

Медицинская и биологическая кибернетика

DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt189.03.061>

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

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

М.А. ОВЧАРЕНКО, в.о. молодш. наук. співроб.,
відд. біоелектричного керування та медичної кібернетики
e-mail: ovcharenko-marina@i.ua

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

ІНФОРМАЦІЙНИЙ СУПРОВІД ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ВІДНОВЛЕННЯ РУХІВ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ

Розроблено методика кількісного оцінювання ефективності відновлення рухових функцій у хворих після інсульту. Особливість методики полягає в кількісному оцінюванні динаміки дефіциту рухових функцій окремо ураженої нижньої і верхньої кінцівок, їх проксимальних і дистальних відділів, у тому числі тонкої моторики кисті, за основними і додатковими критеріями. Методика дозволяє дослідити внесок цих показників в інтегральну кількісну оцінку ефективності відновлення рухів в результаті виконання реабілітаційних заходів. Методика призначена для інформаційної підтримки прийняття лікарських рішень з формування індивідуального плану реабілітації рухових і мовленнєвих функцій у хворих після інсульту і пройшла пілотну клінічну апробацію під час дослідження динаміки відновлення рухів після інсульту за інноваційною технологією тренування/відновлення рухових функцій ТРЕНАР[®].

Ключові слова: кількісне оцінювання, критерії, реабілітація, ефективність, інсульт, рухові функції, мовлення, порушення.

ВСТУП

Широке розповсюдження гострих порушень мозкового кровообігу (ГПМК) та їх найбільш важкої форми — інсульту (в Україні щорічно до 120-ти тисяч нових випадків мозкового інсульту), високі показники смертності, які в 1,5

© М.І. ВОВК, О.А. КУЦЯК, А.Д. ЛАУТА, М.А. ОВЧАРЕНКО, 2017

ISSN 2519-2205 (Online), ISSN 0454-9910 (Print). Киб. и выч. техн. 2017. № 3 (189)

рази вище, ніж в розвинених країнах, і значний відсоток інвалідів серед тих, що вижили, ставлять інсульт на одне з перших місць серед медико-соціальних проблем [1]. Однією з найбільш частих причин інвалідності після інсульту є втрата (часткова різного ступеню або повна) рухових функцій кінцівок, обличчя, тулуба зліва або справа в залежності, відповідно, від право- чи лівостороннього інсульту, ступеню тяжкості та обширності мозкового удару. Наслідком інсульту є не тільки розлади рухових функцій (геміпарези, геміплегія), але й у 50–60 % випадках мовленнєві порушення. Одним з найпоширеніших мовленнєвих порушень у таких пацієнтів є моторна афазія внаслідок ураження моторної мовленнєвої зони кори головного мозку — області Брока, в якій формується рухова програма мовленнєвого висловлення. Хворий втрачає можливість говорити внаслідок порушень рухових команд подібно тому, як розлади рухових функцій після інсульту (геміплегія, геміпарез) відбуваються через порушення рухових команд у моторних зонах кори головного мозку, нейрони яких організують руховий акт. М'язові рухи мовленнєвого апарата є одними з видів довільних м'язових рухів.

Основою не тільки відновлення функцій руху, але й пам'яті, мовлення, навчання, набуття нових навичок є нейропластичність — здатність нервової системи відновлювати свою функцію за допомогою якісних і кількісних нейрональних перебудов, змін нейрональних зв'язків під впливом цілеспрямованої активації нервової системи. Головний спосіб сформувати нову систему супраспинального контролю рухами замість втраченої або спотвореної патологією є м'язове скорочення, яке змушує працювати рецептори в м'язах та сухожиллях і посылати аферентні імпульси до неушкоджених ділянок мозку. Тому міонейроелектростимуляція, особливо програмна, як спосіб примусового скорочення м'язів за певними програмами, міцно увійшла у комплекс реабілітаційних заходів, спрямованих на відновлення рухових функцій у паралізованих хворих. Поряд з програмною міонейроелектростимуляцією широкого поширення набув метод біологічного зворотного зв'язку, який дає змогу проводити тренування та корекцію рухів за умови візуального і слухового контролю виконання тренувального завдання та стимулювати додаткові сенсорні зони кори. Адже відомо, що моторна зона є не тільки кортикальним відділом пропріоцептивної сенсорної системи, але й місцем конвергенції проєкцій від усіх інших сенсорних зон кори. Логічним є й розвинення методів, які «готують» пошкоджену моторну зону до аферентної пропріоцепції від примусових скорочень м'язів ураженої кінцівки для підсилення ефективності аферентації. Чим ширше спектр задач, які виконуються для тренування м'язових рухів, тим більше функціональних зв'язків формується. Роль втрачених структур у системі керування рухами починають відігравати нові функціональні утворення. Ширше стають асоціативні зв'язки. Наявні різні методи та програми забезпечують адекватність керуючих впливів на рухову систему пацієнта, дозволяють індивідуально на кожному етапі реабілітації організувати процес формування/тренування рухів аж до їх повного відновлення, поетапно мобілізуючи резерви організму для відновлення/корекції рухових функцій. Саме такий підхід знайшов використання у новій технології тренування/відновного лікування рухових і мовленнєвих функцій ТРЕНАР®. Технологію реалізують дві модифікації портативних електронних виробів цифрової медицини ТРЕНАР-01 і ТРЕНАР-02. Склад

модулів апаратів ТРЕНАР дозволяє здійснювати різні види інформаційно-енергетичної взаємодії зовнішніх контурів керування з власними системами керування рухами людини, комплексну активацію сенсорних зон кори головного мозку за методом біологічного зорового і слухового зворотного зв'язку, «підготовку» пошкоджених структур до сприйняття сигналів активації за методом порогової електростимуляції, взаємодію між півкулями мозку на базі програм міоелектростимуляції, які «зчитуються» від скорочень власних здорових м'язів [2].

Зв'язок рухових і мовленнєвих функцій, близькість проекції кисті до моторної мовленнєвої зони, позитивний вплив тренування тонких рухів пальців рук на розвиток мовлення дитини склали теоретичну передумову нового методу і технології відновлення моторного компонента мовлення на основі цілеспрямованого тренування дрібної моторики кисті за методами і програмами, які надають апарати ТРЕНАР, та оригінальними методиками тренування [3].

Різні методи, програми і методики тренувань забезпечують:

- індивідуальний підхід та активізацію додаткових резервів до реабілітації;
- активне залучення пацієнта у реабілітаційний процес;
- свідомий контроль тренувального процесу та самостійне дозування навантаження.

Перелічені переваги є важливими факторами у такому складному і довготривалому процесі, як відновлення рухових і мовленнєвих функцій.

Клінічна апробація технології ТРЕНАР® у відновному лікуванні рухових функцій у дорослих і дітей (17 клінічних і оздоровчих закладів різних регіонів України, загальна кількість хворих — понад 12 000) показала значний процент покращень, який, зокрема після інсульту (понад 4300 пацієнтів), за експертними оцінками досягає 93 %. Процент покращень мовленнєвих функцій у хворих після інсульту (моторна афазія, правобічний геміпарез) досягає 74 % проти базового курсу — 41 %.

Ці результати надають підставу для включення запропонованої технології відновлення рухів і мовлення до обов'язкового комплексу реабілітаційних заходів. Проте наведені 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'єктивною оцінкою позитивної динаміки дефіциту рухових функцій в результаті реабілітаційних заходів, важливе значення в якій відіграє кількісна оцінка за доказовими критеріями. Кількісна оцінка є важливою складовою у цифровій медицині, зокрема, основою синтезу мобільних додатків інформайно-консультативної підтримки лікаря в оцінюванні ефективності реабілітаційного процесу і формуванні індивідуального плану реабілітації хворого після інсульту.

Мета роботи — визначення критеріїв кількісного оцінювання динаміки відновлення проксимальних та дистальних відділів верхніх та нижніх кінцівок окремо, а також інтегрального кількісного оцінювання глибини рухових порушень у хворих після інсульту.

ЗАГАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ДЕФІЦИТУ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ

Технологія реабілітаційного процесу починається і закінчується експертним оцінюванням об'єкту реабілітації на кожному етапі. Як правило, пацієнт у відновному лікуванні рухів проходить кілька етапів. Кожний етап вимагає індивідуального підходу до мобілізації резервів організму на відновлення рухів, адекватного стану рухових функцій і загальному стану пацієнта, визначення індивідуального плану, методів, програм та регламенту керуючих впливів, що базується на оцінюванні дефіциту рухових функцій з урахуванням загального стану пацієнта.

Виділяють наступні *періоди реабілітації* (відновні періоди) постінсультних хворих: гострий період (три-чотири тижні після ГПМК), ранній період (до шести місяців), пізній період (до одного року), а також резидуальний період (більше року після ГПМК) [4, 5].

Симптоматика рухових порушень залежить від терміну початку інсульту, локалізації і розміру патологічного вогнища. Спочатку довільні рухи можуть бути повністю втрачені, а потім геміплегія переходить в геміпарез із переважним ураженням дистальних відділів кінцівок. Відновлення рухів починається з ноги, потім руки, причому з проксимальних відділів кінцівок. Через кілька днів після інсульту починає відновлюватися м'язовий тонус паралізованих кінцівок: в руці підвищується тонус м'язів-згиначів, а в нозі — м'язів-розгиначів. Нерівномірне підвищення тонуусу м'язів надалі

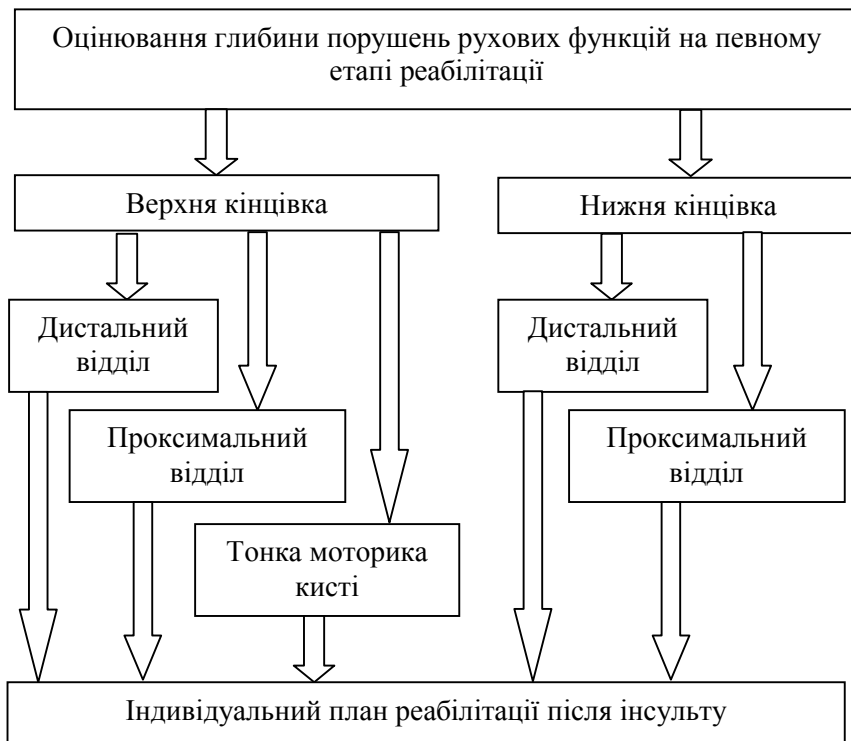


Рис. 1. Інформаційно-структурна модель формування індивідуального плану реабілітації рухів після інсульту на певному етапі

призводить до формування контрактур в згинальних суглобах руки і розгинальних суглобах ноги [6, 7].

Враховуючи це, під час формування індивідуального плану реабілітації хворого після інсульту постає необхідність проводити не тільки інтегральне оцінювання ефективності реабілітації рухових функцій, але й досліджувати динаміку дефіциту рухових функцій окремо верхніх і нижніх кінцівок, їх дистальних і проксимальних відділів на різних етапах реабілітації (рис. 1).

КРИТЕРІЇ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ДЕФІЦИТУ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ

Ефективність реабілітації визначається через порівняння глибини порушень рухових функцій до і після реабілітації із застосуванням критеріїв їх оцінювання (рис. 2).

У клінічній практиці ефективність реабілітації проводять на підставі змін загального неврологічного статусу, функціональних рухових можливостей, показників побутової адаптації хворих тощо. Для цього застосовують різні шкали [5, 8, 9, 10]. Найбільш популярними є наступні.

- Модифікована шкала Ренкіна, яка належить до найпростіших і найкоротших тестів, якими оцінюють як ступінь порушення функцій, так і розлади життєдіяльності. Ця шкала показує функціональну спроможність хворого після інсульту, його здатність до виконання дій.

- Індекс Бартела, який застосовується для оцінювання незалежності пацієнтів від необхідності допомоги у повсякденному житті. Ця шкала показує наскільки хворий після інсульту схильний до самообслуговування та переважно спрямована на оцінку психічного стану пацієнта.

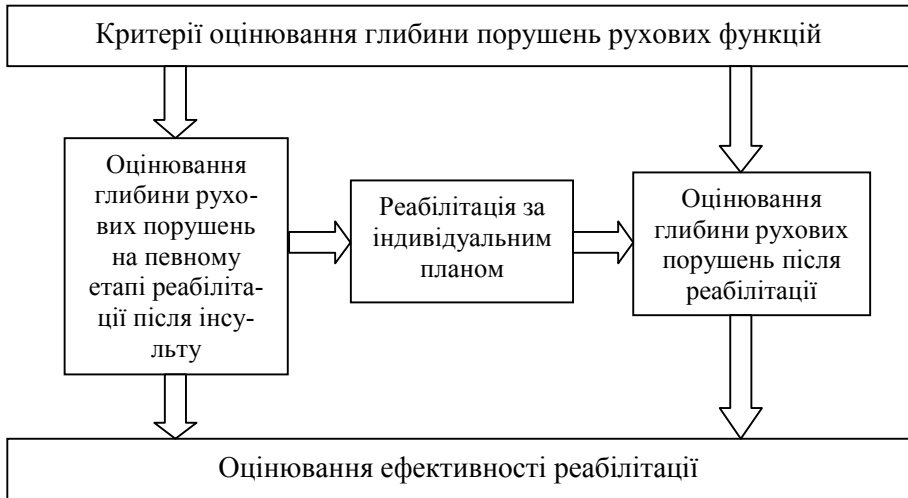


Рис. 2. Оцінювання ефективності реабілітації

Предметом наших досліджень є вибір доказових критеріїв оцінювання дефіциту рухових функцій після інсульту. В результаті аналізу літературних джерел [5, 10, 11] для оцінювання глибини рухових порушень на певному етапі реабілітації після інсульту, до і після реабілітації, запропоновані такі критерії:

- основні — сила м'язів та обсяг рухів; за цими критеріями оцінювались проксимальні і дистальні відділи кінцівок;
- додаткові — для нижньої кінцівки оцінювалась хода, а для дистального відділу верхньої кінцівки (кисть руки) — протиставлення дистальної фаланги великого пальця основі інших, згинання пальців у кулак та основна функція кисті (схоплення і втримування предметів) [11];
- тонус м'язів (поділяється на гіпертонус (спастичність) та гіпотонус (млявість)), величина якого є непостійною після інсульту.

На рис. 3 зображено вибрані критерії оцінювання дефіциту (глибини порушень) рухових функцій.

Для оцінювання рухових порушень використовують як інструментальні методи: динамометрія — для визначення сили м'язів, гоніометрія — для визначення обсягу рухів [5, 11], міотонетрія — для визначення тону м'язів [12], так і тестові методи експертного оцінювання. Оскільки не кожна клінічна установа має у наявності відповідні інструментальні методи оцінювання, нами було використано тестові методи експертного оцінювання рухових порушень, які є практичними і доступними.

Тестування функції верхньої кінцівки є важливим для оцінювання відновлення проксимальних і дистальних відділів руки, а також проведення кореляції між відновленням мовлення і відновленням рухів кисті. Для них визначаються сила відповідних м'язів, які здійснюють ці рухи, та обсяг цих рухів.

Кількісна міра м'язової сили виражає здатність м'язу до скорочення під час протидії зовнішній силі, в тому числі силі тяжіння. Для визначення сили м'язів загальним є принцип "напруга та подолання": хворий напружує відповідний м'яз і утримує його у положенні максимального скорочення, в той час як лікар намагається розтягнути м'яз, долаючи спротив пацієнта. При визначенні обсягу рухів досліджуються глобальні рухи ділянок кінцівок: підняття верхньої або нижньої кінцівки, згинання ліктьового або колінного суглоба, згинання/розгинання кисті, приведення стопи на себе чи вниз.

Крім зазначених критеріїв, у цих відділах верхньої та нижньої кінцівок також оцінюється і тонус м'язів. Під м'язовим тонусом розуміють ступінь пружності м'яза і той спротив, який виникає при пасивному розтягненні м'яза впродовж руху у суглобі. Зміни м'язового тону є важливим індикатором наявності і локалізації патологічного процесу, але визначити ці зміни не завжди легко [5]. Дослідження тону м'язів здійснюють шляхом пальпації м'яза (оцінювання його механіко-еластичних властивостей) і шляхом оцінювання рефлекторного скорочування м'яза, тобто тим спротивом, який виникає при виконанні пасивних рухів у суглобі.

Експертне оцінювання уражених кінцівок проводиться стосовно власних здорових кінцівок пацієнта, рухові функції яких визначають індивідуальну норму відсутності порушень, що є важливим для формуван-

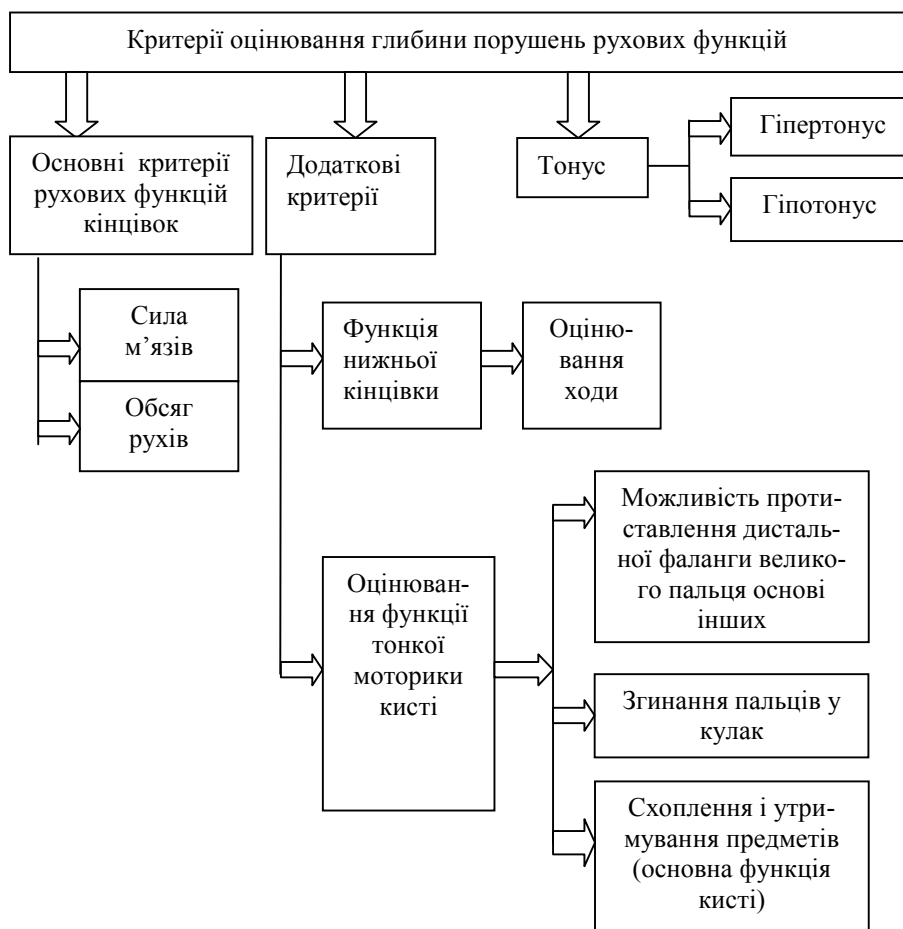


Рис. 3. Інформаційно-структурна модель оцінювання дефіциту рухових функцій за критеріями

ня індивідуального плану реабілітації, особливо стосовно параметрів та регламенту міонейростимуляції.

У неврологічній практиці ступінь парезу прив'язано до шестибальної градації експертної оцінки порушень рухових функцій, де найгірші показники приймають значення 0 балів (параліч), а найкращі — 5 балів (відсутність порушень). Парез поділяється на грубий (різко виражений) — 1 бал, значний (значно виражений) — 2 бали, помірний (помірно виражений) — 3 бали, легкий — 4 бали [5].

У застосуванні методів експертного оцінювання дефіциту рухових функцій використовуються певні шкали. Слід зазначити, що з метою формування інтегрального кількісного оцінювання глибини порушень рухових функцій доцільним є вибір тих шкал, які мають однакову шестибальну ступеневу градацію, із наступним їх приведенням до однакової спрямованості — від найкращого (5 балів) до найгіршого (0 балів) показника.

Так, для оцінки сили м'язів нами використана шестибальна шкала (L. McPeak, M. Вейсс) (табл. 1) [9]. Як видно з таблиці 1, ця шкала

прив'язана до шестибальної градації дефіциту рухових функцій за критерієм «сила м'язів» та охоплює чотирьохбальну градацію ступеню парезу. Для оцінювання обсягу рухів була вибрана шестибальна шкала Столярової Л. (табл. 2) [10]. Оскільки загальноприйнятна шкала оцінювання глибини порушень обсягу рухів ранжується від 0 балів (відсутність порушень) до 5 балів (плегія), з метою приведення цієї шкали до однакової спрямованості (від найкращого (5 балів) до найгіршого (0 балів) показника) у шкалу оцінки обсягу руху нами введено поняття "приведеного балу", де 0 балів означає плегію, 5 балів — відсутність порушень.

Таблиця 1. Оцінювання м'язової сили

Бал	М'язова сила ураженої кінцівки згідно зі шкалою Л. McPeak та М. Вейсс	Співвідношення (уражений / здоровий м'яз), %	Ступінь парезу
5	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння з максимальною зовнішньою протидією	100	Відсутність порушень
4	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння і при невеликій зовнішній протидії	75	Легкий
3	Рух у повному обсязі при дії сили тяжіння	50	Помірний
2	Рух у повному обсязі в умовах розвантаження	25	Значний
1	Відчуття напруги при спробі довільного руху	10	Грубий
0	Відсутність ознак напруги при спробі довільного руху	0	Плегія

Таблиця 2. Ступінь порушення обсягу рухів [10]

Бал**	Характеристика рухів	Ступінь парезу	Бал*
5	Обсяг руху повний	Відсутність порушень	0
4	Обсяг руху повний або майже повний — 75–100 % від норми; сила, спритність, темп знижені	Легкий	1
3	Рухи обмежені помірно, слабо диференційовані, незграбні, складають 50–75 % від норми	Помірний	2
2	Рух в обсязі 25–50 % від норми, в основному глобальні	Значний	3
1	Присутні вкрай обмежені, глобальні рухи до 25 % від норми	Грубий	4
0	Активних рухів немає	Плегія	5

* визначення балів за оригінальною шкалою

** приведений бал

За цими шкалами сила м'язів та обсяг рухів досліджуються окремо для проксимального відділу верхньої кінцівки (плечовий, ліктювий суглоби), дистального відділу верхньої кінцівки (променево-зап'ястковий суглоб), проксимального відділу нижньої кінцівки (тазостегновий, колінний суглоби), дистального відділу нижньої кінцівки (гомілково-ступневий суглоб).

Оцінювання тонкої моторики кисті та ходи здійснюється за додатковими критеріями, запропонованими в [11] з авторськими правками, відповідно для верхньої та нижньої кінцівки за шестибальною шкалою ранжування ступеню вираження порушених рухових функцій (табл. 3). Оцінювання зберігає порядок від найвищого показника 5-ть балів при відсутності порушень до найнижчого 0 балів (плегія).

Таблиця 3. Оцінювання рухових функцій верхньої та нижньої кінцівок за додатковими критеріями

Бал	Верхня кінцівка (дистальний відділ — тонка моторика кисті)			Нижня кінцівка	Ступінь парезу
	Протиставлення великого пальця	Згинання пальців у кулак	Основна рухова функція кисті	Характеристика ходи	
5	Досягає основи всіх пальців	Повне згинання	Функція збережена	Без змін	Відсутність порушень
4	Досягає основи всіх пальців	Повне згинання	Збережено схоплення і втримування предметів, доступне схоплення дрібних предметів (без функції утримування)	При ході накульгування на паретичну ногу	Легкий
3	Досягає основи 4-го пальця	Незначне обмеження згинання дистальних фаланг до долоні	Доступне втримування предметів, ускладнено схоплення дрібних предметів	Геміпаретична (пацієнт тягне ногу)	Помірний
2	Досягає основи 3-го пальця	Помірне обмеження згинання вистальних фаланг до долоні	Можливе схоплення великих предметів без тривалого і міцного їх утримання	Циркумдуюча або геміплегічна хода	Значний
1	Досягає основи 2-го пальця	Значне обмеження згинання дистальних фаланг до долоні	Неможливе схоплення і втримання як великих, так і дрібних предметів, збережена допоміжна функція — підтримування і притиснення предметів	Грубо порушена, проходження кілька кроків з підтримкою або опорою	Грубий
0	Протиставлення неможливе	Згинання пальців неможливе	Неможливе схоплення і втримування предметів	Самостійно не ходить	Плегія

Визначені критерії оцінювання глибини рухових порушень для різних відділів верхньої та нижньої кінцівок оцінюються у балах для м'язової сили, тонкої моторики й ходи за приведеним балом для обсягу рухів та зіставляються зі шкалою динаміки парезу.

Особливого значення набуває кількісне оцінювання дефіциту рухових функцій тонкої моторики кисті у цілеспрямованому тренуванні моторики для відновлення мовлення [13]. Це надає можливість досліджувати та порівнювати динаміку відновлення рухів тонкої моторики ураженої кисті з відновленням моторики мовлення у разі моторної або моторно-сенсорної афазії після інсульту за методикою оцінювання моторних і сенсорних порушень мовлення [13].

Для оцінювання тону м'язів у клінічній практиці застосовується модифікована шкала Ашфорт [9, 10], яка має шестиступеневу градацію. Цю шкалу орієнтовано для оцінювання тону м'яза у випадку його підвищення, тобто у напрямку гіпертону (спастики) (табл. 4).

Оскільки тону м'язів у постінсультних хворих є величиною непостійною і може коливатися від гіпо- до гіпертону, цей критерій не входить в інтегральну кількісну характеристику глибини рухових порушень, але величина гіпертону, так само як і гіпотону, має діагностичне значення у створенні програм міонейростимуляції в індивідуальному плані реабілітаційних заходів у хворих після інсульту. Розроблення шестибальної шкали ранжування ступеню гіпотону у хворих після інсульту є предметом наших подальших досліджень.

Таблиця 4. Оцінювання гіпертону ураженої кінцівки

Бал**	Характеристика м'язового тону (згідно з Модифікованою шкалою Ашфорт)	Бал*	Ступінь парезу
0	М'язовий тону без змін, норма	0	Відсутність порушень
1	Легке підвищення м'язового тону, що відчувається при згинанні або розгинанні сегменту кінцівки у вигляді незначного опору в кінці руху	1	Легкий
2	Незначне підвищення м'язового тону у вигляді спротиву, який виникає після виконання не менше половини обсягу рухів	1+	Помірний
3	Помірне підвищення м'язового тону, що виявляється впродовж всього руху, але не ускладнює виконання пасивних рухів	2	Значний
4	Значне підвищення м'язового тону, що ускладнює виконання пасивних рухів	3	Грубий
5	Уражений сегмент кінцівки зафіксований у положенні згинання або розгинання — спастика. Рухи неможливі	4	Плегія

* визначення тону м'яза за оригінальною шкалою

** приведений бал

ІНТЕГРАЛЬНА КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАБІЛІТАЦІЇ РУХІВ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТУ

Припускаючи, що всі критерії рівнозначні, враховуючи, що критерії характеризують ступінь (динаміку) парезу, їх зіставлення у відповідних відділах кінцівок формує інтегральну шкалу кількісного оцінювання глибини рухових порушень з інтервалами у балах відповідно до динаміки парезу.

Для кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій кожного відділу верхньої та нижньої кінцівок, що досліджуються в процесі реабілітації, сформовано відповідні критерії оцінювання глибини рухових порушень:

1) для верхньої кінцівки:

1.1) проксимальний відділ — окремо плечовий і ліктьовий суглоби: сила м'язів, обсяг рухів;

1.2) дистальний відділ — променево-зап'ястковий суглоб: сила м'язів, обсяг рухів;

1.3) дистальний відділ — тонка моторика кисті: функція протиставлення великого пальця, функція згинання пальців у кулак, основна функція кисті;

2) для нижньої кінцівки:

2.1) проксимальний відділ — окремо тазостегновий і колінний суглоби: сила м'язів, обсяг рухів;

2.2) дистальний відділ — гомілково-ступневий суглоб: сила м'язів, обсяг рухів;

2.3) функціональна характеристика ходи.

Зіставлення критеріїв показує, що максимальна сумарна оцінка в балах для відділів із двома критеріями становить 10-ть балів, для відділу з трьома критеріями — 15-ть балів, для відділу з одним критерієм — 5-ть балів. Це найвищі показники інтегральної кількісної оцінки ефективності реабілітації, результатом якої є відсутність порушень рухових функцій. Відповідно, у всіх випадках плегія (параліч) оцінюється в 0 балів.

Інтервали зміни вибраних критеріїв для різних ступенів парезу запропоновано із принципу, що при оцінюванні кожного ступеню парезу для кожного відділу кінцівок задіяно відповідну кількість критеріїв. Для відділів кінцівок з двокритеріальною системою оцінювання поріг появи патологічних процесів (появи легкого парезу) починається з 9-ти балів, для відділів кінцівок з трикритеріальною системою — з 14-ти балів.

Інтегральна кількісна характеристика глибини рухових порушень після інсульту в межах динаміки парезу включає проксимальні (I) і дистальні (II) відділи кінцівок, які, в свою чергу, включають різні сектори досліджень проксимальних і дистальних відділів кінцівок (табл. 5). Для верхньої кінцівки проксимального відділу використано такі позначення секторів: А — плечовий суглоб, В — ліктьовий суглоб, дистального відділу: С — променево-зап'ястковий суглоб, D — тонка моторика кисті. Для нижньої кінцівки проксимального відділу: Е — тазостегновий суглоб, F — колінний суглоб, дистального відділу: G — гомілково-ступневий суглоб, а також H — хода. Оцінка ходи за додатковими критеріями (табл. 3) має важливе значення, оскільки додає до характеристик м'язових функцій в різних суглобах ураженої нижньої кінцівки таку важливу характеристику, як координація рухів ходи, узгодження м'язових рухів ураженої нижньої кінцівки з м'язовими рухами здорової нижньої кінцівки.

Формування кількісної інтегральної характеристики глибини рухових порушень дає можливість створення більш точної градації відновлення рухових функцій та зменшення похибки експертної оцінки під час суб'єктивного оцінювання.

Ефективність реабілітації оцінювалась за чотирма градаціями: без змін, незначне покращення, покращення, значне покращення. Тому відповідно до інтегральної кількісної характеристики оцінювання глибини рухових порушень (табл. 5) кількісне оцінювання ефективності подається через різницю балів, отриманих для кожного відділу кінцівок до і після реабілітації в одно-, дво- і трикритеріальних системах оцінювання. Загальну схему оцінювання ефективності реабілітації хворих після інсульту представлено формулою (*):

$$\Delta = \Delta_2 - \Delta_1, \quad (*)$$

де Δ_1 — бали до реабілітації, Δ_2 — бали після реабілітації, Δ — різниця балів, яка показує ефективність реабілітації.

Розподіл градацій ефективності для відділів, в яких оцінювання відбувається за одним, двома або трьома критеріями, представлено в табл. 6.

За допомогою запропонованої інтегральної кількісної характеристики було досліджено 43-и пацієнта після ішемічного інсульту, з них 26-ть — у ранньому, 17-ть — у резидуальному періодах. У табл. 7 показано узагальнену ефективність відновлення рухових функцій у хворих після інсульту для проксимального і дистального відділів верхньої та нижньої кінцівки в цілому у ранньому (I) та резидуальному (II) відновлювальних періодах. Ефективність відновлення визначена з використанням табл. 6.

Таблиця 5. Інтегральна кількісна характеристика глибини рухових порушень та динаміки ступеню парезу після інсульту

Ступінь парезу (глибина рухових порушень)	Сумарне оцінювання в балах за критеріями								
	Верхня кінцівка				Нижня кінцівка				
	I		II		I		II		H
	A	B	C	D	E	F	G		
відсутність порушень	10	10	10	15	10	10	10	5	
легкий парез	7-9	7-9	7-9	10-14	7-9	7-9	7-9	4	
помірний парез	5-6	5-6	5-6	7-9	5-6	5-6	5-6	3	
значний парез	3-4	3-4	3-4	4-6	3-4	3-4	3-4	2	
грубий парез	1-2	1-2	1-2	1-3	1-2	1-2	1-2	1	
плегія (параліч)	0	0	0	0	0	0	0	0	

Таблиця 6. Оцінювання ефективності відновлення рухових функцій у хворих після інсульту

Градації ефективності	Оцінювання ефективності реабілітації, Δ балів		
	однокритеріальна система ($\Sigma = 5$ балів)	двокритеріальна система ($\Sigma = 10$ балів)	трикритеріальна система ($\Sigma = 15$ балів)
Значне покращення	≥ 3	≥ 6	≥ 7
Покращення	2	3 – 5	4 – 6
Незначне покращення	1	1 – 2	1 – 3
Без змін	0	0	0

Оцінена ефективність реабілітації пацієнтів після інсульту підтвердила краще відновлення рухових функцій саме у ранній відновлювальний період із застосуванням програм міонейростимуляції для тренування рухів за технологією ТРЕНАР®. Відсоток незначного покращення у відновленні проксимального відділу та тонкої моторики кисті вищий у резидуальному періоді, ніж у ранньому періоді. Останнє підтверджує спостереження багатьох клініцистів про те, що чим більше часу проходить від моменту інсульту, тим менша ймовірність отримати позитивні зміни у результаті реабілітаційних заходів. Так само, відсоток без змін у резидуальному періоді набагато переважає відсоток без змін у ранньому періоді. За результатами зазначено, що у ранньому періоді відсоток значного покращення відновлення проксимального відділу вищий за відсоток значного покращення відновлення глобальних рухів дистального відділу, але менший порівняно з відновленням тонкої моторики кисті. Глобальні рухи дистального відділу у значному покращенні поступаються значному покращенню відновлення тонкої моторики кисті. Також відмічено, що у ранньому періоді відсутність ефекту реабілітації (без змін) більше пов'язано з віком пацієнтів.

Зроблені попередні висновки відносно отриманої ефективності реабілітації рухів верхніх і нижніх кінцівок, проксимальних і дистальних відділів потребують ретельного оброблення одержаної інформації та оцінювання її достовірності з використанням наступних методів:

1) методи описової статистики, які включають визначення середніх значень, стандартного відхилення, математичного сподівання, розкидку значень;

2) t-критерій Стьюдента для визначення достовірності відмінності між двома незалежними групами досліджуваних осіб, що дає можливість оцінити достовірність використаних критеріїв оцінювання рухових порушень;

3) критерій Вілкоксона для перевірки достовірності відмінності показників всередині однієї групи досліджуваних осіб на різних етапах лікування, що дає можливість оцінювати динаміку перебігу реабілітації;

4) методи визначення кореляції для аналізу зв'язку між шкалами та аналізу зв'язку відновлення кисті та відновлення мовлення.

Таблиця 7. Узагальнена ефективність відновлення рухових функцій у хворих після інсульту

Градації ефективності	Верхня кінцівка						Нижня кінцівка	
	Проксимальний відділ		Дистальний відділ					
			Глобальні рухи		Тонка моторика кисті			
	I	II	I	II	I	II	I	II
Значне покращення	12 %	0 %	8 %	0 %	27 %	0 %	23 %	0 %
Покращення	34 %	11 %	38 %	11 %	23 %	11 %	27 %	16 %
Незначне покращення	42 %	57 %	38 %	37 %	38 %	47 %	46 %	42 %
Без змін	12 %	32 %	15 %	53 %	12 %	42 %	4 %	42 %

Підтвердження достовірності результатів динаміки перебігу реабілітації, які отримано в результаті попередньої клінічної апробації розробленої методики кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій у хворих після інсульту, надасть підставу рекомендувати цю методику для об'єктивізації динаміки перебігу реабілітації на різних відновлювальних періодах. В свою чергу, об'єктивна оцінка динаміки перебігу є основою формування та корегування індивідуального плану відновлення не тільки рухових, але й мовленнєвих функцій після інсульту.

ВИСНОВКИ

Розроблено методику кількісного оцінювання дефіциту рухових функцій (глибини рухових порушень) у хворих після інсульту на базі експертного оцінювання за основними та додатковими критеріями. Головними особливостями методики є:

- введення окремої кількісної оцінки 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 стосовно власних здорових кінцівок пацієнта, рухові функції яких характеризують індивідуальну норму відсутності порушень;
- уніфікація кількісного оцінювання рівня дефіциту рухових функцій: усі шкали кількісного оцінювання за всіма критеріями мають однакову шестибальну ступеневу градацію з однаковою спрямованістю від найкра-

щого (5-ть балів, відсутність порушень) до найгіршого (0 балів, плегія) показника з прив'язкою до ступеню порезу.

Перелічені відмінності розробленої методики надають можливість:

- оцінювати і зіставляти перебіг динаміки відновлення рухів верхніх і нижніх відділів, 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 в певній мірі відображає порушення координації м'язових рухів ураженої нижньої кінцівки зі здоровими.

Розроблена методика пройшла попередню клінічну апробацію у дослідженнях динаміки відновлення рухів після інсульту за новою технологією тренування/відновлення рухових функцій ТРЕНАР®. Результати апробації підтвердили залежність ефективності реабілітації від часу її проведення після інсульту, а також нерівномірність змінення дефіциту м'язових функцій у верхніх і нижніх кінцівках, в їх проксимальних і дистальних відділах.

Розроблена методика кількісного оцінювання відновлення рухових функцій є основою інформаційного супроводження досліджень динаміки відновлення рухів верхніх і нижніх кінцівок, їх проксимальних і дистальних відділів, оцінювання ефективності реабілітаційних процесів хворих після інсульту, а також основою створення і функціонування мобільних засобів інформаційно-консультаційної підтримки лікаря для визначення індивідуальних планів реабілітації хворого після інсульту в різні відновні періоди.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коленко Ф.Г., Стеценко А.В., Стеценко Н.Н. Оптимизация реабилитационного процесса при мозговом инсульте. "Вісник СумДУ. Серія Медицина". 2007. № 2. С. 61–66.
2. Вовк М.И. Новые возможности восстановления двигательных и речевых функций. *Кибернетика и вычислительная техника*. 2016. Вып. 186. С. 78–93.
3. Спосіб лікування мовних порушень: пат. на винахід № 111388 Україна: МПК (2006.01), А61N 1/36. № а201406092; заявл. 03.06.2014, опубл. 25.04.16, Бюл. № 8. 4 с.
4. Столярова Л.Г., Ткачева Г.Р. Реабилитация больных с постинсультными двигательными расстройствами. М.: Медицина, 1978. 216 с.
5. Белова А.Н., Прокопенко С.В. Нейрореабилитация. М., 2010. 1288 с.
6. Вінничук С.М. Судинні захворювання головного та спинного мозку. К.: Наукова думка, 1999. 114 с.
7. Виленский Б.С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение. СПб.: ООО "Издательство "Фолиант"", 2002. 397 с.
8. Долгова Н.Ю., Воронцов С.А., Кириченко О.В. и др. Реабилитационное лечение неврологических больных в условиях санатория. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2013, №4. С. 53–56.

9. Белова А.Н., Щепетова О.Н. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации. М.: Антидор, 2002. 440 с.
10. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: МЕДпресс-информ, 2008. 560 с.
11. Смычек В.Б., Пономарева Е.Н. Черепно-мозговая травма (клиника, лечение, экспертиза, реабилитация). Мн.: НИИ МЭ и Р, 2010. 430 с.
12. Самсонова А.В., Барникова И.Э., Крестинина А.А. Неинвазивные методы оценки композиции мышечных волокон. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт*. Чернігів, 2014. Вип. 118(1). С. 323–326.
13. Вовк М.І., 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 (уровень стандарта, академический уровень)*. Д.: Научно-информационный центр «Знание», 2016. С. 70–76.

Отримано 9.06.2017

REFERENCES

1. Kolenko Ph.H., Stetsenko A.V., Stetsenko N.N. Optimization of the rehab process during cerebral stroke. *Herald Sumy State University. Series Medicine*. 2007. № 2. P. 61–66 (in Russian).
2. Vovk M.I. New opportunities for movement and speech rehabilitation. *Kibernetika i vyčislitelnaâ tehnika*. 2016. Iss.186. P. 78–93 (in Russian).
3. The way to treat speech disorders: pat. UA, A61N 1/36, no. 111388, claimed 03.06.2014, published 25.04.2016, Bulletin no 18 (in Ukrainian).
4. Stolyarova L.H., Tkachova H.R. Rehabilitation of patients with post-stroke motor disorders. Moscow: Medicine, 1978. 216 p. (in Russian).
5. Belova A.N., Prokopenko S.V. Neurorehabilitation. Moscow, 2010. 1288 p. (in Russian).
6. Vinnychuk S.M. Vascular diseases of the brain and spinal cord. Kyiv: Naukova Dumka, 1999. 114 p. (in Ukrainian).
7. Vilenskyi B.S. Stroke: prevention, diagnosis and treatment. Saint Petersburg: Foliant, 2002. 397 p. (in Russian).
8. Dolgova N.Yu., Vorontsov S.A., Kirichenko O.V., Makarova I.Yu. Rehabilitation treatment of neurological patients in a sanatorium. The Kremlin medicine. *Clinical Herald*. 2013, №4. P. 53–56 (in Russian).
9. Belova A.N., Schepetova O.N. Scales, tests and questionnaires in medical rehabilitation Moscow: Antidor, 2002. 440 p. (in Russian).
10. Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. Rehabilitation of Neurological Patients. Moscow: MEDpress-inform, 2008. 560 p. (in Russian).
11. Smychek V.B., Ponomareva E.N. Craniocerebral injury (clinic, treatment, examination, rehabilitation). Minsk: Research Institute of ME and R, 2010. 430 p. (in Russian).
12. Samsonova A.V., Barnikova I.E., Krestinina A.A. Non-invasive methods for evaluating the composition of muscle fibers. *News of the Chernigiv National Pedagogical University. Ser.: Pedagogical science. Physical education and sport*. Chernigiv, 2014. Vol. 118 (1). P. 323–326 (in Russian).
13. 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. P. 70–76 (in Russian).

Received 9.06.2017

М.И. Вовк, канд. биол. наук, старш. науч. сотр.,
зав. отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: dep140@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

М.А. Овчаренко, и.о. младш. науч. сотр.,
отд. биоэлектрического управления и медицинской кибернетики
e-mail: ovcharenko-marina@i.ua

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

ІНФОРМАЦІОННЕ СОПРОВОЖДЕННЯ ІССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМІКИ ВОССТАНОВЛЕННЯ ДВИЖЕНЬ ПОСЛЕ ІНСУЛЬТА

Разработана методика количественной оценки эффективности восстановления двигательных функций у больных после инсульта. Особенность методики состоит в количественной оценке динамики дефицита двигательных функций отдельно пораженных нижней и верхней конечностей, их проксимальных и дистальных отделов, в том числе тонкой моторики кисти, по основным и дополнительным критериям. Методика позволяет исследовать вклад этих показателей в интегральную количественную оценку эффективности восстановления движений при реабилитационных мероприятиях. Методика предназначена для информационной поддержки принятия врачебных решений по формированию индивидуального плана реабилитации двигательных и речевых функций у больных после инсульта и прошла пилотную клиническую апробацию при исследовании динамики восстановления двигательных функций после инсульта с использованием инновационной технологии тренировки/восстановления движений ТРЕНАР®.

Ключевые слова: количественная оценка, критерии, реабилитация, эффективность, инсульт, двигательные функции, речь, нарушения.

M.I. Vovk, PhD (Biology), Senior Researcher,
Head of Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: dep140@irtc.org.ua

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

A.D. Laueta, PhD (Medicine), Senior Researcher,
Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department

M.A. Ovcharenko, Junior Researcher,
Bioelectrical Control & Medical Cybernetics Department
e-mail: ovcharenko-marina@i.ua

International Research and Training Center for Information Technologies
and Systes of the NAS of Ukraine and of Ministry of Education
and Science of Ukraine, ave. Acad. Glushkov 40, Kyiv, 03187, Ukraine

INFORMATION SUPPORT OF RESEARCHES ON THE DYNAMICS OF MOVEMENT RESTORATION AFTER THE STROKE

Introduction. The results of clinical testing of the innovative technology TRENAR[®] confirmed its effectiveness in motor and speech recovery after a stroke. The main advantage of the technology that enables a more efficient motor and speech recovery is advanced training programs, based on different methods. This allows one to select individual approach to the rehabilitation process. In order to determine a personalized recovery plan it is necessary to develop criteria to quantify motor recovery dynamics.

The purpose of the research is to determine criteria for separately quantifying recovery dynamics in proximal and distal parts of the upper and lower extremities, as well as to perform an integral quantitative assessment of the severity of motor function disorders after a stroke.

Results. The method for quantitative estimation of the effectiveness of motor function rehabilitation after a stroke was developed.

One special feature of the technique is separate quantitative assessment of the motor function deficit dynamics of the affected lower and upper extremities, their proximal and distal sections, including fine motor skills, according to basic and additional criteria. The technique allows us to study the contribution of these indicators to the integral quantitative evaluation of the effectiveness of motor recovery during rehabilitation process. The technique has successfully passed pilot clinical trials during the studies of motor function recovery dynamics after a stroke when innovative technology TRENAR[®] for motor training / recovery was used. It is intended for informational support of medical decision-making when devising an individual plan for the rehabilitation of motor and speech functions after a stroke.

Conclusion. The method for quantitative assessment of motor function recovery dynamics forms the basis for assessing the effectiveness of rehabilitation processes in patients after a stroke and for developing individual plans for rehabilitation. It serves as the digital informational support for physicians and will be essential for developing mobile applications for smartphones and tablets that can be used during the rehabilitation process.

Keywords: *quantitative assessment, criteria, rehabilitation, effectiveness, stroke, motor functions, speech, disorders.*