

DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt192.03.043>

УДК: 615.47: 004.9

М.І. ВОВК, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.,
зав. відд. біоелектричного керування та медичної кібернетики
e-mail: vovk@irtc.org.ua; imvovk3940@gmail.com

Є.Б. ГАЛЯН, канд. техн. наук, наук. співроб.,
відд. біоелектричного керування та медичної кібернетики
e-mail: galian@irtc.org.ua

О.А. КУЦЯК, канд. техн. наук, наук. співроб.,
відд. біоелектричного керування та медичної кібернетики
e-mail: spirotech85@ukr.net

А.Д. ЛАУТА, канд. мед. наук, старш. наук. співроб.,
відд. біоелектричного керування та медичної кібернетики
e-mail: dep140@irtc.org.ua

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій
і систем НАН України та МОН України,
просп. Акад. Глушкова 40, м. Київ, 03187, Україна

ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ КЕРУВАЛЬНИХ ВПЛИВІВ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ РУХІВ І МОВЛЕННЯ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ

Вступ. Сьогодні одним з провідних напрямів у системі охорони здоров'я є індивідуальний підхід до лікування. Щодо відновлення м'язових і мовленнєвих функцій після інсульту кожен етап реабілітації передбачає формування індивідуального комплексу керувальних впливів – програм, методик тренування загальних рухів кінцівок, тонкої моторики кисті й пальців для відновлення мовлення, які спрямовано на зменшення дефіциту рухових і мовленнєвих функцій, набутого внаслідок патології.

Мета статті — визначити, за якими алгоритмами, інформативними критеріями оцінювання дефіциту рухових і мовленнєвих функцій та вирішувальними правилами формується індивідуальний набір рухів, програм і регламент їх тренувань для відновлення рухових і мовленнєвих функцій після інсульту.

Результати. Розроблено загальний і додаткові алгоритми формування індивідуального комплексу керувальних впливів для реабілітації м'язових і мовленнєвих функцій після інсульту. Згідно з цими алгоритмами у пацієнта перевіряють наявність загальних і специфічних протипоказань до застосування міоелектростимуляції та/або біотренування, проводять кількісне оцінювання порушень рухових і мовленнєвих функцій, м'язового тону за новими оригінальними методиками, перевірку обмежень до застосування програм і тривалості тренувань.

© М.І. ВОВК, Є.Б. ГАЛЯН, О.А. КУЦЯК, А.Д. ЛАУТА, 2018

ISSN 2519-2205 (Online), ISSN 0454-9910 (Print). Киб. и выч. техн. 2018. № 3 (193)

43

Додаткові алгоритми розроблено для врахування показників як гіпер-, так і гіпотонусу. Особливістю цих алгоритмів є введення додаткових умов дозволу тренування на основі сформованих критеріїв за інтервалами значень м'язового тонусу. Розроблено вирішувальні правила із застосуванням алгебри предикатів, логічних змінних, які відповідають зазначеним критеріям і показникам. За цими правилами у бінарній формі на кожному етапі реабілітації визначають рекомендований за пріоритетом набір рухів, програм тренувань ("Синтез", "Донор", "Поріг", "Біотренування" за технологією ТРЕНАР®) та їх регламент.

Висновки. Розглянутий підхід до формування індивідуального комплексу керувальних впливів для реабілітації рухів і моторики мовлення після інсульту є теоретичною основою синтезу мобільної інформаційної технології цифрової медицини допомоги лікарю у діагностиці та проведенні індивідуальної реабілітації рухових і мовленнєвих функцій після інсульту.

Ключові слова: інсульт, рухи, мовлення, реабілітація, методики оцінювання, алгоритм, вирішувальні правила, індивідуальні керувальні впливи, програми, міоелектростимуляція, біотренування.

ВСТУП

Цереброваскулярна патологія та її найважча форма — інсульт, є однією з найчастіших причин інвалідності дорослого населення. Найбільш поширеним постінсультним дефектом є рухові порушення. Другим за значимістю і поширеністю — розлади мовлення, зокрема моторна афазія — патологія усного мовлення, проявляється у 18–27 % пацієнтів, які перенесли інсульт. Наявність рухового і мовленнєвого дефекту внаслідок перенесеного інсульту, черепно-мозкової травми, пухлини мозку або оперативного втручання на головному мозку значно знижує комунікативні можливості, повсякденну життєву активність хворих, призводить до їх соціальної ізоляції. За різними даними інвалідами стають 70–80 % осіб, які вижили після інсульту, а 20–30 % з них потребують постійної сторонньої допомоги. Реабілітація хворих з руховим і мовленнєвим дефіцитом, що перенесли мозковий інсульт, є актуальною проблемою.

Реабілітація — це, перш за все, мобілізація резервів організму на відновлення порушеної внаслідок патології функції. Щодо відновлення рухових функцій, провідне місце у комплексі програм медичної реабілітації відводиться тренуванню рухів на базі нових інформаційних технологій. Проблема реабілітації полягає у біологічно адекватній мобілізації резервів організму на відновлення рухів, у необхідності вибору методу, програми, методик тренування, які є адекватними стану рухових функцій і етапу реабілітації. Саме такий підхід покладено в основу конкурентоспроможної біоінформаційної технології відновлення рухових і мовленнєвих функцій ТРЕНАР®, яку реалізує новий клас виробів цифрової медицини — апаратно-програмний комплекс ТРЕНАР®. Головною перевагою технології є можливість організувати індивідуальний підхід до відновного лікування на кожному етапі реабілітації рухів і мовлення [1].

Застосування технології ТРЕНАР® у відновному лікуванні рухів і усного мовлення показало значний процент покращень рухових функцій, який, зокрема після інсульту, за експертними оцінками досягає 93 %, а мовленнєвих функцій у разі тренування тонкої моторики ураженої кисті у хворих після інсульту (моторна афазія, правобічний геміпарез) досягає 74 % проти 41 % за базовим курсом лікування.

Наведені результати є підставою для включення запропонованої технології відновлення рухів і мовлення до обов'язкового комплексу реабілітацій-

них заходів. Варто зазначити, що показники покращення віддзеркалюють експертну оцінку спеціалістів, яка носить якісний і в багатьох випадках суб'єктивний характер. Разом з тим, успіх широкого використання інноваційної технології ТРЕНАР® значною мірою визначається об'єктивним оцінюванням позитивної динаміки дефіциту рухових і мовленнєвих функцій внаслідок реабілітаційних заходів, важливе значення в якому відіграє кількісне оцінювання дефіциту за доказовими критеріями. Кількісне оцінювання є важливим складником у цифровій медицині, зокрема, основою синтезу методів та засобів інформаційно-консультативної допомоги лікарю в оцінюванні ефективності реабілітаційного процесу і формуванні індивідуального комплексу керувальних впливів у реабілітації хворого після інсульту.

Технологія реабілітаційного процесу починається і закінчується експертним оцінюванням об'єкта реабілітації на кожному етапі. Як правило, пацієнт у відновному лікуванні рухів проходить кілька етапів. Кожний передбачає визначення індивідуального комплексу керувальних впливів: методів, програм, методик та регламенту тренувань рухів, який базується на оцінюванні дефіциту рухових функцій з урахуванням загального неврологічного статусу пацієнта, супутніх захворювань, поточного функціонального стану. Крім того, під час формування індивідуального комплексу керувальних впливів постає необхідність проводити не тільки інтегральне оцінювання ефективності реабілітації, але й досліджувати динаміку дефіциту рухових функцій окремо верхніх і нижніх кінцівок, їх дистальних і проксимальних відділів на різних етапах реабілітації. Адже відомо, що симптоматика рухових порушень залежить від періоду після інсульту, локалізації і розміру патологічного вогнища [2]. В результаті, під час організації індивідуального підходу лікар стикається з проблемою багатокритеріального вибору для визначення індивідуального комплексу керувальних впливів на кожному етапі реабілітації.

Першим кроком у вирішенні цієї проблеми було розроблено новий метод кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій за основними та додатковими критеріями [3], який надає не тільки інтегральну оцінку дефіциту рухових функцій, але й окремо проксимальних і дистальних відділів кінцівок, а також тонкої моторики кисті. Метод пройшов клінічну апробацію (73 пацієнти) під час реабілітаційних заходів за новою технологією тренування/відновлення рухових функцій ТРЕНАР® у хворих на інсульт. Попередня апробація методу підтвердила залежність ефективності реабілітації від періоду після інсульту, а також нерівномірність динаміки дефіциту м'язових функцій верхніх і нижніх кінцівок, їх проксимальних і дистальних відділів [3].

Оскільки застосування деяких програм тренування рухів за технологією ТРЕНАР® вимагає збереження у пацієнтів функції розуміння зверненого мовлення на певному рівні, а виявлення у пацієнта дефіциту усного мовлення потребує обов'язкового включення в індивідуальний комплекс керувальних впливів тренувань рухів тонкої моторики кисті, то об'єктивізація оцінки ступеня вираженості порушень мовленнєвих функцій у хворих з моторною, сенсорною або моторно-сенсорною афазією є не менш важливим завданням. Результатом досліджень з виконанням цього завдання є розроблений нами метод кількісного експрес-оцінювання ступеня сенсорних і моторних порушень мовлення у разі афатичних розладів у

хворих після інсульту [4], який верифіковано в клінічних умовах у 31-го хворого після інсульту. Метод має низку переваг: невелика тривалість обстеження, простота та зручність використання спеціалістами не логопедичного профілю (наприклад, лікарями-неврологами), забезпечення можливості кількісно оцінити відновлення мовлення в результаті реабілітаційних заходів навіть в межах невеликої позитивної динаміки.

Розроблені нові методи кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій і мовлення [3, 4] стали основою синтезу індивідуального комплексу керувальних впливів для відновлення рухових і мовленнєвих функцій після інсульту на різних відновних періодах.

Мета статті — визначити, за якими алгоритмами, інформативними критеріями оцінювання дефіциту рухових і мовленнєвих функцій та вирішувальними правилами формується індивідуальний набір рухів, програм і регламент їх тренувань для відновлення рухових і мовленнєвих функцій після інсульту.

ЗАГАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ КЕРУВАЛЬНИХ ВПЛИВІВ

Формування індивідуального комплексу керувальних впливів для відновлення рухових і мовленнєвих функцій після інсульту на базі тренувань рухів здійснюється за алгоритмом, який надано на рис. 1. Головними елементами цього алгоритму є діагностика неврологічного статусу та функціонального стану пацієнта, яка включає виявлення у пацієнта загальних і специфічних протипоказань до застосування міоелектростимуляції та біотренування, а також оцінювання порушень рухових і мовленнєвих функцій.

Головними особливостями розробленої методики кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій (глибини рухових порушень) у хворих після інсульту на базі експертного оцінювання за основними та додатковими критеріями є [3]:

- введення окремої кількісної оцінки дефіциту рухових функцій уражених нижньої і верхньої кінцівок, їх проксимальних і дистальних відділів за основними критеріями, на базі яких формується інтегральна кількісна оцінка глибини рухових порушень кінцівок;
- введення додаткових критеріїв для оцінювання рухових функцій тонкої моторики кисті;
- введення додаткових критеріїв для оцінювання ходи;
- визначення індивідуальної норми відсутності порушень: експертне оцінювання уражених кінцівок проводиться відносно власних здорових кінцівок пацієнта, рухові функції яких визначають індивідуальну норму;
- уніфікація кількісного оцінювання рівня дефіциту рухових функцій: усі шкали кількісного оцінювання за всіма критеріями мають однакову шестибальну ступеневу градацію з однаковою спрямованістю від найкращого (5-ть балів, відсутність порушень) до найгіршого (0 балів, плегія) показника з прив'язкою до ступеня парезу.

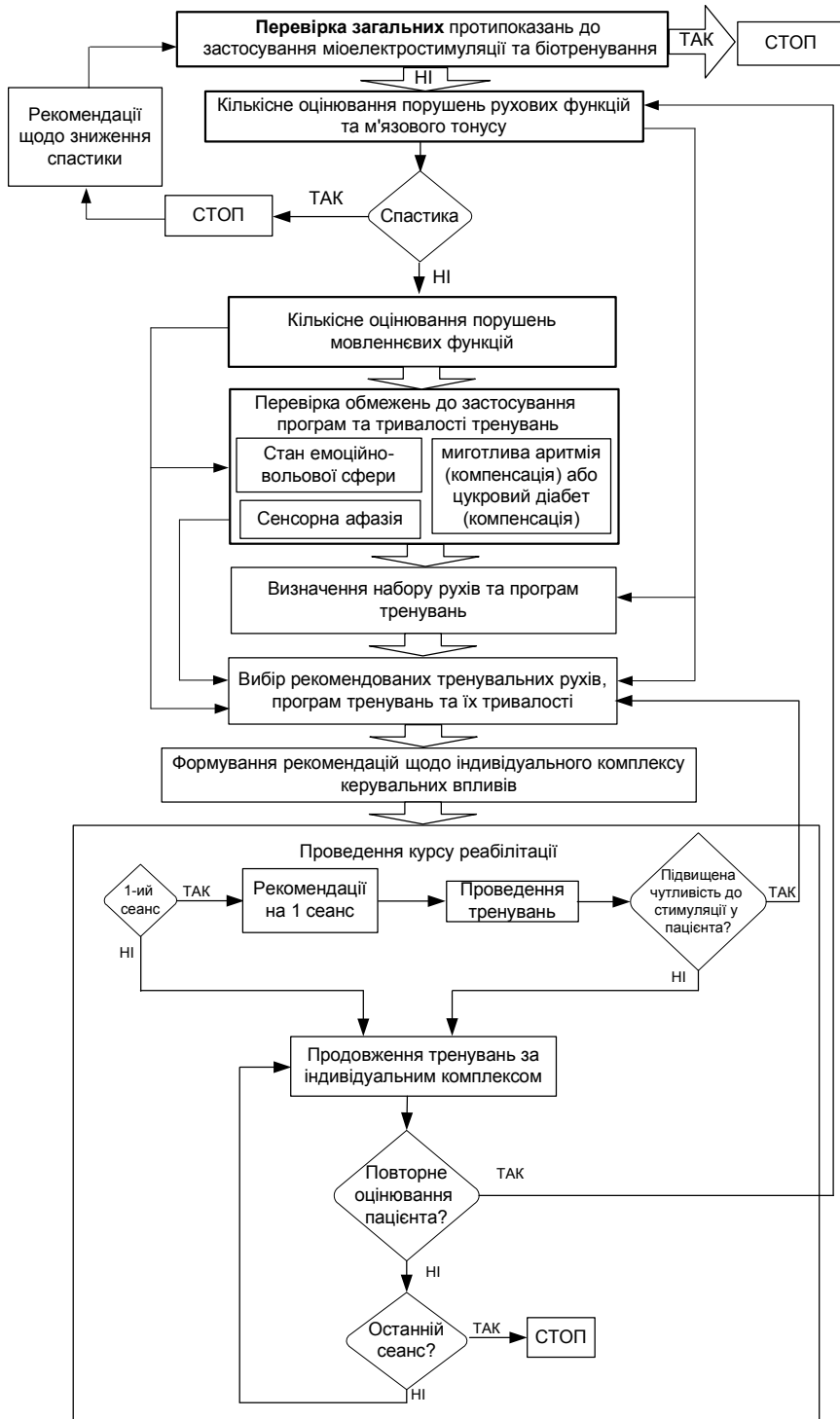


Рис. 1. Загальний алгоритм формування індивідуального комплексу керувальних впливів для відновлення рухових та мовленнєвих функцій після інсульту

Перелічені відмінності розробленого методу надають можливість:

- оцінювати і зіставляти динаміку відновлення рухів верхніх і нижніх кінцівок, їх проксимальних і дистальних відділів;
- зменшити похибку визначення глибини рухових порушень у відповідних відділах верхньої та нижньої кінцівки, а також тонкої моторики кисті у пацієнтів після інсульту;
- сформувати більш точну градацію відновлення рухових функцій та зменшити похибку під час визначення кількісної інтегральної характеристики глибини рухових порушень уражених кінцівок;
- досліджувати та зіставляти динаміку відновлення рухів тонкої моторики ураженої кисті з відновленням моторики мовлення у разі моторної або моторно-сенсорної афазії;
- оцінювати динаміку відновлення м'язових рухів у проксимальних і дистальному відділах нижньої кінцівки і зіставляти ці показники з оцінкою ходи за додатковими критеріями, яка певною мірою відображає порушення координації м'язових рухів ураженої нижньої кінцівки зі здоровими.

До особливостей методу кількісного експрес-оцінювання мовленнєвих порушень слід віднести [4]:

- спрямованість тестових завдань на виявлення як специфіки дефекту (сенсорна або/та моторна складові мовлення), так і його системності (розлади різних сторін мовлення);
- врахування під час оцінювання функцій моторного і сенсорного компонентів мовлення основних симптомів афатичних розладів та їх специфічних проявів в кожній функції, зокрема: аграматизм, аномія, утруднена артикуляція, парафазії, персеверації, порушення розуміння та сприйняття зверненого мовлення тощо;
- відсутність необхідності додаткових друкованих матеріалів для виконання тестових завдань, використовуються об'єкти з навколишнього середовища;
- уніфікація кількісного оцінювання ступеня вираженості порушень за окремими функціями мовлення в балах (0, 1, 2, 3) і непересічні межі сумарної кількісної оцінки глибини порушень для сенсорного і моторного компонентів.

На базі отриманих показників діагностики здійснюється поетапно перевірка обмежень до застосування програм тренування та тривалості щоденних сеансів, визначення набору дозволених рухів та програм тренувань, серед яких виділяється рекомендований комплекс керувальних впливів. Для програмної реалізації алгоритму (рис. 1) розроблюються вирішувальні правила для кожного його етапу.

ВИРІШУВАЛЬНІ ПРАВИЛА У ФОРМУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ КЕРУВАЛЬНИХ ВПЛИВІВ

Вирішувальні правила будуються із застосуванням алгебри предикатів на базі логічних змінних, що відповідають критеріям та показникам дефіциту рухових і мовленнєвих функцій та ступеня м'язового тону.

Для уніфікації результатів вирішувальних правил надалі вважаємо, що якщо критерій наявний, то відповідна йому логічна змінна приймає значення логічної одиниці, за його відсутності — значення логічного нуля. Також вважаємо, що якщо показник рухових функцій або ступеня

м'язового тонузу відповідає певним умовам, то відповідна йому логічна змінна приймає значення логічного нуля, інакше — значення логічної одиниці. Позитивні результати логічних виразів мають значення логічного нуля, негативні результати — значення логічної одиниці.

Загальні протипоказання до застосування міоелектростимуляції. До загальних протипоказань відносяться такі критерії, як наявність кардіостимулятора, тромбофлебіту, захворювань серцево-судинної системи у стадії декомпенсації, цукрового діабету у стадії декомпенсації, епілептичних нападів тощо.

За наявності хоча б одного з них у пацієнта міоелектростимуляція неможлива. Тому для перевірки наявності загальних протипоказань та одержання дозволу застосування міоелектростимуляції у тренуванні рухів прописані вирішувальні правила на базі інформації про загальні протипоказання.

Позначимо загальні протипоказання логічною змінною a_i , де $i = 1 \dots n$, n — кількість протипоказань. *Вирішувальне правило* дозволу міоелектростимуляції на базі загальних протипоказань має вигляд:

$$S = \sum_{i=1}^n a_i = a_1 + a_2 + \dots + a_n = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases} . \quad (1)$$

Слід зазначити, що на цьому етапі мова йде про заборону будь-якої програми міоелектростимуляції («Синтез», «Донор», «Поріг»), але може бути призначена програма "Біотренування", за якою пацієнт тренує довільні рухи з використанням зорового та слухового біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) і формування рекомендацій щодо індивідуального комплексу керувальних впливів у реабілітації згідно алгоритму (рис. 1) продовжується.

Кількісне оцінювання дефіциту рухових функцій та м'язового тонузу. Наступним етапом алгоритму є кількісне оцінювання дефіциту рухових функцій та м'язового тонузу за спеціально розробленими методиками [3]. Кількісне оцінювання дефіциту рухових функцій базується на застосуванні оригінальних методів, які, у свою чергу, базуються на загальноприйнятих у неврології шкалах експертного оцінювання [5, 6] та спеціально модифікованих авторами шкалах [3].

Методика включає інформативні критерії оцінювання дефіциту рухових функцій:

- сила м'язів (F) (табл. 1), обсяг рухів (V) (табл. 1) у проксимальних і дистальних відділах верхньої та нижньої кінцівок, на базі яких визначається сумарна кількісна оцінка дефіциту рухових функцій (табл. 2),
- м'язовий тонус (T) (табл. 3) [3].

Поряд із загальноприйнятою шкалою оцінювання гіпертонусу (шкала Ашфорта) розроблено шкалу оцінювання гіпотонусу (табл. 3), яка пройшла клінічну верифікацію у 16-ти інсультних пацієнтів.

Табл. 1. Оцінювання м'язової сили та обсягу рухів

Бал	М'язова сила ураженої кінцівки	Співвідношення (уражений / здоровий м'яз), %	Характеристика обсягу рухів
5	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння з максимальною зовнішньою протидією	100	Обсяг руху повний
4	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння і при невеликій зовнішній протидії	75	Обсяг руху повний або майже повний – 75-100% від норми; сила, спритність, темп знижені
3	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння	50	Рухи обмежені помірно, слабо диференційовані, незграбні, складають 50-75% від норми
2	Рух у повному обсязі в умовах розвантаження	25	Рух в обсязі 25-50% від норми, в основному глобальні
1	Відчуття напруги при спробі довільного руху	10	Присутні вкрай обмежені, глобальні рухи до 25% від норми
0	Відсутність ознак напруги при спробі довільного руху	0	Активних рухів немає

Табл. 2. Сумарна кількісна характеристика глибини рухових порушень у різних відділах верхньої та нижньої кінцівок

Ступінь парезу	Сумарне оцінювання в балах за критеріями (сила м'язів, обсяг рухів) відділів верхньої кінцівки (проксимальний: плечовий та ліктьовий суглоби, дистальний: променево-зап'ястковий суглоб) і нижньої кінцівки (проксимальний: тазостегновий та колінний суглоби, дистальний: гомілково-ступневий суглоб)					
	відсутність порушень	легкий	помірний	значний	грубий	плегія
Бали	10	7 – 9	5 – 6	3 – 4	1 – 2	0

Тонус є важливим критерієм оцінювання глибини порушень рухових функцій, який слід враховувати під час формування індивідуального комплексу керувальних впливів у пацієнта після інсульту. Дослідження на базі нової методики оцінювання показали, що тонус коливається від гіпо- до гіпертонусу і є регулятором рухових функцій — динаміка тонусу впливає на динаміку інших показників рухових функцій. Величина тонусу (гіпер- і гіпотонусу) впливає на вибір програми тренування рухів.

За наявності спастики (підвищення м'язового тонусу до високих значень — $T \in [+4; +5]$) тренування проводити неможливо. Пропонуються рекомендації для зменшення величини тонусу за допомогою міорелаксантів, а через деякий час, за умови зниження тонусу до прийнятних показників, тренування рухів стає можливим. Наявність спастики позначимо логічною змінною T_s ($T_s = 1$ для $T \in [+4; +5]$).

Вирішувальне правило заборони тренування рухів за наявності спастики має вигляд:

$$T_s = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases} \quad (2)$$

Табл. 3. Оцінювання тонузу ураженої кінцівки

Бал	Характеристика м'язового гіпертонузу	Бал	Характеристика м'язового гіпотонузу
0	М'язовий тонус без змін, норма	0	М'язовий тонус без змін, норма
+1	Легке підвищення м'язового тонузу, що відчувається при згинанні або розгинанні сегмента кінцівки у вигляді незначного опору в кінці руху	-1	Легке зниження м'язового тонузу. Довільні рухи можливі на 75% відносно норми (75% від повного обсягу рухів). Пацієнт може утримувати уражену кінцівку у положенні згинання/розгинання при виконанні пасивних рухів.
+2	Незначне підвищення м'язового тонузу у вигляді спротиву, що виникає після виконання не менше половини об'єму рухів	-2	Незначне зниження м'язового тонузу. Довільні рухи можливі на 50% відносно норми (до половини повного обсягу рухів). Пацієнт може утримувати уражену кінцівку у положенні згинання/розгинання при виконанні пасивних рухів.
+3	Помірне підвищення м'язового тонузу, що виявляється впродовж всього руху, але не ускладнює виконання пасивних рухів	-3	Помірне зниження м'язового тонузу. Довільні рухи можливі на 25% відносно норми. Пацієнт може утримувати уражену кінцівку у положенні згинання/розгинання при виконанні пасивних рухів, але короткий час.
+4	Значне підвищення м'язового тонузу, що ускладнює виконання пасивних рухів	-4	Значне зниження м'язового тонузу. Довільні рухи можливі на 10% відносно норми. Пацієнт не може утримувати уражену кінцівку у положенні згинання/розгинання при виконанні пасивних рухів.
+5	Уражений сегмент кінцівки, зафіксований у положенні згинання або розгинання – свастика. Рухи неможливі	-5	М'язовий тонус відсутній. Довільні рухи неможливі. Пацієнт не може утримувати уражену кінцівку у положенні згинання/розгинання при виконанні пасивних рухів. Атонія

У разі відсутності спастики алгоритм переходить до етапу, на якому відбувається кількісне оцінювання порушень мовленнєвих функцій.

Кількісне оцінювання порушень мовленнєвих функцій передбачає поетапне оцінювання сенсорного (розуміння зверненого мовлення) та моторного (усне мовлення) компонентів мовлення на базі виконання хворим набору певних тестових завдань. Алгоритм оцінювання надано на рис. 2.

Завдання складено на основі відомих логопедичних тестів та розділено на рубрики, які описують ту чи іншу функцію мовлення. В кожній рубриці від трьох до шести завдань. Виконання серії завдань по кожній рубриці оцінюється за трьохбальною шкалою, де оцінка «0» — відсутність помилок або «неспецифічні» помилки, «1» — помилка при виконанні завдань в 30 % випадків, «2» — помилка при виконанні завдань в 50–60 % випадків, «3» — помилка при виконанні завдань в 90–100 % випадків або відмова від виконання. Помилки фіксуються на основі опису специфічних проявів дефекту мовлення при афазії, які надано для кожної рубрики окремо. Наприклад, для порушень моторного компонента мовлення характерні парафазії — заміна звуку або букви в слові на інші, персеверації — нав'язливе повторення одного і того ж звуку або слова, аграматизм, скандоване мовлення тощо.

Ступінь вираженості афатичних розладів визначається окремо для кожного компонента мовлення за сумарним результатом в балах, які набрано хворим при виконанні завдань по рубриках. Кількість ступенів вираженості сенсорного (U) та моторного (Sp) компонентів уніфіковано. Кількісна шкала оцінювання глибини порушень мовлення визначає чотири ступені афазії: легка (u_1 — для сенсорної складової, sp_1 — для моторної), помірна (відповідно u_2 та sp_2), виражена (u_3 та sp_3) та груба (u_4 та sp_4) (рис. 2). При відсутності афатичних розладів $U = u_0$ та $Sp = sp_0$.

Обмеження до застосування програм та тривалості тренувань рухів. Після кількісного оцінювання мовленнєвих порушень загальний алгоритм (рис. 1) переходить до етапу, де перевіряються обмеження застосування програм та тривалості тренувань. Ці обмеження включають:

— стан емоційно-вольової сфери, куди входять: порушення когнітивних функцій (k_1), порушення здатності виконання простих інструкцій (k_2), постінсультна депресія та її прояви (k_3), виражена емоційна лабільність

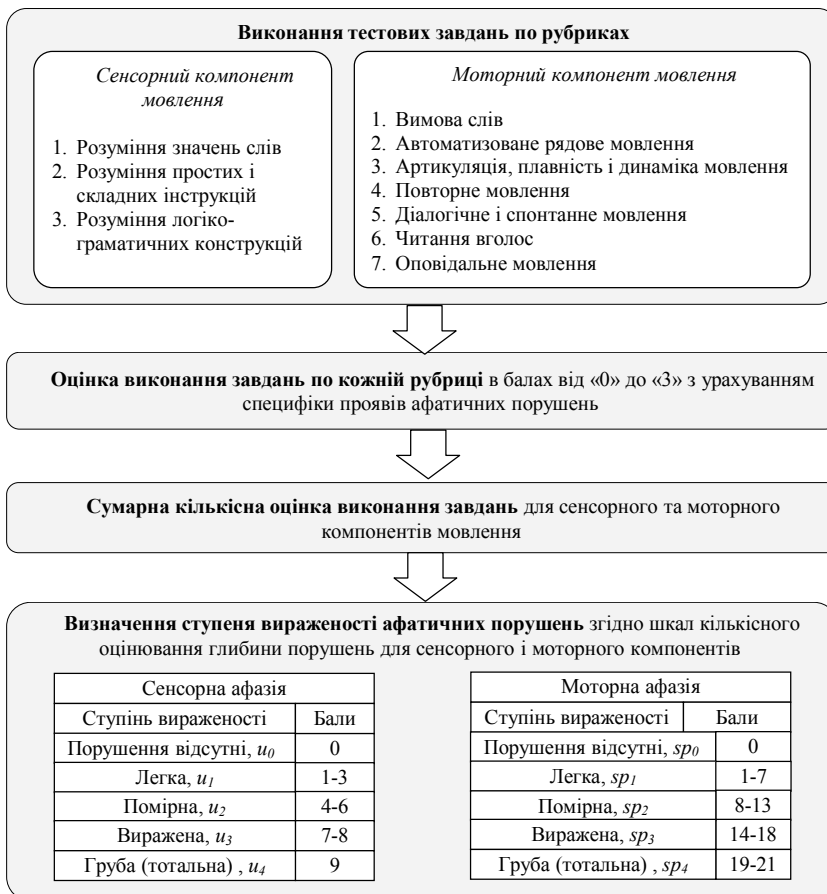


Рис. 2. Алгоритм кількісного експрес-оцінювання ступеня вираженості порушень мовлення у разі афатичних розладів у хворих після інсульту

(k_4) — наявність цих критеріїв виключає застосування програм тренувань рухів "Донор", "Поріг", "Біотренування" (k_1, k_2, k_3) і обмежує тривалість тренування рухів (k_4);

— наявність порушень сенсорного компонента мовлення у помірній, вираженій та грубій формі (U) виключає застосування програм "Донор", "Поріг", "Біотренування";

— наявність у стадії компенсації миготливої аритмії (n_1) або цукрового діабету (n_2) обмежують тривалість тренування.

На базі зазначених критеріїв сформовано вирішувальні правила виключення зазначених програм тренувань з індивідуального комплексу керувальних впливів та вирішувальні правила обмеження тривалості тренувань.

Вирішувальне правило заборони застосування програм "Донор", "Поріг", "Біотренування" має вигляд:

$$L_s = k_1 + k_2 + k_3 + U = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases} \quad (3)$$

Значення логічної змінної U відповідає за наявність порушень сенсорного компонента мовлення такого ступеня, що перешкоджає розумінню і виконанню хворим простих інструкцій та визначається через шкалу оцінювання сенсорної афазії (рис. 2), а саме $U = 1$ при $U \in [u_2; u_3; u_4]$.

Вирішувальне правило визначення наявності порушень мовлення сенсорного характеру має вигляд:

$$U = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{порушення наявні} \\ 0 \rightarrow \text{порушення відсутні} \end{cases} \quad (4)$$

Вирішувальне правило обмеження тривалості застосування програм має вигляд:

$$L(t) = k_4 + n_1 + n_2 = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{обмеження} \\ 0 \rightarrow \text{за стандартними інструкціями} \end{cases} \quad (5)$$

Правило (5) враховується при виборі регламенту щоденних процедур тренувань рухів.

Вибір набору рухів та програм тренувань. Після перевірки обмежень наступним етапом загального алгоритму формування індивідуального комплексу керувальних впливів (рис. 1) є визначення рухів та програм тренувань у проксимальних і дистальних відділах верхньої та нижньої кінцівок. Для програм "Синтез", "Донор", "Поріг", "Біотренування" введемо позначення: p, d, th, bfb відповідно.

Виходячи з клінічного досвіду необхідно зазначити, що у пацієнта після інсульту під час реабілітаційних заходів переважно тренують розгинальні рухи, оскільки тренування згинальних рухів, особливо глобальних, може призвести до патологічного підвищення м'язового тону в кінцівках. Проте м'язові групи, які формують деякі згинальні рухи тонкої мото-

рики кисті, знаходяться в області долонної поверхні кисті і не чинять значного впливу на формування гіпертонусу. Отже, за умови відсутності гіпертонусу будь-якого ступеня під постійним контролем лікаря значень м'язового тонусу, можна включати в тренування згинальні рухи тонкої моторики кисті для відновлення моторики мовлення.

Наведемо рухи, які характерні для різних відділів верхніх і нижніх кінцівок:

— *глобальні рухи*: відведення плеча (M_1) і відведення ліктя (M_2) відповідно у плечовому і ліктьовому суглобах проксимального відділу верхньої кінцівки, розгинання кисті (M_3) у променево-зап'ястковому суглобі дистального відділу верхньої кінцівки, згинання коліна (M_7) та тильне згинання стопи (M_8) відповідно у колінному суглобі проксимального відділу і гомілково-ступневому суглобі дистального відділу нижньої кінцівки;

— *рухи тонкої моторики кисті*: відведення пальців від середньої лінії (M_4), протиставлення великого пальця (M_5), приведення великого пальця та мізинця (M_6).

Серед них виділимо *розгинальні рухи* (M_1 – M_4 , M_7 , M_8) та *згинальні рухи* (M_5 , M_6). Надалі для використання у вирішувальних правилах введемо позначення розгинальних рухів — A , згинальних рухів — B .

На базі клінічного досвіду тренування рухів за методами і програмами технології ТРЕНАР® сформовано перелік програм тренування, які можливо використовувати у тренуванні вибраних рухів (табл. 4). На базі табл. 4 сформовано узагальнене вирішувальне правило тренування рухів у різних відділах верхньої та нижньої кінцівок за програмами технології ТРЕНАР®:

$$L_T^{(y)}(x)_{M_i} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}, \quad (6)$$

де M_i — тренувальний рух, x — програма тренування рухів: "Синтез", "Донор", "Поріг", "Біотренування", y — вид тренувальних рухів: $y = A$ — розгинальні, $y = B$ — згинальні.

Табл. 4. Доступні програми тренувань глобальних рухів та рухів тонкої моторики кисті

Тренувальний рух	Програма тренування руху			
	"Синтез"	"Донор"	"Поріг"	"Біотренування"
Глобальні рухи				
відведення плеча (M_1)	+	+	+	+
відведення ліктя (M_2)	+	+	+	+
розгинання кисті (M_3)	+	+	+	+
згинання коліна (M_7)	+	+	+	+
тильне згинання стопи (M_8)	+	+	+	+
Рухи тонкої моторики кисті				
відведення пальців від середньої лінії (M_4)	+	–	–	–
протиставлення великого пальця (M_5)*	+	+	+	+
приведення великого пальця та мізинця (M_6)*	+	+	+	+

Примітка: * — згинальні рухи

Виходячи з алгоритму, сформовано *вирішувальні правила* дозволу тренувань глобальних рухів (розгинальних) за програмами "Синтез", "Донор", "Поріг" та "Біотренування" (відповідно $L_I(p)_{M_i}$, $L_I(d)_{M_i}$, $L_I(th)_{M_i}$, $L_I(bfb)_{M_i}$):

$$L_I^A(p)_{M_i} = T_1 + f_1 + v_1 + L_T^A(p)_{M_i} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (7)$$

$$L_I^A(d)_{M_i} = T_1 + f_1 + v_1 + L_T^A(d)_{M_i} + L_S = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (8)$$

$$L_I^A(th)_{M_i} = T_2 + f_2 + v_2 + L_T^A(th)_{M_i} + L_S = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (9)$$

$$L_I^A(bfb)_{M_i} = T_3 + f_3 + v_3 + L_T^A(bfb)_{M_i} + L_S = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}, \quad (10)$$

де M_i — тренувальний рух;

$f_1 = 0$ при $F \in [0...4]$, $v_1 = 0$ при $V \in [0...4]$, $T_1 = 0$ при $T \in [-5...+3]$;

$f_2 = 0$ при $F \in [2...4]$, $v_2 = 0$ при $V \in [1...4]$, $T_2 = 0$ при $T \in [-3...+3]$;

$f_3 = 0$ при $F = 4$, $v_3 = 0$ при $V \in [3...4]$, $T_3 = 0$ при $T \in [-1...+1]$.

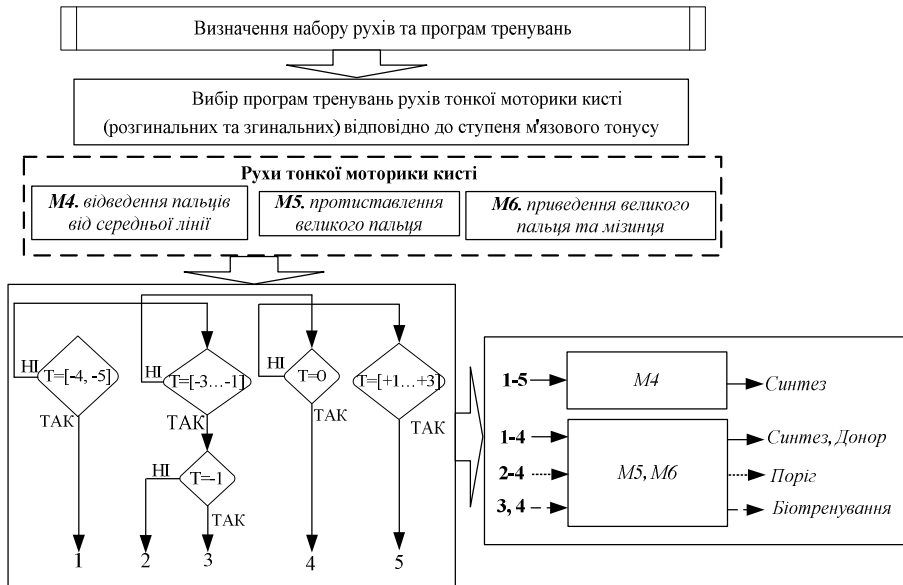


Рис. 4. Алгоритм вибору програм тренувань рухів тонкої моторики кисті (розгинальних та згинальних) відповідно до ступеня м'язового тону

Оскільки крім глобальних розгинальних рухів тренуються ще рухи тонкої моторики кисті, серед яких є згинальні рухи, необхідно ввести для них додаткові умови дозволу тренування. Тому на базі показників м'язового тону сформовано інтервали значень м'язового тону, стосовно яких може бути вибрано для тренувань дозволені рухи тонкої моторики кисті (розгинальні та згинальні) та застосовано відповідні дозволені програми тренувань, що проілюстровано в алгоритмі на рис. 4.

Відповідно до алгоритму (рис. 4) сформовано вирішувальні правила дозволу тренування рухів тонкої моторики кисті (розгинальних та згинальних) за програмами "Синтез", "Донор", "Поріг" та "Біотренування" (відповідно $L_{II}(p)_{M_i}$, $L_{II}(d)_{M_i}$, $L_{II}(th)_{M_i}$, $L_{II}(bfb)_{M_i}$), які враховують рекомендації тренувань рухів тонкої моторики кисті за відповідними програмами (6), ступінь м'язового тону дистального відділу верхньої кінцівки та дозвіл тренування розгинального руху у дистальному відділі верхньої кінцівки за (7)–(10):

— для розгинальних рухів тонкої моторики кисті:

$$L_{II}^A(p)_{M_i} = L_I^{A*}(p)_{M_i} + L_T^A(p)_{M_i} + T_1 = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (11)$$

— для згинальних рухів тонкої моторики кисті:

$$L_{II}^B(p)_{M_i} = L_I^{A*}(p)_{M_i} + L_T^B(p)_{M_i} + T_1^* = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (12)$$

$$L_{II}^B(d)_{M_i} = L_I^{A*}(d)_{M_i} + L_T^B(d)_{M_i} + T_1^* = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (13)$$

$$L_{II}^B(th)_{M_i} = L_I^{A*}(th)_{M_i} + L_T^B(th)_{M_i} + T_2^* = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}; \quad (14)$$

$$L_{II}^B(bfb)_{M_i} = L_I^{A*}(bfb)_{M_i} + L_T^B(bfb)_{M_i} + T_3^* = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{заборона} \\ 0 \rightarrow \text{дозвіл} \end{cases}, \quad (15)$$

де M_i — тренувальний рух; $L_I^{A*}(p)_{M_i}$, $L_I^{A*}(d)_{M_i}$, $L_I^{A*}(th)_{M_i}$, $L_I^{A*}(bfb)_{M_i}$ — вирішувальні правила, що стосуються дозволу тренування розгинального руху у дистальному відділі верхньої кінцівки відповідно до програм "Синтез", "Донор", "Поріг" та "Біотренування"; $T_1 = 0$ при $T \in [-5...+3]$; $T_1^* = 0$ при $T \in [-5...0]$; $T_2^* = 0$ при $T \in [-3...0]$; $T_3^* = 0$ при $T \in [-1...0]$.

Таким чином, одержано вирази (11)–(15) для дозволу тренування рухів тонкої моторики кисті (розгинальних та згинальних) за відповідними програмами.

Якщо у відповідному відділі верхньої або нижньої кінцівок для руху одержали заборону на використання програми тренування ($L(x)_{M_i} = 1$), то застосування такої програми для тренування такого руху неможливе. Якщо

для тренувального руху заборонені усі програми тренування, — тренування цього руху неможливе.

Отже, відповідно до алгоритму (рис. 1), побудовані вирішувальні правила (7)–(15) на базі показників дефіциту рухових функцій — сили м'язів (F), обсягу рухів (V), а також м'язового тонусу (T) з врахуванням обмежень застосування програм тренувань рухів, які дають дозвіл на застосування програм тренувань відповідних рухів у верхній і нижній кінцівках, їх дистальних та проксимальних відділах.

Формування рекомендацій до індивідуального комплексу керувальних впливів (рухи, програми і регламент тренувань). Одержавши набір доступних рухів і програм тренування, наступним етапом загального алгоритму є формування рекомендацій до індивідуального комплексу керувальних впливів, а саме: набору рекомендованих рухів та програм їх тренування за пріоритетністю та формування регламенту тренувань.

На кожному етапі реабілітації рухових функцій потрібно прагнути до застосування тієї програми тренування, яка забезпечить підключення додаткових резервів організму на відновлення рухових функцій. Пріоритетність програми тренування рухів залежить від динаміки ступеня парезу пацієнта після інсульту і зростає у напрямку: "Синтез" → "Донор" → "Поріг" → "Біотренування". Наприклад, якщо серед доступних програм тренування пацієнта з помірно вираженим парезом є програми "Синтез" і "Донор", вищий пріоритет має програма "Донор".

Пріоритет тренування рухів спрямовується у напрямку руху, що відповідає найбільш ушкодженому відділу кінцівки. На це вказує сила м'язів (F):

$$F \downarrow \Rightarrow \text{пріоритет руху} \uparrow. \quad (16)$$

Тобто, якщо сила м'язів у дистальному відділі верхньої кінцівки менша за силу м'язів у проксимальному відділі верхньої кінцівки, то пріоритетним є тренування руху розгинання кисті (тренується з першого сеансу), а розгинання плеча можна приєднати у пізніших сеансах.

Необхідно зазначити, що у разі формування набору тренувальних рухів верхньої кінцівки, крім глибини порушень у різних відділах кінцівки, на пріоритетність тренування рухів впливає наявність у пацієнта моторної або моторно-сенсорної афазії. У такому випадку до набору пріоритетних для тренування рухів додаються рухи кисті та пальців M_4 , M_5 , M_6 (з урахуванням вирішувальних правил дозволу тренування згинальних рухів (12)–(15)):

$$Sp \in [sp_1; sp_2; sp_3; sp_4] \Rightarrow \text{пріоритет рухів тонкої моторики кисті}, \quad (17)$$

де Sp — логічна змінна, що визначає стан моторного компонента мовлення.

Регламент тренувань рухів пацієнта після інсульту зумовлено загальним станом пацієнта (включаючи ступінь динаміки парезу), особистою чутливістю до міоелектростимуляції, обмеженнями тривалості тренувань та вибраними програмами тренувань і тренувальними рухами.

Виходячи із досвіду клінічної практики, максимальна тривалість тренувань пацієнта на 1 день становить 40 хв., максимальний час для тренувань за програмою "Синтез" — 20–30 хв., максимальний час для тренувань

за програмою "Донор", "Поріг" або "Біотренування" — 15–20 хв., початковий регламент — як правило, 5–7 хв. залежно від стану пацієнта.

Тривалість тренувань може розподілятися на фази: однофазний сеанс, двофазний або трифазний сеанс. У однофазному сеансі можливе тренування рухів до 20–30 хв.; у двофазному — тренування розподіляються по 20 хв. (20 хв. для програми "Синтез" і 15–20 хв. для програм "Донор", "Поріг" та "Біотренування") з виконанням паузи між тренуваннями; у трифазному — тренування розподіляються по 15 хв. з виконанням паузи між тренуваннями.

Залежно від стану пацієнта (включаючи динаміку ступеня парезу) можуть змінюватися кількість задіяних тренувальних рухів, а відповідно до них і кількість програм тренувань, а з ними і кількість фаз тривалості тренувань.

Враховується також одержане раніше вирішувальне правило (5), що стосується обмеження тривалості тренувань. Тоді пацієнт тренується максимум 15 хв. програмою "Синтез" і максимум 10 хв. за програмами "Донор", "Поріг", "Біотренування".

Ступінь чутливості пацієнта до міоелектростимуляції проявляється на першому сеансі тренувань, тому за наявності високої чутливості корегується тривалість тренувань, починаючи з 5 хв. і поступово (дозовано) збільшуючи тривалість у наступних сеансах до максимального, враховуючи стан пацієнта.

Вирішувальне правило, що визначає застосування дозованої міоелектростимуляції через високу чутливість пацієнта:

$$L(t^o) = S_1 = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{обмеження} \\ 0 \rightarrow \text{за стандартними інструкціями} \end{cases}, \quad (18)$$

де S_1 — логічна змінна, що відповідає високій чутливості до міоелектростимуляції.

Виходячи з цього, можна записати масиви, що визначають наростання тривалості процедури тренування впродовж курсу реабілітації по сеансах. Позначимо t_1 і t_1^d — звичайна та дозована тривалість тренувань за звичайних умов: за програмою "Синтез" $t_1 = [7; 10; 15; 20]$ (хв.), $t_1^d = [5; 7; 10; 15]$ (хв.) і програмами "Донор", "Поріг", "Біотренування" $t_1 = [7; 10; 15; 15]$ (хв.), $t_1^d = [5; 7; 10; 15]$ (хв.). Також позначимо t_2 і t_2^d — звичайна та дозована тривалість тренувань за умов обмеження: програмою "Синтез" $t_1 = [7; 10; 15; 15]$ (хв.), $t_1^d = [5; 7; 10; 10]$ (хв.) і програмами "Донор", "Поріг", "Біотренування" $t_1 = [7; 10; 10; 10]$ (хв.), $t_1^d = [5; 7; 10; 10]$ (хв.).

Внаслідок застосування вище викладеного підходу до вибору рухів, програм тренування за пріоритетністю та регламенту тренувань формуються рекомендації щодо індивідуального комплексу керувальних впливів для відновлення рухових та мовленнєвих функцій пацієнта після інсульту, що включають варіанти тренування рухів із застосуванням відповідних програм і регламенту сеансів тренувань цих рухів. Окремо формуються рекомендації щодо першого сеансу тренувань рухів.

Після цього здійснюється реалізація індивідуального комплексу керувальних впливів для тренування рухів пацієнта. Під час першого сеансу фіксують чутливість пацієнта — у разі високої чутливості до міоелектростимуляції індивідуальний комплекс керувальних впливів уточнюють відносно вибору тривалості тренувань (рис. 1). Тренування продовжують з скорегованою тривалістю. У разі відсутності високої чутливості реабілітацію продовжують за сформованим комплексом. На 5-му сеансі, як правило, проводять повторне оцінювання пацієнта, а тому кроки алгоритму повторюють спочатку. Індивідуальний комплекс може бути змінено, оскільки змінюється стан (і ступінь парезу) пацієнта. Після останнього сеансу здійснюють оцінювання ефективності відновлення рухів і мовлення після проведеного курсу тренувань рухів згідно з методиками, які викладено в [3, 4].

ВИСНОВКИ

Одним з провідних напрямів сучасної системи охорони здоров'я є індивідуальний підхід до лікування. Кожен етап відновлення рухів і усного мовлення у разі моторної або моторно-сенсорної афазії після інсульту передбачає індивідуальний підхід до активації резервів організму, в якому важливе місце займає тренування рухів на базі індивідуального комплексу керувальних впливів — програм, методик активації м'язових скорочень, які спрямовано на зменшення дефіциту рухових і мовленнєвих функцій, набутого внаслідок патології.

Формування індивідуального комплексу керувальних впливів згідно з загальним алгоритмом включає: виявлення у пацієнта загальних і специфічних протипоказань до застосування міоелектростимуляції та біотренування, кількісне оцінювання порушень рухових і мовленнєвих функцій, порушень м'язового тону за новими оригінальними методиками, перевірку обмежень до застосування програм та тривалості тренувань.

Для врахування показників як гіпер- так і гіпотону розроблено додатковий алгоритм, за яким для дозволеного тренування глобальних розгинальних рухів різних відділів верхньої та нижньої кінцівок вибирають дозволені програми тренувань, а також додатковий алгоритм, за яким вибирають дозволені згинальні рухи тонкої моторики кисті та їх програми тренувань. Особливістю цих алгоритмів є введення додаткових умов дозволу тренування, для чого сформовано критерії за інтервалами значень м'язового тону.

Виходячи з алгоритмів, було розроблено вирішувальні правила, які будуються із застосуванням алгебри предикатів, логічних змінних, що відповідають зазначеним вище критеріям і показникам. За цими правилами у бінарній формі на кожному етапі реабілітації визначають рекомендований за пріоритетом набір рухів, програм тренувань ("Синтез", "Донор", "Поріг", "Біотренування" за технологією ТРЕНАР®) та їх регламент.

Розглянутий підхід до формування індивідуального комплексу керувальних впливів для реабілітації рухів і моторики мовлення після інсульту є теоретичною основою синтезу мобільної інформаційної технологій цифрової медицини допомоги лікарю у діагностиці та проведенні індивідуальної реабілітації рухових і мовленнєвих функцій після інсульту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк М. И. Новые возможности восстановления двигательных и речевых функций. *Кибернетика и вычисл. техника*. 2016. Вып. 186. С. 78–93.
2. Виленский, Б. С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение. СПб.: ООО «Издательство «Фолиант»», 2002. 397 с.
3. Вовк М.І., Куцяк О.А., Лаута А.Д., Овчаренко М.А. Інформаційний супровід досліджень динаміки відновлення рухів після інсульту. *Кибернетика и вычислительная техника*. 2017. №3 (189). С. 61–78.
4. Вовк М.И., Пелешок С.Р., Галян Е.Б., Овчаренко М.А. Методика оценки моторных и сенсорных нарушений речи. Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XI международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI веке» 3 часть, г. Харьков: сборник со статьями. Д.: научно-информационный центр «Знание», 2016. С. 64–70.
5. Белова А.Н., Щепетова О.Н. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации. М.: Антидор, 2002. 440 с.
6. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: МЕДпресс-информ, 2008. 560 с.

Отримано 4.06.2018

REFERENCES

1. Vovk M.I. New opportunities for movement and speech rehabilitation. *Kybernetika i vyčislitel'naâ tehnikâ*. 2016. Iss.186. P. 78–93 (in Russian).
2. Vilensky B.S. Stroke: ... SPb: Foliant, 2002. 397 p. (in Russian).
3. Vovk M.I., Kutsyak O.A., Laut A.D., Ovcharenko M.A. Information support of researches on the dynamics of movement restoration after the stroke. *Kybernetika i vyčislitel'naâ tehnikâ*. 2017. №3 (189). P. 61–78. (in Ukrainian).
4. Vovk M.I., Peleshok S.R., Galian E.B., Ovcharenko M.A. Method for assessing motor and sensory speech disorders. Collection of articles of the scientific and information center "Znanie" on the basis of the XI international correspondence scientific-practical conference: "The development of science in the XXI century" 3 part, Kharkov: a collection with articles (standard level, academic level). Donetsk: Scientific and Information Center "Knowledge", 2016. pp. 70–76. (in Russian).
5. Belova A.N., Schepetova O.N. Scales, tests and questionnaires in medical rehabilitation. Moscow: Antidor, 2002. 440 p. (in Russian).
6. Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. Rehabilitation of Neurological Patients. Moscow: MEDpress-inform, 2008. 560 p. (in Russian).

Received 4.06.2018

М.И. Вовк, канд. биол. наук, старш. науч. сотр.,
зав. отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: vovk@irtc.org.ua; imvovk3940@gmail.com

Е.Б. Гальян, канд. техн. наук, науч. сотр.,
отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: galian@irtc.org.ua

А.А. Куцяк, канд. техн. наук, науч. сотр.,
отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: spirotech85@ukr.net

А.Д. Лаута, канд. мед. наук, старш. науч. сотр.,
отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: dep140@irtc.org.ua

Международный научно-учебный центр информационных
технологий и систем НАН Украины и МОН Украины,
пр. Акад. Глушкова, 40, г. Киев, 03187, Украина

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ДВИЖЕНИЙ И РЕЧИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Разработаны общий и дополнительные алгоритмы формирования индивидуального комплекса управляющих воздействий для реабилитации двигательных и речевых функций после инсульта. Согласно алгоритмам у пациента проверяют наличие общих и специфических противопоказаний к применению миоэлектростимуляции и/или биотренировки, проводят количественную оценку нарушений двигательных и речевых функций, мышечного тонуса по новым оригинальным методикам, проверку ограничений к применению программ и продолжительности тренировок. Разработаны решающие правила с применением алгебры предикатов и логических переменных, которые соответствуют указанным критериям и показателям. Согласно этим правилам в бинарной форме на каждом этапе реабилитации определяют рекомендуемые по приоритету наборы движений и программ тренировок ("Синтез", "Донор", "Порог", "Биотренировка" по технологии ТРЕНАР®) и их регламент.

Ключевые слова: инсульт, движение, речь, реабилитация, методики оценки, алгоритм, решающие правила, индивидуальные управляющие воздействия, программы, миоэлектростимуляция, биотренировка.

M.I. Vovk, PhD (Biology), Senior Researcher,
Head of Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: vovk@irtc.org.ua; imvovk3940@gmail.com

Ye.B. Galyan, PhD (Engineering), Researcher,
Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: galian@irtc.org.ua

O.A. Kutsyak, PhD (Engineering), Researcher,
Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: spirotech85@ukr.net

A.D. Lauta, PhD (Medicine), Senior Researcher,
Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: dep140@irtc.org.ua
International Research and Training Center for Information Technologies
and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine
and of Ministry of Education and Science of Ukraine,
Acad. Glushkov av. 40, Kyiv, 03187, Ukraine

FORMATION OF INDIVIDUAL COMPLEX OF CONTROL ACTIONS FOR MOTOR AND SPEECH REHABILITATION AFTER A STROKE

Introduction. At present, one of the leading directions in the healthcare system is an individual approach to treatment. Restoration of movements and oral speech after a stroke suggests the formation of an individual complex of control actions – programs, techniques for general limb movements, fine motor hand training to reduce the deficit of motor and speech functions acquired as a result of pathology.

The purpose of the article is to determine on the basis of which algorithms, the informative criteria for estimating the deficit of motor and speech functions, as well as rules to be solved, an individual set of movements, programs and training schedule to restore motor and speech functions after a stroke are formed.

Results. A general and additional algorithms for the formation of an individual complex of control actions for motor and speech functions rehabilitation after a stroke have been developed. According to the algorithms, the patient is tested for general and specific contraindications to the use of muscle electrical stimulation and / or biofeedback training, quantitative assessment of motor and speech functions, muscle tonus according to new original techniques, verification of limitations to the application of programs and the duration of training. Additional algorithms are designed taking into account both hyper- and hypotonic parameters. A special feature of these algorithms is the introduction of additional restrictions, for which intervals of muscle tone values are formed.

Decision rules have been developed using the algebra of predicates, logical variables corresponding to the specified criteria and indicators. According to these rules, in each stage of rehabilitation, a set of movements and training programs recommended by priority ("Synthesis", "Donor", "Threshold", "Biofeedback" according to TRENAR[®] technology) and their schedule are determined in binary form.

Conclusions. The considered approach to the formation of an individual complex of control actions for movement and speech rehabilitation after a stroke is the theoretical basis to synthesize the mobile information technology of digital medicine for assistance the physician in diagnosing and carrying out individual rehabilitation of motor and speech functions after a stroke.

Keywords: *stroke, movement, speech, rehabilitation, quantitative assessment, algorithm, decision rules, individual control actions, programs, electrical muscle stimulation, biofeedback training.*