3:23-26.

22. Allen JL, Kesar TM, Ting LH. Motor module generalization across balance and walking is impaired after stroke. Journal of Neurophysiology. 2019; 122(1): 277-289.

23. Baude M, Nielsen JB, Gracies J-M. The neurophysiology of deforming spastic paresis: A revised taxonomy. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019; 62(6): 426-430.

24. Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. Neurophysiol Clin. 2015; 45(4-5): 335-335.

25. Brodie EE, Whyte A, Niven CA. Analgesia through the lookingglass? A randomized controlled trial investigating the effect of viewing a 'virtual' limb upon phantom limb pain, sensation and movement. European Journal of Pain.2017;11(4): 428-436.

26. Cheung VCK, Seki K. Approaches to revealing the neural basis of muscle synergies: a review and a critique. Journal of Neurophysiology.2021;125(5): 1580-1597.

27. Furukawa T, Masakado Y. Changes in Sonoelastography After Using Botulinum Toxin Type A for the Treatment of the Patients with Post-stroke Spasticity: Report of 2 Cases. Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine. 2021; 46(2): 83-88.

28. Hameau S, Bensmail D, Robertson J, Boudarham J, Roche N, Zory R. Isokinetic assessment of the effects of botulinum toxin injection on spasticity and voluntary strength in patients with spastic hemiparesis. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2014;50(5):515-523.

29. Li S, Francisco GE. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. Frontiers in Human Neuroscience. 2015; 9(192).

30. Meijer R, Plotnik M, Zwaafink EG et al. Markedly impaired bilateral coordination of gait in post-stroke patients: Is this deficit distinct from asymmetry? A cohort study. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2011; 8(1): 23.

31. Moraru E, Onose G. Data condensed synthesis regarding kinesiotherapeutic procedures used in spasticity therapy. Journal of Medicine and Life.2014;7(3):317-21.

32. Norrving B, Barrick J, Davalos A, Dichgans M, Cordonnier C, Guekht A et al. Action plan for stroke in europe 2018–2030. European stroke journal. 2018; 3(4): 309-336

33. Picelli A, Filippetti M, Sandrini G, Tassorelli C, De Icco R, Smania N, Tamburin S. Electrical Stimulation of Injected Muscles to Boost Botulinum Toxin Effect on Spasticity: Rationale, Systematic Review and State of the Art. Toxins (Basel). 2021;13(5): 303.

34. Roelker SA, Bowden MG, Kautz SA, Neptune RR. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review. Gait Posture. 2019; 68:6-14.

35. Salazar AP, Pinto C, Mossi JVR, Figueiro B, Lukrafka JL, Pagnussat AS. Effectiveness of static stretching positioning on post-stroke upper-limb spasticity and mobility: Systematic review with meta-analysis. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019; 62(4): 274-282.

36. Simpson DM, Hallett M, Ashman EJ, et al. Practice guideline update summary: Botulinum neurotoxin for the treatment of blepharospasm, cervical dystonia, adult spasticity, and headache: Report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology. 2016; 86(19): 1818-26.

37. Thrift AG, Thayabaranathan T, Howard G, Howard VJ, Rothwell PM, Feigin VL, et al. Global stroke statistics. International Journal of Stroke. 2017; 12: 13-32.

38. Ullberg T, Zia E, Petersson J, Norrving B. Changes in functional outcome over the first year after stroke: an observational study from the Swedish stroke register. Stroke. 2015; 46(2): 389-94.