

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра неврології

Сучасні технології в нейрореабілітації

Навчальний посібник
для практичних занять здобувачів І (бакалаврського) рівня підготовки
спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія»

Запоріжжя

2025

УДК 616.831-036.82/.85(075.8)

С91

*Затверджено на засіданні Центральної методичної ради ЗДМФУ
та рекомендовано для використання в освітньому процесі
(протокол № 3 від «28» лютого 2025 р.)*

Рецензенти:

Л. В. Лукашенко – доктор медичних наук, професор, завідувачка кафедри пропедевтики, внутрішньої медицини, променевої діагностики та променевої терапії ЗДМФУ;

Г.І. Макуріна – доктор медичних наук, професор, завідувачка кафедри дерматовенерології та естетичної медицини ЗДМФУ.

Автори:

В. І. Дарій, д-р мед. наук, професор кафедри неврології ЗДМФУ;

І. В. Візір, канд. мед. наук, доцент кафедри неврології ЗДМФУ;

М. В. Сікорська, канд. мед. наук, доцент кафедри неврології ЗДМФУ;

А. О. Дронова, PhD, асистент кафедри неврології ЗДМФУ.

С91

Сучасні технології в нейрореабілітації : навч. посіб.
для практ. занять здобувачів І (бакалаврського) рівня
підготовки спец. 227 «Фізична терапія, ерготерапія» /
В. І. Дарій, М. В. Сікорська, І. В. Візір, А. О. Дронова. –
Запоріжжя : ЗДМФУ, 2025. – 92 с.

УДК 616.831-036.82/.85(075.8)

©Дарій В.І., Візір І. В., Сікорська М. В.,
Дронова А. О., 2025.

©Запорізький державний медико-
фармацевтичний університет, 2025.

Зміст

Передмова	4
Список скорочень	6
1. Кінезіотерапія	7
2. Механотерапія	9
3. Інструментальна мобілізація м'яких тканин	14
4. Система інтегративної кінезіотерапії	15
5. Телереабілітація	17
6. Біологічно-зворотній зв'язок	27
7. Методи біокерування з біологічно-зворотним зв'язком	30
8. Роботизована реабілітаційна терапія	33
9. Підвісна терапія	43
10. Неугас-терапія	46
11. Біоакустична корекція (томатіс-терапія)	49
12. Трансцеребральна, транскраніальна мікрополяризація	52
13. Транскраніальна магнітна стимуляція	57
14. Порушення і відновлення рівноваги	61
Відеоністагмографія	
Стабілометрія	
Стабілотренінг	
15. Ударно-хвильова терапія	67
16. Кінезіотейпування	74
17. Штучний інтелект, машинне навчання	77
Приклад розв'язування ситуаційних задач	78
Ситуаційні задачі	79
Рекомендована література	87

ПЕРЕДМОВА

Захворювання нервової системи багато років утримують перше місце серед причин інвалідності. Кількість їх зростає щорічно, що пов'язано з великою поширеністю цереброваскулярних захворювань, цукрового діабету, збільшенням кількості травматичних ушкоджень головного та спинного мозку, збільшенням частки осіб похилого віку в структурі населення.

Саме прагнення зменшити інвалідізацію населення після травм та захворювання нервової системи, викликає в суспільстві та у науковців зацікавленість нейрореабілітацією.

Інтерес ще зумовлений появою новітніх реабілітаційних технологій, що дозволяють проводити відновлювальну терапію більш цілеспрямовано і ефективно. Такому процесу сприяють наявність правової бази для надання реабілітаційної допомоги, майже в усіх лікарнях наших населених пунктів створюються відділення, кабінети, центри реабілітації неврологічних хворих. На базі сучасних технологій удосконалюються методи дослідження нейропластичності, нові методи реабілітації з використанням комп'ютерних систем.

Задачами сьогодення нейрореабілітації є поглиблення теоретичного знання про відновлення порушення функцій; вдосконалення методів реабілітації, оптимізація реабілітаційного процесу.

За останні 10-20 років в нейрореабілітації з'явилися нові технології, і задачею є вивчення їх ефективності, впровадження та вдосконалення.

До таких технологій відносяться методи, спрямовані на зниження компенсаторного використання здорових кінцівок – обмежувально-спонукальна реабілітація, тренування ходи на бігових доріжках з системами підтримки, використання роботизованих систем (локомат).

Дуже поширеними є методи з використанням біологічного зворотного зв'язку: баланс-тренінг з використанням стабіломографічних показників, біоуправління зі зворотним зв'язком по α -ритму та електроміографії, музичний зворотний зв'язок.

Все більше розповсюдженими стають технології віртуальної реальності, що імітують реальні умови за допомогою комп'ютерних технік і дозволяють інтенсифікувати процес тренувань на тлі зворотного сенсорного зв'язку.

Використання комп'ютерних технік реабілітації хворих з розладом мовлення з використанням полімодального (зорового та слухового) зворотного зв'язку підвищує якість і швидкість відновлення мовної функції.

Інтерфейс – мозок – комп'ютер. Метод, заснований на «уявленні про рух». Пацієнт подумки уявляє рух, це уявлення перетворюється за допомогою комп'ютерної обробки електроенцефалографії і передається на зовнішній пристрій (екзоскелет руки, ноги).

Ще один напрямок сучасних технологій – трансцеребральні методики, які дозволяють неінвазивно стимулювати нейрони певних зон головного і

спинного мозку за допомогою змінного магнітного поля, або постійним електричним струмом малої сили.

Кожна технологія вирішує конкретні завдання, і при її включенні в реабілітаційний процес необхідно враховувати початковий стан функцій хворого і розуміти послідовність її відновлення, щоб зовнішнє втручання не нашкодило хворому, а принесло максимальну користь.

Глибоке розуміння механізму дії технології дозволить фахівцям включати її в процес терапії в оптимальний час і отримати максимальний результат у відновленні функцій.

Можливості інноваційних технологій, що засновуються на сьогоднішній день дуже великі. Вони здатні частково або повністю відновити, або замінити втрачені функції людини, що дозволяє пацієнтам взаємодіяти з навколишнім світом: працювати, грати, тренуватися, регулювати своє середовище проживання, вести активне життя.

Навчальний посібник спрямований на ознайомлення студентів з базовими знаннями щодо сучасних реабілітаційних технологій, їх місце процесі відновлення функцій нервової системи після травм та захворювань. Посібник поєднує інформацію про суть, принципи функціонування сучасних технологій і засобів реабілітації, фізичної терапії. Навчальний посібник «Сучасні технології в нейрореабілітації» призначений для бакалаврів, магістрів, які навчаються за спеціальністю 227 «Фізична терапія, ерготерапія», і призначений допомогти студентам навчитися використовувати сучасні роботизовані, комп'ютерні, мікропроцесорні, механічні та електромеханічні системи і пристрої, які прискорюють їх фахову цінність та пришвидшують час адаптування в майбутньому до практичної діяльності.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АППФК – апаратно-програмний фізіологічний комплекс
НТФ – аденозінтрифосфорна кислота
БЗЗ – біологічно-зворотний зв'язок
ВП – вихідне положення
Гц – Герц
ДМХ – дециметрохвильова терапія
ДЦП – дитячий церебральний параліч
ЕЕГ – електроенцефалографія
ЕНМГ – електронейроміографія з зануренням
ІВС – інтегровані віртуальні середовища
КТ – комп'ютерна томографія
ЛФК – лікувальна фізична терапія
мА – міліампер
мкА – мікроампер
ПЗ – програмне забезпечення
МРТ – магнітно резонансна томографія
РУВТ – радіальна ударно-хвильова терапія
СІК – система інтегративної кінезіотерапії
ТВМП – трансвертебральна мікрополяризація
ТКМП – транскраніальна мікрополяризація
ТМС – транскраніальна магнітна стимуляція
УЗДГ – ультразвукова доплерографія
УХТ – ударно-хвильова терапія
ЦНС – центральна нервова терапія
ЧМТ – черепно-мозкова травма
VR – Virtual Reality, віртуальна реальність

1. КІНЕЗІОТЕРАПІЯ

Кінезіотерапія (лікування рухом) – є основною лікувальною фізичною культурою, що заснована на психолого-педагогічному спілкуванні пацієнта з лікарем та реабілітологом, та включає в себе методику та практику фізичного виховання і взаємодії.

Кінезіотерапія сприяє виробленню нових нейром'язових зв'язків та правильних стереотипів рухів. При неврологічних захворюваннях виникають рухові розлади, при яких м'язова сила нерационально використовується (зادіяність багатьох м'язів, нерівномірний розподіл навантаження, що призводить до постійного перенапруження окремих м'язів).

В практиці невролога кінезіотерапію рекомендують пацієнтам для усунення патологічних моделей руху, підтримки активності хворого в період реабілітації після травм та захворювань нервової системи. Кінезіотерапія вирішує не тільки проблеми корекції моторних розладів, а і профілактику падінь у літніх людей, покращення когнітивних функцій у дітей та дорослих, корекції постави та багатьох інших.

В сучасній кінезіотерапії виділяють багато методик, підходів, які враховують вік і стан пацієнта.

Стандартна схема складається з трьох блоків: силовий, динамічний та функціональний. В основі – механотерапія, яка дозволяє працювати з цільовими м'язами, без навантаження на хребет, суглоби.

Функціональний тренінг спирається на рухи, які ми робимо щодня, і кроки, нахили, ходіння по сходах тощо.

У результаті проведення функціонального тренінгу у пацієнта поліпшується координація, витривалість, покращується постава, формується правильна модель руху.

При динамічному тренінгу відбувається почергове скорочення та розслаблення м'язів. Можливе застосування предметів.

Крім того, при проведенні механотерапії розрізняють:

- ❖ детензор-терапію – витягування хребта за щадною методикою з анатомічною підтримкою, усуненням підвивихів та м'язових блоків;
- ❖ СРМ-терапія. Після тривалої іммобілізації рухова функція в кінцівках страждає. Дана терапія призводить до стимуляції тривалих пасивних рухів у суглобах для відновлення рухів;
- ❖ тренінг на підвісних та сенсомоторних подушках – активізація глибоких м'язів-стабілізаторів, укріплення м'язового корсету.

Якщо стандартні заняття у спортзалі, на тренажерах накачують м'язи та сприяють їх збільшенню, то за наявності проблем опорно-рухового апарату можуть призвести до травм і подальших захворювань, то кінезіотерапія, навпаки, знімає надлишкове навантаження на хребет, відновлює кровообіг, доставку поживних речовин до кісток та суглобів. Завдяки цьому

вирівнюється постава, укріплюються м'язи спини, стабілізатори хребта, м'язи черевного пресу, відновлюється правильна постава.

Кінезіотерапію можна застосовувати в реабілітаційній програмі майже будь-якого пацієнта. Але треба враховувати обмеження щодо стану здоров'я, віку, рівня підготовки хворого. Загальні протипоказання для методу ті ж самі, що і для всіх фізіотерапевтичних методик, а саме:

1. Гарячка, гострі інфекційні захворювання.
2. Онкозахворювання та туберкульоз (прогресування).
3. Злоякісна артеріальна гіпертензія.
4. Трофічні виразки.
5. Тромбофлебіт.
6. Важка аритмія.
7. Декомпенсовані ниркова, печінкова, серцева, дихальна недостатність.
8. Епілепсія (в разі неконтрольованих нападів).
9. Психічні захворювання.
10. Вагітність – при загрозі переривання.

2. МЕХАНОТЕРАПІЯ

Механотерапія є одним з перспективних напрямків кінезіотерапії. Методика лікувальної гімнастики, реабілітації, що заснована на виконанні пацієнтом рухів, які строго дозовані і здійснюються за допомогою спеціалізованих апаратів. Апарати для механотерапії полегшують рухи хворому або забезпечують додаткові зусилля при виконанні рухового акту. При цьому забезпечується відновлення рухів пацієнта в максимальній амплітуді, що призводить до збільшення функціональної адаптації хворого.

В механотерапії використовують різні апарати. Принципи дії всіх апаратів базуються на особливостях біомеханічного руху в суглобах. Це можуть бути апарати маятникового і блокового типу, системи важелів.

Апарати маятникового типу

Найчастіше використовують апарати Крукенберга, Каро-Степанова.

Принцип роботи таких апаратів ґрунтується на принципі балансуєчого маятника, в якому за рахунок сили інерції забезпечуються хитальні рухи у суглобах. Такі рухи в результаті збільшують амплітуду рухів у відповідному суглобі. Кожний апарат маятникового типу пристосований тільки до одного суглобу і виконання одного виду рухів.

М'язові зусилля дозуються вантажем, місцем його розтягування на маятнику і темпом, тривалістю виконання вправ. Під час заняття реабілітолог слідкує за тим, щоб вправи не викликали у пацієнта підвищення напруження м'язів, посилення больових відчуттів.

Апарати блокового типу

Робота таких апаратів базується на принципі блоку з вантажем, які допомагають збільшити силу м'язів. Якщо у пацієнта виражене зниження м'язової сили, можна полегшити рухи за умови точного підбору вантажа і зрівноваження ваги кінцівок. В разі змінення вихідних положень пацієнта, можна диференційовано змінювати визначені групи м'язів.

Апарати, які діють за принципом важеля

Апарати типу Цандера застосовують для окремих м'язових груп. Реабілітолог може підсилювати або зменшувати опірність, варіюючи довжину важеля, що призводить до ускладнення чи полегшення рухів, відновлення сили м'язів і рухомості в суглобах.

Механотерапія в системі фізичної реабілітації

Механотерапія може бути самостійним методом, або включатися в комплекс лікувальної фізичної культури. В першому варіанті перед початком роботи на апараті пацієнт виконує вправи для всіх суглобів або масаж. Можна поєднувати механотерапію не тільки з масажем та лікувальною гімнастикою, а і з дециметровхвильовою терапією (ДМХ), ультрафіолетовими опроміненням, грязевими аплікаціями, парафіно- та озокеритними аплікаціями, бальнеотерапією, електростимуляцією. Механотерапія застосовується в гідрокінезотерапії.

Тренажери

Тренажери різних конструкцій відносять до апаратів механотерапії переважно загальної дії. Такі апарати шляхом дозованих фізичних навантажень і цілеспрямованої дії на окремі м'язові групи дозволяють впливати вибірково на опорно-руховий апарат, нервову систему, підвищувати фізичну працездатність.

В залежності від конструкції можна розвивати декілька рухових якостей, а на універсальних тренажерах – практично всі рухові якості.

Робота на тренажерах частіше застосовують у післялікарняних етапах реабілітації.

Під час занять рекомендовано дотримуватися правил:

- фізичне навантаження має переривчастий характер;
- фізичне навантаження зростає поступово;
- підбір навантаження індивідуальний.

Один з напрямків є активно-пасивна механотерапія з використанням роботизованих тренажерів.

В сучасній реабілітації розподіляють механотерапевтичні апарати:

1. За переважною спрямованістю впливу:

- амплітудно-силові;
- координаторно-рецептурні;
- комбіновані.

2. За принципом дії:

- електромеханічні;
- механічні;
- автоматичні;
- напівавтоматичні;
- гідравлічні;
- пневматичні;

Інерційні.

3. За характером роботи:

- діагностичні та з біологічно-зворотним зв'язком;
- підтримуючі та фіксуючі;
- тренувальні апарати та тренажери;

- комбіновані тренажери (в тому числі з використанням, стабілографічні платформи та зворотний зв'язок).

На початку минулого століття Забудовський І.В. сформулював принципи механотерапії.

1. Вихідне положення повинно враховувати конституціональні особливості хворого, характер лікувальних завдань.
2. Вправи та рухи повинні бути правильними з точки зору анатомії, фізіології та біомеханіки.
3. Вплив повинен бути дозованим та контрольованим.
4. Опір на тренажерах при виконанні вправ повинен змінюватися з урахуванням законів м'язової діяльності та біомеханіки.



Мал.1 Механотерапія для нижньої кінцівки
(<https://nashazabota.com.ua/uk/mehanoterapija/>)

Один з сучасних напрямків реабілітації на тренажерах є роботизована механотерапія з наявністю зворотного зв'язку і застосуванням ігор або віртуального середовища. Перевага даного методу, у порівнянні з класичною механотерапією, є більш висока якість тренування за рахунок більшої точності повторюваних циклічних рухів, постійної програми тренувань, наявність інструмента оцінки успішності та можливість демонстрації пацієнтові (наприклад, система Techno-body, DAVID). Такі системи включають можливість дозувати механічне навантаження при виконанні рухів, моделювати локомоторні активні рухи верхніх і нижніх кінцівок, проводити контроль, оцінювання ефективності реабілітації з використанням параметрів біокерування: кута обертання, швидкості рухів, наявності опору при виконанні дій для розвитку дрібної моторики дистальних відділів кінцівок, контроль відхилень та коливань при проведенні тренування вестибулярних функцій.

Комплекс Arneo Spring добре зарекомендував себе в реабілітації пацієнтів з травмами периферичних нервів верхньої кінцівки. Комплекс створений за принципом екзоскелета. Конструкція дозволяє створювати поліпшені умови, спрямовані на збільшення тривалості тренувань, а біологічно-зворотний зв'язок, представлений міні-іграми, дозволяє відновити

прості побутові навички, розвивати тоніко-координаційні рухи в процесі послідовного виконання моторних завдань.

Біомеханічні лікувально-діагностичні системи, що представлені на ринку України дозволяють проводити діагностику, оцінку функціонального стану опорно-рухового апарату, виконувати фізичні вправи і тренування.

Розглянемо деякі з них

1) Система Cybex Humac Norm – цей апарат механотерапії реалізує 22 траєкторії рухів з ізоляцією суглобів, 4 режими супротиву (ізокінетичний, ізотонічний, ізометричний, пасивний). Програмне забезпечення системи дозволяє адаптувати реабілітаційні програми до потреб конкретного пацієнта.

Вправи виконуються для забезпечення рухливості, стійкості, сили, самоконтролю хворого. Реабілітаційні вправи розроблені на кожен суглоб верхніх та нижніх кінцівок, виконання якщо передбачає роботу в різних площинах. Крім того є додаткові модулі – компонентний модуль для спини (реабілітація хребта, м'язів спини в положенні «стоячи»), стабілізуюче обладнання Jonson Anti-Shear, набір для імітації різноманітних рухів, лінійний перетворювач (використовують для вправ з лінійним рухом в замкнутому ланцюзі. Передбачені адаптери для тиску однією або двома ногами, двобічний адаптер для тренування грудей). Система має крісло, де можна розмістити пацієнта сидячи або лежачи.

2) Багатофункціональна реабілітаційна система REV9000 призначені для покращення показників сили, потужності опору м'язів. Використовуються ізокінетичні, ізотонічні, ізометричні й пасивні рухи в різних режимах (з опором, без опору, тривала пасивна мобілізація).

Динамічні вправи можуть виконуватися в концентричному та ексцентричному режимах. Система оцінює максимальну силу, швидкість, потужність рухів, оцінює стомлюваність, амплітуду розгинання суглобів, електроміографічний сигнал.

3) Мультисуглобовий лікувально-діагностичний комплекс BIODIX MULTI – JOINT SYSTEM 4 дозволяє проводити терапію і діагностику суглобово-м'язової патології. Найбільш поширення здобув при реабілітації спортсменів, людей похилого віку.

4) Апарати для витягування хребта: електронне програмувальне тракційне обладнання MP-1. Діапазон зміни навантаження тракцій від 0 до 100 кг. Режими тракції – циклічна, змінна, постійна. Програмне забезпечення – 10 тракційних програм.

5) Система функціонального тестування і оцінки професійних рухів та навичок з наступною реабілітацією EvalTech. Система дозволяє відтворювати рухи будь-якої діяльності.

До особливих властивостей системи відносять:

- імітацію різних професійних дій і рухів;
- об'єктивну оцінку профпридатності;
- оцінку інвалідизації хворого;
- можливість обстеження в інвалідному візку;
- набір адаптерів для імітації рухів під будь-яким кутом.

Показання до механотерапії:

- контрактури різного генезу;
- тугорухомість суглобів після травм;
- наявність парезів та плегій кінцівок.

Протипоказання до механотерапії:

1. Рефлекторні контрактури.
2. Різке ослаблення сили м'язів.
3. Прогресуючі набряки.
4. Наявність синергій.
5. Виражений больовий синдром.

3. ІНСТРУМЕНТАЛЬНА МОБІЛІЗАЦІЯ М'ЯКИХ ТКАНИН

Техніка було запозичена із масажу Гуа Ша. Вплив під час такого втручання може бути здійсненим на м'язи, сухожилки, фасції, зв'язки, капсули суглобів, шкіру та підшкірну клітковину.

Під час процедури впливають інструментом на обрані структури контрольованим тиском під обраним кутом із певною інтенсивністю.

Інструменти для проведення терапії виготовляються з нержавіючої сталі, з закругленими краями. Вони мають різну форму, дозволяють впливати на різні структури. Використання таких засобів дає змогу покращувати кровообіг, відновлювати рухливість одних м'яких тканин відносно до інших та пришвидшувати процес відновлення. За суттю, відновлення відбувається за рахунок мікротравматизації тканин і місцевого мікрозапалення.

В неврологічній практиці метод показав свою ефективність при м'язово-скелетних больових синдромах, іліотібіальний больовий синдром, тендінопатія ахілового сухожилля та інші. Даний метод є доповненням до ЛФК, масажу, міофасціального релізу.

Протипоказання до використання методу:

- відкрита рана;
- гематома;
- остеомієліт;
- незрощений перелам;
- тромбоемболія;
- осифікований міозит.

4. СИСТЕМА ІНТЕГРАТИВНОЇ КІНЕЗІОТЕРАПІЇ

Ця система є методикою відновлення функціонального стану опорно-рухового апарату. Вона є поєднанням кінезіологічної діагностики, корекції із кінезіотерапевтичним впливом.

Комплексний підхід передбачає, в першу чергу, пошук та усунення причин хвороби, а потім корекція та усунення симптомів захворювання.

Система передбачає 3 етапи:

1. Кінезіологічна діагностика.

Найбільшу увагу приділяємо стану м'язів та сухожилок, а не на хребет та суглоби. Для цього проводять мануальне м'язове тестування для пошуку локалізації гіперзбудливого та гіпотонічного м'язів, який є причиною тонусно-силового дисбалансу м'язів. Крім того, кінезіологічна діагностика передбачає опитування хворого, візуальну діагностику, виконання терапевтичних навантажень, встановлення реабілітаційного діагнозу.

В результаті діагностики можна з'ясувати причину патології: суглоб, м'яз, орган або психоемоційний стан хворого.

2. Відновлення оптимального руху.

Етап передбачає ліквідацію причин, які призвели до м'язового дисбалансу і неоптимального рухового стереотипу – корекція ходи, постави, положення м'язів в просторі

3. Кінезіотерапевтичний вплив.

Виконуються фізичні вправи на спеціальних тренажерах і передбачає:

- закріплення відновленого простого рухового стереотипу;
- формування і закріплення складного рухового стереотипу.

В процесі багаторазового повторення певних рухів і фізичних вправ ми бачимо нейрорефлекторне закріплення: відновлення трофіки, покращення обміну речовин, зміцнення м'язового корсету.

Система інтегративної кінезотерапії використовується в неврології для лікування захворювань і травм хребта, захворювань м'язів і сполучних тканин, больових синдромах, у тому числі болі в спині, захворюваннях опорно-рухового апарату, а також в реабілітації неврологічних хворих та для профілактики.

Інноваційні технології в реабілітації пацієнтів з захворюваннями і травмами нервової системи значно поширилися в останні роки. Як правило, це сумісна робота реабілітологів, інженерів та команд розробників. Ціллю таких технологій є покращення якості життя людини з тяжкими ураженням нервової системи.

Задачами інноваційних технологій ж:

1. Покращення лікування неврологічних хворих.
2. Зробити процес реабілітації пацієнторієнтованим.
3. Збільшити ефективність і результативність терапії.
4. Усунути або зменшити бар'єри середовища.
5. Збільшити комунікативність та соціалізацію людей з ушкодженнями нервової системи внаслідок травм та захворювань.

5. ТЕЛЕРЕАБІЛІТАЦІЯ

Надання послуг реабілітолога за допомогою цифрових методів (інформативно-комунікаційних технологій).

Дослідження показують, що при інсультах телереабілітація не менш ефективна, ніж очна терапія, вона може бути як альтернативний метод реабілітації, або як додаткова терапія. Доведено, що телереабілітація показує хороший результат для рухових, когнітивних розладів, мовлення, покращення психічного стану хворих, покращення рівноваги.

При такому тяжкому захворюванні, як розсіяний склероз, телереабілітація покращує загальну якість життя, м'язову силу, витривалість м'язів, крім того, є свідчення про позитивний вплив на рухову систему людей з розсіяним склерозом.

Останні 10-20 років значно збільшилася кількість пацієнтів з хворобою Паркінсона. Основними скаргами яких є розлади рівноваги, хода, зниження когнітивних функцій. Телереабілітація може допомогти покращити дані функції, мову, голос, якість життя.

При травмах спинного мозку телереабілітація включає профілактику здоров'я і благополуччя після травм, лікування хронічного болю, тривоги, депресії. До переваг методу при спінальній травмі відносять підвищення прихильності до лікування та можливість проходження в терапії в домашніх умовах. В разі травм головного мозку телереабілітація може допомогти в полегшенні догляду за пацієнтом.

При деяких захворюваннях нервової системи у людей виникають м'язово-скелетні порушення. Телереабілітація підвищує ступінь залучення хворого до навчань, зменшує біль, покращує якість життя.

Як і кожен з видів лікування, телереабілітація має переваги та проблемні аспекти:

- підвищення доступу до лікування;
- зменшення часу та витрат на дорогу до лікувального закладу;
- швидкий чи прискорений доступ до лікування;
- надає можливість фахівцям оцінити потреби людини вдома.

Щодо проблем:

- доступ до технологій;
- навчання правильному використанню та впровадженню.



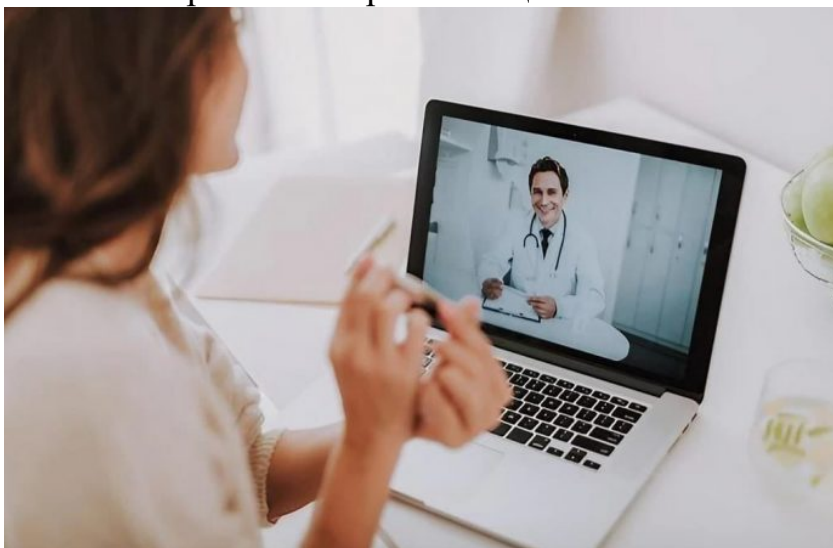
Мал.2 Телереабілітація (<https://www.physio-pedia.com/File:Telerehabilitation.jpeg>)

Системи телереабілітації.

1. Синхронні – зв'язок реабілітолога та пацієнта в режимі відеоконференції. Реабілітолог має змогу дистанційно контролювати виконання реабілітаційної програми.
2. Роботизовані – складаються з комплекту пацієнта (комп'ютер, програмне забезпечення, тренажери, пристрої для виконання вправ) та комплекту лікаря (сервер, комп'ютер, спеціальне програмне забезпечення, засоби дистанційного керування тренажером пацієнта), лінії зв'язку.

Типові сенсорні системи для телереабілітації:

- фізіотерапевтичні;
- системи з віртуальним середовищем;
- біотелеметричні телереабілітаційні системи;
- мобільні телереабілітаційні системи;
- веб-інтегровані телереабілітаційні системи.



Мал.2 Телемедицина, синхронна система (<https://odessa-life.od.ua/article/lechenie-onlajn-v-pravitelstve-prinjali-zakon-o-telemedicine>)

Терапія віртуальною реальністю

Така терапія використовує імерсивні комп'ютерні середовища, які імітують реальні ситуації з життя через слухові та зорові канали з метою відновлення функцій людини.

При судинних ураженнях головного мозку віртуальні реальності ефективні в плані покращення пам'яті, зорово-просторових функцій, ходи, рівноваги.

Віртуальна реальність визначається як комп'ютерна технологія, яка дозволяє людині взаємодіяти з мультисенсорним середовищем й отримувати зворотний зв'язок «в реальному часі» про ефективність терапії. Інтерактивні ігри, розроблені з наданням пацієнту реальних життєвих сценаріїв та дій з повсякденного життя. Програмне забезпечення допомагає навчанню руховим функціям (частота, інтенсивність, повторення). Налаштування системи дозволяють пристосуватися до цілей пацієнта шляхом зміни складності і варіантів ігрових завдань.

Система віртуальної реальності заснована на теоріях нейронауки та моторного навчання. Ігри дозволяють проводити тренування орієнтовно на стан хворого зі спрямуванням на задачу практики, інтенсивну, повторення зі зміною складності завдань. В деяких іграх є функція вчителя, що дає змогу навчання шляхом повторення за рахунок стимуляції дзеркальних нейронів. Крім того, система віртуальної реальності дає змогу застосовувати систему розширеного зворотного зв'язку, а також проводити індивідуальні сеанси навчання.



Мал. 4 Система віртуальної реальності (<https://mind.ua/publications/20199752-stvoreno-ukrayincyami-tri-rozumni-gadzheti-shcho-povertayut-do-zhittya>)

У систематизованому огляді Левіна і Сапосніка були наведені дані, що при використанні традиційних реабілітаційних методів (нейророзвиваючі,

PNF, стратегії повторного навчання руховим навичкам) були досягнуті невеликі покращення. Пошук нових методик тривав і серед них – віртуальна реальність.

Є дослідження (Lavtr K.E. et al, 2018), що нейропластичність виникає після навчання в віртуальній реальності у пацієнтів після інсульту. В дослідженнях було показано, що функціональна діяльність та віртуальна реальність активують контрлатеральну півкулю мозку в той час, як наступне навчання включає іпсилатеральне уявлення. Пацієнтові забезпечується дисонансний візуальний зворотній зв'язок в якому терапевт може змінювати параметри середовища. Було доведено, що дисонансний зворотній зв'язок викликає більшу активацію первинних рухових зон, ніж нескоординований.

Дзеркальний зворотній зв'язок також може бути включений в систему віртуальної реальності.

Пацієнт сприймає рух своєї кінцівки (ураження) в той час, як насправді він бачить рух неушкодженої кінцівки. В дослідженні було показано, що при застосуванні віртуальної дзеркальної терапії задіялася уражена первинна рухова область.

В умовах віртуальної реальності виникає більш цікаве середовище для виконання цілеспрямованих завдань. Крім того, таке середовище безпечне і ним можна легко керувати для забезпечення більш складних завдань при покращенні функціональних можливостей хворого. Однією з переваг віртуальної реальності є те, що завдання пацієнт може виконувати самостійно, без спостереження реабілітологом.

В дослідженні (Кано-Маньяс М.Х. et al, 2020) «Занурення в віртуальну реальність у пацієнтів з інсультом як новий підхід до зниження постуральних розладів та ризику падінь». Порівняли пацієнтів з однаковими осередками, які отримували терапію віртуальною реальністю та без неї. Оцінювали рівновагу, ходьбу, ризик падіння, вестибулярні та візуальні наслідки інсульту. За результатами дослідження виявилось, що пацієнти, які отримували терапію з використанням віртуальної реальності, показали кращі результати в усуненні розладів рівноваги, зниження ризику падінь, що пов'язують з активною вертикальною роботою під час тренувань в віртуальній реальності. Такі ж результати були при оцінюванні регресу рухових розладів в верхніх кінцівках.

Заняття на біговій доріжці з додаванням віртуальної реальності

Поєднання тренувань на біговій доріжці з віртуальною реальністю – новий інструмент реабілітації, який застосовується для покращення ходи та рівноваги у людей, що перенесли інсульт.

Motek-C-Mill в поєднанні з віртуальною реальністю імітує життєві ситуації та повсякденні життєві проблеми в безпечному комфортному середовищі. Для тренувань ходи та рівноваги він використовує силову пластину, забезпечує оцінку в реальному часі.

Крім рухових порушень віртуальна реальність використовується як засіб покращення пам'яті у літніх людей з порушеннями когнітивних функцій.

Об'єкти, які можуть бути помилково сприйняті органами почуттів, - це ілюзії. У віртуальній реальності існує декілька ілюзій – місце, правдивість та втілення ілюзії. Віртуальна реальність переносить хворого в нове середовище, яке пацієнту подобається.

У відомій роботі Гарсії-Бетанс та ін. (2015) доведено, що системи когнітивної реабілітації на основі віртуальної реальності відіграють важливу роль в досягненні цілей реабілітації у літніх людей з когнітивними розладами, полегшує поведінкові та когнітивні симптоми.

До переваг когнітивної реабілітації на основі віртуальної реальності відносять:

- міждисциплінарний підхід до когнітивної реабілітації, що дозволяє створювати індивідуальні протоколи реабілітації відповідно до потреб пацієнта;
- добре поєднуються з заходами когнітивної реабілітації;
- для покращення результатів терапії використання досвіду занурення;
- забезпечує високий рівень експериментального контролю;
- дозволяє отримати якісний зворотній зв'язок, збирати дані, оцінювати ефективність терапії.

Новим напрямком нейрореабілітації людей з розсіяним склерозом стало використання реабілітації з віртуальною реальністю. Декілька досліджень вивчали її вплив на рівновагу та контроль рухів у даній категорії хворих. Було сформульовано, що використання віртуальної реальності буде корисним для пацієнтів з руховими розладами на ранніх стадіях захворювання, також було показано, що у пацієнтів покращується рівновага, постуральний контроль, здатність до зменшення втомлюваності верхніх кінцівок. Крім того, була висунута гіпотеза про зменшення втомлюваності верхніх кінцівок.

Відомо, що технології віртуальної реальності включають програми когнітивно-поведінкової терапії, як результат, покращують у людини симптоми, наприклад, біль, а також стратегії подолання симптомів. Ігри також відволікають хворого від больових почуттів.

До позитивних наслідків застосування в реабілітаційному процесі віртуальної реальності можна віднести: підвищення ефективності лікування, покращення рівноваги, ходи, рухових навичок та мобільності, підвищення якості життя пацієнтів за рахунок отримання більшої незалежності, зниження тривожності, можливість адаптувати терапію до індивідуальних потреб.

Однак, треба відмітити і проблеми – це висока вартість систем, технічні обмеження, відсутність стандартизації протоколів терапевтичних сесій.

Біоуправління з використанням віртуальних середовищ із зануренням (ІВСЗ)

Технологія забезпечує занурення пацієнта в віртуальне середовище, взаємодію з цим середовищем. Задачі взаємодії підбираються з урахуванням проблем і особливостей людини (фізичних, фізіологічних, психологічних).

ІВСЗ – інтегруюче поняття, що пов'язане з такими поняттями, як «віртуальний світ», «біокібернетичний інтерфейс». Пацієнт переноситься у потрібне для відновлення середовище, де індивідуально встановлені показники і критерії. Пацієнт під час занурення в віртуальний світ відволікається від поточного стану свого здоров'я, що підвищує ефективність терапії. Особливу ефективність метод показав при терапії тривожних розладів, фобій, посттравматичних стресових розладів, поведінкових проблемах.



Мал.5 Біоуправління з використанням віртуальних середовищ із зануренням (<http://ua.xdvirtualreality.com/vr-simulator/virtual-reality-treadmill-simulator.html>)

Під час сеансу пацієнт одягає спеціальні VR-окуляри, які створюють тривимірне занурювальне середовище. Пацієнт занурюється в запропоновану ситуацію і відпрацьовує навички під наглядом фахівцяю

В Україні розвитком цього напрямлення займається Інститут проблем медичної реабілітації.

Відповідно до проблем пацієнта формуються програми.

При лікуванні фобій – пацієнт навчається контролювати тривожні реакції при зустрічі з об'єктами, або ситуаціями, які викликають страх.

У разі рухових розладів – мотивація та керування фізичними вправами або рухами під час реабілітації.

При терапії посттравматичного стресового розладу – пацієнт працює над травматичними спогадами в безпечному середовищі, відпрацьовують навички релаксації.

Проведені дослідження реабілітації пацієнтів з інсультом даними методом. Відмічено, що у пацієнтів збільшився діапазон рухів у суглобах, покращилися когнітивні функції, загальна координація.

Ефективність методу полягає в тому, що цифрова 3D-імітація середовища супроводжується візуальними, тактильними і аудіоефектами. Об'єкти здаються реальними, і тому віртуальна симуляція викликає реакції з боку мозку, поведінкові реакції, які відповідають реакціям в звичайному житті.



Мал. 6 Біоуправління з використанням допоміжної реальності (<https://med-technology.prom.ua/ua/n319875-robotizatsiya-borbe-posledstviyami.html>)

Розглянемо роботу на прикладі реабілітаційного стимулятора VRNOW, який призначений для покращення роботи опорно-рухової системи, нервової системи, подолання больового синдрому (також фантомні болі).

VRNOW (виробник ADVIN, Україна) – інноваційний тренажер у віртуальній реальності, призначений для реабілітації пацієнтів з руховими розладами, больовими синдромами. Апарат забезпечує відновлення амплітуди рухів, відновлення м'язової сили, покращує баланс. У формі гри (гейміфікована форма) допомагає подолати фантомні болі. Віртуальні середовища дозволяють пацієнтам виконувати вправи, спрямовані на зниження больових відчуттів та відновлення фізичних функцій.

Також спеціально розроблені середовища пришвидшують реінтеграцію пацієнтів в суспільство, допомагають краще підготуватися до повсякденного життя.

Проект VRNOW поліпшує якість хворих, поєднуючи фізичні вправи з психологічною підтримкою.

Доповнена реальність

Можливість створення нових зображень з цифрової інформації в реальному фізичному оточенні людини пропонує доповнена реальність.

Такий вид реабілітації покращує сприйняття та взаємодію хворого з навколишнім середовищем. Залучення доповненою реальністю добре впливає на покращення рівноваги, профілактику падінь, підвищення працездатності, зменшення больових відчуттів людини при фантомному болю, покращує рухливість кінцівок у пацієнтів, що перехворіли на інсульт.

Досліджень використання допоміжної реальності в нейрореабілітації – одиниці. Є дані, що у пацієнтів після інсульту доповнена реальність показує добрі результати у покращенні нейропластичності, покращенні якості життя, причому застосування рекомендоване разом з традиційною терапією.

У разі застосування при нейродегенеративних захворюваннях, зокрема хворобі Паркінсона, доповнена реальність надає процесу лікування ігрового, інтегративного характеру, що проявляється зокрема і в контролі постави.

Інтерактивні пристрої BRIOLight

В реабілітаційних центрах, школах, дитячих садка останнім часом почали використовувати інтерактивні підлоги – це інтегрована система проекційного зображення та датчиків, які дозволяють пацієнтам взаємодіяти з зображенням на підлозі. Прилад монтується під стелею. Програмне забезпечення підлоги дає змогу проводити вправи для розвитку уваги, мислення, пам'яті, дрібної моторики та загального розвитку пізнавальних процесів.

Також з'являються на ринку багато різновидів такої продукції – це і інтерактивні комплекси (який може включати декілька пристроїв для корекції та навчання – підлоги, інтерактивна панель, проекційна система візуальної та звукової терапії, обладнання для розвитку великої та дрібної моторики, логопедичне дзеркало та багато інших приладів), сенсорні кімнати (заснована на методиці Монтесорі, кімната має спеціальне обладнання, насичене дидактичними матеріалами для роботи з дітьми; використовується для стимуляції візуальних, аудіальних, тактильних та зорових відчуттів).

Сенсорні кімнати

Організоване приміщення, де за допомогою спеціального обладнання та дидактичних матеріалів впливають на органи чуття – слух, зір, дотик.

Кожна кімната може включати особливі предмети та предмети повсякденного життя, в залежності від того, з якими пацієнтами будуть працювати.

Як правило, це сенсорний стіл, інтерактивна стіна або підлога, мультитач дисплей, контролери розвитку великої та дрібної моторики, система кольорового підсвічування приміщення, пристрій дослідження звуків і музики. Також можуть бути у наявності подушки, пуфи, сухий басейн з м'якими кулями і кубиками, прилад для аромотерапії, музичні системи, масажні крісла та багато іншого.



Мал. 7 Сенсорна кімната (<https://inkluzia.com.ua/temna-sensorna-kimnata-robota-z-pidsvidomistu/>)

Гра в сенсорній кімнаті стимулює психічний, емоційний та інтелектуальний розвиток дитини (дорослого). Отримані результати завдяки впливу на сенсорні системи: м'язове та емоційне розслаблення, корегування рецепторної чутливості, розвиток уважності, творчих здібностей, корекція психічних розладів, координації, стимулювання рухової активності.

Частіше сенсорна кімната застосовується в реабілітації дітей з порушенням опорно-рухового апарату, інтелектуального і психічного розвитку, аутизмі, з розладами мовлення, мислення, зору.

Ще одним видом сенсорної кімнати є релаксаційна «темна кімната», яка дозволяє відновити психоемоційний стан, розслабитися і заспокоїтися пацієнту. Кімната оснащена світловими приладами, проекціями, фібероптичними виробами, засобами затемнення, прилади для відтворення музики, аромотерапію.

В релаксаційній кімнаті терапевт спочатку знайомиться з дитиною або дорослим, знайомить його з оточуючим середовищем, проводить розминку. Потім переходить до активної роботи – проведення корекції виявлених розладів з використанням оточення. Поверхонь можна торкатися, відчувати їх відмінності, до звуків можна прислухатися, з проекцією можна взаємодіяти, запахи можна відчувати, світло можна ловити або віддзеркалювати. Триває

заняття близько 30 хвилин, а кількість занять встановлює фахівець, орієнтуючись на динаміку стану пацієнта.

В релаксаційній кімнаті не рекомендовано займатися з пацієнтами, які мають ознаки інфекційних захворювань, страждають на епілепсію, мають глибокі форми розумової відсталості, та пацієнтам, що приймають психотропні препарати. В дорослій практиці такі релаксаційні кімнати встановлюють в багатьох компаніях для офісних працівників (для позбавлення стресу), в лікувальних закладах та в пологових будинках.

6. BIOFEEDBACK

Біологічно-зворотній зв'язок – ефективний, безпечний, стійкий немедикаментозний засіб розвитку функціональних і адаптаційних можливостей організму. Вікіпедія визначає, що біологічно-зворотній зв'язок (biofeedback) – технологія, що включає в себе комплекс дослідницьких, немедичних, фізіологічних, профілактичних і лікувальних процедур, в ході яких людині за допомогою зовнішнього ланцюга зворотного зв'язку, організованого переважно за допомогою мікропроцесорної або комп'ютерної техніки, пред'являється інформація про стан і зміни тих чи інших власних фізіологічних процесів.

Обґрунтування того, що метод біологічно-зворотного зв'язку так щільно увійшов в методики реабілітації неврологічних хворих полягає в тому, що під час проведення будь-якого лікування з БЗЗ здійснюється моніторинг і свідомий вплив на них за допомогою ігрових, мультимедійних прийомів в заданій області значень.

Біологічно-зворотній зв'язок іноді називають «фізіологічним дзеркалом», тому що при ньому відображаються показники внутрішнього стану пацієнта. При проведенні процедури з БЗЗ реабілітолог може впливати на показники (посилювати або послаблювати), на рівень тонічної активації певної системи (рухова, сенсорна, координаторна, мовна).

Дослідження механізмів регуляції фізіологічних і розвитку патологічних процесів, які стали основою створення методу БЗЗ, почалися ще на початку ХХ століття. Це і роботи У.П. Павлова, У.М. Сеченова (автори теорії умовних рефлексів), пізніше К.М. Биков (теорія кортико-вісцеральних зв'язків), П.К. Анохін (теорія функціональних систем), Н.П. Бехтерева (теорія стійких патологічних станів). Після 1950 року почалося активне вивчення технології БЗЗ. Найбільший вклад зробили N.F. Miller (1963), який дослідив вироблення у тварин умовних рефлексів оперативного типу; М.В. Shterman (1980) опублікував роботу про підвищення порогів судомної готовності після умовно-рефлекторного посилення сенсомоторного ритму в центральній звивині кори тварин і людей; J. Kamiya (1968) довів здатність довільно змінювати параметри ЕЕГ при наявності БЗЗ; на початку 1990 р. Peniston I Kulkosky провели експерименти з лікування алкоголізму, створили протокол лікування, який став класичним, в якому спочатку проводився температурний тренінг, а потім альфа-тета тренінг по ЕЕГ.

Мета і головна задача БЗЗ-технології – навчання саморегуляції. В повсякденному житті людина не отримує точної інформації про стан своїх фізіологічних показників, не знає наскільки спазмовані певні м'язи, який в неї пульс, артеріальний тиск, біопотенціали мозку, температура кінчиків пальців та ін. Більшість функцій організму здійснюються на підкіркових рівнях, без участі свідомості. Такий спосіб функціонування організму є ефективним, але він виключає свідомий вплив на такі показники. Саме це, отримання контролю над деякими функціями, дає біологічно-зворотній зв'язок.

При БЗЗ інформація про показники стану людини збирається, обробляється і повертається до пацієнта так, що він може змінювати її. Створюється «петля зворотного зв'язку». «Петлі зворотного зв'язку» беруть участь в багатьох функціях організму.

Апарати роблять інформацію доступною для людини.

Компоненти БЗЗ:

- людина;
- комп'ютер;
- інтерфейс.



Мал. 8 Методика БЗЗ-тренінгів (<https://vcf.vn.ua/biologichnogo-zvorotnogo-zvyazku-bzz/>)

Пацієнт побачив показники, усвідомив проблему, намагається керувати, тим самим замикає ланцюг біологічно-зворотного зв'язку.

Існує декілька типів біологічно-зворотного зв'язку, які використовуються в неврологічній практиці. Це загальні – частота серцевих скорочень, частота дихання, і специфічні, такі як (типи БЗЗ):

1) Електроміографічний. Електроди фіксуються на тілі людини, посилають імпульси в електроміограф, в якому електричні сигнали організму посилюються і трансформуються в світловий, звуковий сигнали, інтенсивність якого відповідає інтенсивності вхідного сигналу. При стресі виникає реакція «боротьби – уникнення», основний компонент якої – м'язове напруження. В загрозливій ситуації м'язи (певні групи) напружуються і можуть зростати до спазму м'язів. Якщо людина вчасно розслабить м'язи – спазм не виникає, але для такої дії необхідно мати свідомий контроль. Електроміограф дозволяє усвідомити збільшення напруги м'язів і вплинути на їх розслаблення. Тобто, при стресі БЗЗ допомагає викликати більш генералізовану релаксацію, бо впливає на стрес через центральні механізми.

2) Температурний. Периферична температура шкіри показує стан судин (розширення, звуження). Розширення судин – підвищення температури; звуження – зниження. При вимірюванні температури в кінцівках можна визначити ступінь звуження кровоносних судин (регуляція симпатичних відділів вегетативної нервової системи). Обладнання: датчик, обробний

пристрій, дисплей. Такі системи застосовуються за наявності функціональних порушень кровообігу (мігрень, астма, артеріальна гіпертонія, розлади психічних функцій, при стресі).

3) Електрошкірний БЗЗ. Зміни електричних характеристик шкіри є функцією симпатичної нервової системи, пацієнт навчається впливати на активацію симпатичної нервової системи. Такий метод дослідження графічно демонструє лікарю і пацієнту області «збудження», які інтерпретують як «мову тіла».

4) Електроенцефалографічний біологічно-зворотній зв'язок. До наявності різних ритмів і хвиль судять про роботу головного мозку. Так, при безсонні, стресі, тривожності виникають бета-хвилі. Зі станом релаксації, спокоєм, пасивною увагою пов'язують альфа-хвилі. Робляться спроби збільшення альфа-активності для загального розслаблення. Таким чином, головна мета полягає у навчанні збільшувати альфа-активність, знижувати рівень збудження.



Мал. 9 Форми зворотнього зв'язку при БЗЗ-тренінгу (<https://presa.com.ua/psykholohiia/metod-biologichnogo-zvorotnogo-zv-yazku-bos-opis-pokazannya-do-terapiji-perevagi.html>)

Робота БЗЗ-терапевта полягає у визначенні який з наведених показників треба відстежувати для конкретного пацієнта, навчити його користуватися методом.

Що бачить пацієнт? На дисплеї відображаються графічні показники, мультимедійні показники (слайд-шоу, мультики, релаксуючі програми та інше), ігрові програми.

Формами зворотного зв'язку, частіше за все, є візуальні (сад квітів, релакс-ліхтарі тощо) та аудіальні (музика, метроном, звуки тощо). Можливі ще кінестетичні (тактильні), але якісно вони не застосовуються.

7. МЕТОДИ БІОКЕРУВАННЯ З БЗЗ

1) Метод комп'ютерних лікувально-оздоровчих ігор. Це нова гілка біокерування. Сюжет ігор, який керується біологічними показниками регуляторних систем, підтримує гомеостаз, забезпечує механізми життєдіяльності.

Вчені встановили, що найкраще тренують і стимулюють нервову систему шутери і аркади. Такі ігри як казуальні, карткові не впливають позитивно на мозок гравців і не стимулюють когнітивні функції. Комп'ютерна ігротерапія – одна з програм відновного лікування.

В віртуальній ігровій реабілітації використовуються напрямки:

А) Ігрове тренування порушень рівноваги.

Проводиться за допомогою інтернет-систем ігрового тренування рухів. Для занять застосовують балансуєчі платформи, апарати з функцією біологічно-зворотного зв'язку. Пацієнт стоячи або сидячи на платформі, виконує вправи для покращення або розвитку рівноваги та одночасно нахиляючись в різні боки, керує діями персоналу спеціалізованої комп'ютерної гри.

Б) Ігрове тренування кисті. Застосовують два види ігор: спеціально розроблені ігри з використанням сенсору рухів та ігри з використанням ігрових приставок з пультом. Такі ігри призначають людям з руховими розладами в верхніх кінцівках внаслідок травм, інсультів, запальних захворювань ЦНС, ДЦП. Ігри спрямовані на збільшення швидкості, точності, амплітуди рухів руки і кисті.

Ігри з використанням сенсору рухів Kinetict. Сенсор фіксує положення і рухи тіла гравця чи окремих його частин. Дані проєктуються на сюжет і персонажі гри, пацієнт грає, керуючи сюжетом за допомогою рухів свого тіла. Ігри, завдяки можливостям індивідуального налаштування, можна використовувати у пацієнтів з ураженням рухів різної важкості. Всі ігри мають декілька режимів швидкості, можна змінювати час гри, складність і кількість ігрових об'єктів, наявність перешкод. Ігри можуть бути спрямовані на руховий дефіцит верхніх кінцівок (боулінг, теніс, гольф, велосипед): розвивають точність, швидкість, координацію.

Для формування якісної ходи, удосконалення крокових рухів використовують спеціальні ігри з використанням килимка та ігри на балансуєчих дошках або платформах. Спеціальні ігри, які використовують танцювальні килимки – «Зоряні війни», «Жовта субмарина», «Прості фігури», «Транспорт», «Злови метелика» та багато інших – для керування грою пацієнт здійснює кроки ногою в різні боки. Ігри допомагають удосконалити крокові рухи, рівновагу, швидкість рухових реакцій, когнітивні здібності. Ці здібності можна вдосконалити при іграх з використанням балансувальних дошок, платформ.

2) Метод біокерованої магнітотерапії. Апарат дозволяє автоматично змінювати параметри впливання магнітних полів в залежності від електричних характеристик тканин організму пацієнта.

3) Томатіс-терапія.

4) Мультисенсорна сенсомоторна корекція.

5) Квантова терапія і біоуправління. Виключена можливість передозування інтенсивності навантаження, побічні ефекти теж неможливі, оскільки автоматично визначається початковий стан і індивідуальні зміни показників.

Для пояснення роботи з пацієнтами наводимо приклад. Пацієнт з парезом нижньої кінцівки після перенесеного ішемічного інсульту в кірковій частині правої гемісфери. Ми обстежуємо пацієнта, встановлюємо м'язи, в яких високий тонус, встановлюємо на них електроміографічний датчик і пропонуємо йому пограти в гру: розслаблюємо м'язи, і квітка на дисплеї комп'ютера розкривається. Людина починає гру і крім м'яза залучає в роботу свій мозок. Електричний сигнал починає бігти по нервах конкретного м'яза (пацієнт напружує і розслаблює м'яз). Якщо пацієнт не розслаблює м'язи – квітка закривається, і пацієнт змушений постійно генерувати імпульс. В мозку (за рахунок нейропластичності) завдяки таким тренуванням відростки нейронів починають рости, розгалужуватися, збільшується утворення ацетілхоліну, нервові клітини починають відновлення, що призводить до відновлення втрачених функцій.

Біокерування в нейрореабілітації дозволяє пацієнту оволодіти навичками контролю над функціями, підвищити мотивацію до лікування; активізувати ресурси організму і підвищити стресостійкість людини. Це дозволить скоротити термін лікування та відновлення функцій.

В неврологічній практиці використання апаратів з БЗЗ дозволяє впливати на м'язовий тонус, розлади рівноваги, координації, відновлення рухових та сенсорних функцій, впливати на вегетативну нервову систему – зниження симпатикотонії, підвищення активності парасимпатичної, в результаті знижується напруження, тривога, підвищується самоконтроль, віра у власні можливості, знижується агресія, тривога, напруження, покращуються когнітивні функції.

Переваги методик з біологічно-зворотним зв'язком:

- швидка корекція наявних психосоматичних розладів;
- можливість усунення причини захворювання;
- тривалість навичок саморегуляції;
- відсутність побічних ефектів;
- зниження потреби в лікарських препаратах;
- вплив на необхідні види дисфункцій;
- відсутність зовнішнього впливу під час тренінгу;
- індивідуальний підбір методик впливу;
- пацієнт активно залучається до терапії.

В неврологічній практиці використовується активний та релаксаційний тренінг. Курс становить від 8 до 30 сеансів по 30-60 хвилин, 2-5 разів на тиждень.

Протипоказання для застосування методу.

1. Гострі психози.
2. Фотосенситивна епілепсія.
3. Гострі інфекційні захворювання.
4. Загострення хронічної патології (декомпенсація), що супроводжується вираженими розладами функцій, роботи органів, систем.

Складно сказати, при яких захворюваннях нервової системи не використовується БЗЗ, але все ж таки виділяють ті, що найчастіше зустрічаються:

- синдром вегетативної дисфункції;
- хронічні больові синдроми;
- парези, порушення ходи, порушення тону м'язів після травм і захворювань нервової системи;
- мігрень, головний біль напруги;
- порушення рівноваги, координації після ураження нервової системи;
- сколіози;
- когнітивні порушення.

Вибір параметрів для навчання свідомому управлінню визначається лікарем або психологом. Такий вибір призначений для втручання в патологічні механізми регуляції, або в ті, що проведені в механізмі захворювання.

8. СИНХРОННІ ІНТЕРАКТИВНІ СИСТЕМИ РОБОТИЗОВАНА РЕАБІЛІТАЦІЙНА ТЕРАПІЯ

Вчені вже давно довели існування резервних клітин в мозку та наявність процесу неогенезу нервових клітин протягом життя людини. Змусити їх працювати, переформувати можна за допомогою сучасних реабілітаційних програм. Комплексна програма реабілітації передбачає включення пацієнта одразу після травми або діагностування захворювання.

Включення роботизованої реабілітації до цього процесу є важливим підходом, який підвищить ефективність лікування за рахунок включення новітніх методів лікування та сучасні технології. Використання регульованих та програмованих реабілітаційних роботів дозволяє розробляти індивідуальні програми терапії кожного хворого.

Факт, що рухи тіла пацієнта до візуальної мети, створеної в віртуальному середовищі, видно хворому, що забезпечує тільки чутливий зворотний зв'язок, тим самим прискорює навчання мозку руху. Пацієнт більш активно залучається до фізичної та розумової діяльності під час роботи в роботизованій системі, підтримується мотивація, бажання брати участь в лікуванні завдяки впровадженню нових графічних інтерфейсів, складніших завдань з когнітивної точки зору.

Роботизована реабілітація включає програми роботизованого тренування ходьби, кистей рук, роботизоване тренування рівноваги та координації, працетерапію, мовну та ковтальну терапію, аналіз та оцінку відновлення ходи, спастичності.

Розберемо роботизовану реабілітацію найбільш поширених неврологічних порушень.

Навчання ходьбі

В разі виражених парезів нижніх (нижньої) кінцівок фізіологічне тренування ходьби проводять за допомогою системи підтримки ваги тіла та ортезів.

Роботизована система для відновлення ходьби поєднує технології та віртуальну реальність. Система піднімає пацієнта, а потім роботизовані ноги приводять пацієнта в рух за допомогою двигуна. Пацієнт робить стільки зусиль, скільки може, а робот завершує те, що не може пацієнт. Датчики, що встановлені на паралізованих кінцівках, оцінюють зусилля пацієнтів і відображають на моніторі реакцію тіла на конкретні рухи. Гейміфікація використовується для більш активної участі та мотивації хворого під час лікування. Представлені в системах комп'ютерні ігри, в яких використовують певні рухи, допомагають пацієнту зосередитися тобто стимулюється мозкова діяльність.

В пасивному режимі система контролює положення платформи, швидкість та взаємодію з пацієнтом.

В активному – чинить легкий опір руху пацієнта і може бути використана для силових тренувань, вправ на рівновагу. В допоміжному режимі пристрій завершує вправу, які не зміг зробити пацієнт самостійно.

В реабілітаційній практиці також застосовують роботи-тренажери для рук, переважно рукавички-тренажери. Такі пристрої згинають та розгинають пальці рук. Рукавички можуть мати різні розміри, включаючи дитячі. Можна змінювати інтенсивність, швидкість вправ, кількість пальців, що приймають участь в русі. Тренувати можна обидві руки і кожен окремо.

Такі пристрої ефективні для пацієнтів після інсультів, черепно-мозкових травм, дитячих церебральних паралічів, з тунельними синдромами, невropатіями, для реабілітації після травм верхньої кінцівки.

Терапія проводиться наступним чином: одягають тренувальні рукавички, вставляють шланг в системний блок, натискають кнопку включення. Системний блок повинен бути підключений до електромережі. Потім по шлангу до рукавички подається повітря, це змушує пальці стискатися і згинатися; потім повітря відкачують – пальці розтискаються. На кожному пальці рукавички є тумблер, за допомогою якого можна перекривати подачу повітря. Існує режим тренування з дзеркальною рукавичкою, яку одягають на здорову руку, а тренувальну – на руку, яка погано працює.

В разі значного обмеження рухів руки використовують роботизовані маніпулятори, керовані пацієнтом.

Якщо у пацієнта зберігаються мінімальні довільні рухи, досить розвантажити власну вагу кінцівки (ефект невагомості) для активного використання в повному обсязі.

Роботизовані системи стають більш компактними та економічно доступними, що дозволяє використовувати їх в домашніх умовах, а це значно прискорює відновлення рухової функції руки пацієнтів.

Розглянемо роботу роботизованих систем на прикладі комплексів серії Armeo (Носота, Швейцарія), які найбільше застосовуються в реабілітаційних центрах України. Основа Armeo Spring – ергономічний екзоскелет руки, в який вбудовані пружини. Апарат охоплює всю руку, компенсує частину ваги руки, посилює нейром'язовий контроль, залишкову функцію, підтримує активний рух руки в усіх площинах. Рукоятка є пристроєм для вправ й інтерфейсом для програмного забезпечення і комп'ютерних ігор.

Ергономічний екзоскелет руки дозволяє пацієнту згинати/розгинати кисть, виконувати пронацію/супінацію передпліччя, згинання/розгинання ліктя та ін. Робота на комплексі сприяє власним активним рухам пацієнта, які він бачить на екрані комп'ютера і може тренуватися самостійно із зображенням виконання.

При більшості захворювань та уражень центральної нервової системи (інсульт, ЧМТ, розсіяний склероз, хвороба Паркінсона тощо) мають залишкову нейром'язову функцію верхньої кінцівки. Але повністю відновити втрачену функцію заважають м'язова слабкість і власна вага кінцівки.

Комплекси, подібні до Armeo Spring, компенсують вагу кінцівки та дають змогу виконувати завдання в режимі 3D-стимуляції реальних життєвих ситуацій. Наявність в комплексах програмного забезпечення, відео вправ, відеоігор мотивують пацієнта і допомагають значно розширити доступний об'єм рухів. Комплекс легко налаштовується на можливості конкретного пацієнта (різний вік, зріст, вага, сторона геміпарезу), що дає змогу слідкувати за регресом симптоматики, підбирати доступні за складністю завдання і виконувати тренувальні завдання без допомоги асистента.

На базі комплексу Armeo Spring (діти з руховим дефіцитом верхніх кінцівок, кисті); Armeo Power (для хворих з гострими руховими порушеннями, за відсутності активності в м'язах верхніх кінцівок у дорослих); Armeo Boom (легкий, компактний, може швидко встановлюватися та трансформуватися); Manovo Spring (протидія високому тону м'язів-згиначів зі слабкістю м'язів-розгиначів).

До більш простих до доступних відносять систему PABLO. Компоненти системи: сенсорна рукоятка, сенсори руху, мультим'яч, мультиплатформа. Система дозволяє вимірювати силу захвату та розтискання для різних пар пальців, проводити оцінку об'єму рухів.

Система PABLO компактна та мобільна, забезпечує вплив на функціональність та рівень активності. Повсякденні навички на системі PABLO легко змінюються в терапевтичні вправи з високим рівнем повторювань; також доступна велика кількість терапевтичних ігор з переходом потім на реальні об'єкти.

Програмне забезпечення TYROS включає оцінювання показників сили функції руки та активного об'єму рухів верхньої кінцівки, включаючи вимірювання з патологічного вихідного положення.

Система дозволяє вимірювання різних варіантів схоплення, їх сили; сенсорні системи, що вмонтовані, вимірюють силу згинання і розгинання руки, зап'ястка, прикладної пронації і супінації зап'ястка; можливість вимірювання кожного руху тіла пацієнта.

Пристрій HUNOVA – ще одна роботизована система для реабілітації. Він дозволяє мобілізаційні (пасивні) та активні (з навантаженням та пропріоцептивні) вправи. Проводять вимірювання за допомогою датчиків, після чого, оцінивши результати вимірювань, проводять налаштування системи. Пристрій складається з двох електромеханічних платформ з двома сходинками свободи (на рівні ступні і на рівні сидіння). Робота пристрою може здійснюватися в активному, пасивному та допоміжному режимі.

Апаратні комплекси, що розглядалися вище, можна віднести до технологій, які можна носити з собою. Це пристрої, які носяться на тілі і контролюють, відстежують, покращують різні види здоров'я. Такі пристрої досить гнучкі, легкі, зручні, мають способи надавання зворотного зв'язку. Від зручності пристрою та довіри до професійної компетентності реабілітолога залежить використання таких технологій.

Зазвичай пристрої, що носять з собою, включають: сучасні датчики (акселерометри, натільні датчики, пов'язки на голову для моніторингу мозкової активності, монітори пози), розумний одяг (рукавички для відновлення верхніх кінцівок).

Пристрої, що носяться, частіше відносяться до електричних технологій. До варіантів використання технологій, що носяться, відносяться три:

1. прогнозування майбутніх подій;
2. знаходження аномальних, критичних подій;
3. діагностичний моніторинг, який покращує процес корекції лікування.

Найпоширеніші сучасні технології, що носяться, – це віртуальна реальність, трекери активності та функціональна електростимуляція. Більшість систем використовуються для моніторингу і не є мережевими, не призначені для постійного моніторингу – це питання майбутнього.

Акселерометри та інерційні вимірювальні блоки є найбільш поширеними датчиками, які вимірюють показники відновлення рухів, переважно верхньої кінцівки (найбільша кількість наукових публікацій). Все частіше такі системи стають інтерактивними, забезпечують більш ніж базовий зворотній зв'язок, що покращує процес реабілітації. З'являються поодинокі системи, які можна використовувати вдома, включаючи датчики тіла, розумний одяг, камери відеоспостереження.

Розумний одяг можна вважати окремою системою, що носить, тому що вона легко інтегрується в повсякденне життя як частина одягу (взуття). Це рукавички (про які вже йшла мова), що підтверджується науковими дослідженнями.

Камери, що носяться на тілі пацієнта, були розроблені для навчання лікарів, проведення консультацій онлайн.

Новітні технології, такі як віртуальна реальність, штучний інтелект, комп'ютерний зір покращують можливості відеокамер, розширюють їх варіанти використання.

Останнім часом публікується велика кількість робіт, де показана більша результативність реабілітації з використанням комбінації сенсорних технологій та віртуальної реальності, інтерактивних ігор. Наприклад, розроблена гра доповненої реальності для нейрореабілітації дітей з ДЦП в домашніх умовах. В таких випадках поєднуються електроди електроміографії та акселерометри в пов'язці для надання даних.

Класифікатор визначає чи досягнута цільова нейромоторна активність верхньої кінцівки, пацієнт рухає віртуальний предмет за допомогою передбачених рухів руки.

Такі системи мають досить великі переваги у застосування, але поки що мають нетривалий час зберігання даних, що є підставою для подальшого удосконалення техніки.

Функціональна електростимуляція

Традиційно, довгий час використовувалися нейром'язові електростимулятори для стимуляції рухових функцій верхніх та нижніх кінцівок. Це були стимулятори на батарейках, поєднані з дротами з електродами-стимуляторами та провідним зовнішнім тригером для синхронізації скорочування м'яза з функціональною активністю. Зараз активно розробляються системи з бездротовою стимуляцією. Такі системи контролюються та керуються пацієнтом самостійно, їх дуже зручно носити під одягом вдома та під час роботи.

Сучасні тенденції відновлення рухів включають застосування інтерактивних алгоритмів, управління замкнутим контуром бажаного рівня електрично індукованого скорочення цільових м'язів.

Такий підхід дозволить пацієнту використовувати внутрішню систему сенсомоторного контролю і тільки додавати функціональну електростимуляцію для завершення руху, якого не вдалося досягнути внутрішньому контролю. Дані про виконання рухів зберігаються деякий час в пристрої. Розширення використання в домашніх умовах потребує нових можливостей зберігання інформації, яка вкрай необхідна лікарям для підтвердження клінічного відновлення або регресу симптоматики.

Використання технологій, що можна носити з собою, в неврології може широко використовуватися у людей з інсультом, при лікуванні нейропатії лицьового нерву, інших мононевропатій та в реабілітації осіб похилого віку для профілактики падінь, відновлення після захворювань.

Теорія рухового навчання побудована на моделі рухового контролю, на основі якої розроблені методи кінезотерапії – цілеспрямоване рухове навчання. Метод передбачає не відновлення окремих рухів руки, а орієнтований на виконання і відновлення певного рухового завдання.

Такі методики, як наприклад, форсоване тренування, можна застосовувати лише у пацієнтів з помірними та легкими порушенням рухів. В разі грубих порушень широко використовується механотерапевтичні та роботизовані засоби. Виконання цілеспрямованого рухового навчання вимагає від технічних засобів максимальної відповідності анатомічним та біомеханічним особливостям верхніх кінцівок. Так виникла необхідність створення приладів з екзоскелетною конструкцією, в тому числі з інтегрованою функціональною електростимуляцією.

В основі рухів руки лежать шість видів захвату – гачковий, міжпальцевий, площинний, щипковий, циліндричний, кульовий. Точність таких рухів залежить не тільки від роботи кисті, а й функцій плеча, передпліччя, надпліччя.

Тренажери і роботизовані засоби для тренування дрібної моторики кисті мають вигляд екзоскелета з електроприводами для кожного пальця (або пневмоприводами).

Останнім часом все більше поширюються апарати нового типу технологій – роботи-асистенти. Вони не призначені для відновлення функцій, їх завдання – забезпечення допомоги пацієнтові для правильного виконання завдання.

Нейропластичність – здатність неушкоджених клітин з'єднуватися та відновлювати інформаційну передачу між ЦНС та периферичною нервовою системою, за рахунок чого відновлюються певні функції.

Професор Беренштейн Н. (2012) навів дані, що для відновлення руху треба повторювати цей рух 400 разів на день. Такий рух є програмою дій певних стимулів на уражену зону головного мозку – це багаторазово повторювані функціональні рухи, що виконуються в певному порядку з високою точністю.

Тренажер виконує 300-500 високоточних повторювань на годину, створює оптимальні умови для відновлення функцій верхньої кінцівки за більш короткий час у порівнянні зі звичайним ЛФК. Заняття проводять не менш ніж 2-3 рази на тиждень по годині.

Особливість відновлення функцій верхньої кінцівки полягає в тому, що рука і особливо кисть є найбільш розвиненим органом, що являє собою складний кінематичний ланцюг і має багато суглобів. Найбільш рухливий суглоб верхньої кінцівки – плечовий, він здійснює рухи в трьох площинах і відносно трьох основних осей. В його функції входять елементи самообслуговування, захвату, дотягування до візуальних предметів, надання кисті положення, оптимального для захвату. Ліктьовий суглоб виконує функції згинання, розгинання, пронації та супінації, забезпечує зв'язок між плечем та передпліччям, полегшує рухи кисті.

РЕАБІЛІТАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РУХІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

Останнім часом в реабілітації актуальним є проблема підвищення ефективності нейрореабілітації верхніх кінцівок. Широко застосовуються новітні засоби роботизованої механотерапії. Роботизовані конструкції для тренування верхньої кінцівки із наявністю біологічно-зворотного зв'язку забезпечує пасивну розробку верхніх кінцівок пацієнтів при відновленні рухливості і максимального відновлення оптимального діапазону рухів кінцівки.



Мал.10 Роботизована система для відновлення функції верхньої кінцівки (<https://ekopel.com.ua/product/robotyzovana-systema-dlya-vidnovlennya-funkczij-kysti-syrebo/>)

Основними засобами фізичної реабілітації в наших центрах є механотерапія на базі мікропроцесорних СРМ-тренажерів різних типів – Opti-Flex, Fisiotek, Artromot, Kinetic, Opthomotion, Armeo, DIEGO, PABLO, GLORENA ARIA, ERGO, HUNOVA та інші.

Перевагами роботизованих систем є досягнення найкращої якості тренувань у порівнянні з традиційною ЛФК, що забезпечується більшою тривалістю занять, точністю циклічних багаторазово повторювальних рухів, рівномірною програмою тренувань, наявністю механізму оцінки ефективності занять, можливістю демонстрації пацієнту його тренування.

Роботизовані комплекси для відновлення функції верхньої кінцівки (кисті, пальців, передпліччя, плеча) застосовують при травмах та захворюваннях нервової системи. Функціонування таких систем полягає в техніці зворотного навчання рухів рук. В разі ушкодження нервової тканини клітини її гинуть і припиняється передача нервових імпульсів, але механізм нейропластичності дає змогу мозку адаптуватися до патологічної ситуації, що виникла.

LOCOMAT-терапія

Велика кількість захворювань нервової системи та її травм супроводжується розвитком моторних порушень, що є основною задачею роботи реабілітолога.

Сучасним напрямком моторної реабілітації є метод зовнішньої реконструкції ходьби, в якому широко застосовуються роботизовані системи, які мають можливості оперативного моделювання в реальному часі безпосередньої участі хворого в руховому акті. Згідно з науковими дослідженнями, це забезпечують механізми нейропластичності. В активізації

даного механізму основна роль належить аферентації, що виникає в нижніх кінцівках при цілеспрямованому інтенсивному тренуванні (в роботизованій системі), активує пластичні процеси в супраспінальних моторних центрах, що контролюють локомоції.

Однією з найбільш ефективних систем для тренування ходьби є система LOCOMAT, яка включає бігову доріжку, систему розвантаження маси тіла та інтегровані в зовнішні ортези двигуни, які забезпечують рух в нижніх кінцівках; комп'ютер з монітором зворотного зв'язку для контролю за рухами хворого, паралельні бруси.

Рухи в ногах хворого забезпечуються повторенням патерну ходьби по траєкторії, яка заздалегідь запрограмована.

Спочатку робот забезпечує пасивні рухи в ногах, імітуючи кроки, а у міру відновлення рухів в ногах – його активну участь в відновленні локомоції.

Система забезпечує високу інтенсивність тренувань та повторень рухів ходьби – головних принципів навчання ходьби.

Спінальні, травмовані хворі переводяться з інвалідного візка на бігову доріжку і закріплюються в системі фіксаторами. Швидкість руху доріжки – від 0 та 10 км/год, а спеціальні механізми задають ногам хворого траєкторію руху, близьку до фізіологічної.

Підвісна система забезпечує рівномірне навантаження маси тіла хворого, сприяє виникненню умов для ведення фізіологічної ходьби і оптимальної сенсорної стимуляції.

Роботизовані ортези ведуть ноги хворого по біговій доріжці, що дозволяє розширити терапевтичні можливості.

В системі LOCOMAT легко аналізувати і координувати рухову активність пацієнта. Індивідуально підбираються спротив руху та взірць ходьби пацієнта. Наявність інтегрованої системи біологічного зворотного зв'язку, яка забезпечує моніторинг ходи, а на зовнішньому моніторі в реальному часі візуально відображається траєкторія рухів нижніх кінцівок, кількість помилок, що перевищує мотивацію хворого, стимулює його на активну участь в процесі тренування. Існуючі інструменти оцінки параметрів локомоції дозволяють легко відслідковувати динаміку прогресу відновлення ходьби з його наступним відтворенням. При необхідності здійснюють переключання з автоматизованої на мануальну терапію.

Програмне забезпечення системи в умовах реального часу проводить оцінку стану пацієнта і за допомогою датчиків вимірює активні рухи нижніх кінцівок, пристосовує інтенсивність механічної допомоги рухам кожної кінцівки, механічний спротив в кожному суглобі, вимірює ригідність кульшового та колінного суглобів. Під час руху за заданою траєкторією вимірює ізометричну силу хворого в статичному положенні, об'єм рухів суглобів в пасивному становищі без допомоги двигунів системи. Ведеться запис даних про ходьбу в цілому та кожного кроку, записи зберігаються в системі для аналізу та документації.

Програма з допоміжним контролем сили дає можливість постійної її регуляції (повна допомога – вільні кроки з супротивом). Параметри тренувальної програми можуть бути запрограмовані.

Програма користувача включає в себе контроль положення хворого за рахунок параметрів – швидкість бігової доріжки, коефіцієнт довжини ніг, регулювання параметрів відновлення навичок ходьби, ступінь підтримки електроприводів, постійний моніторинг помилок.

Робот, активуючи мозок, стимулює відновлення клітин та приєднання «неактивних» клітин до виконання рухів.

Роботи для тренування ходи та рівноваги

Для відновлення та покращення таких функцій потребує наявність бігової доріжки з системою підтримки тіла, аудіовізуальний зворотній зв'язок, що імітує труднощі повсякденного життя у віртуальній реальності, рухливі платформи.



Мал .11 Роботизована система для відновлення функції ходи (<https://ekopel.com.ua/product/robotyzovana-systema-dlya-hodby-geo-system/>)

Спочатку оцінюють ступінь розладів рівноваги, потім проводяться заняття з формування симетричного патерну ходьби, що посилює механізм візуального зворотного зв'язку.

Робот для відновлення рухових функцій верхніх кінцівок

Сприяє відновленню рухових функцій в руці, передпліччі, зап'ястку при центральних та периферичних парезах. Це екзоскелет, який підтримує руку за рахунок зменшення її ваги, посилює рух руки в тривимірному

просторі. При цьому активізується сила в руці, діапазон рухів, функцій, координації.

Заняття проводять з застосунками віртуальної реальності.

Підключати роботизовані системи до реабілітації можна на будь-якому етапі, але чим раніше початок, тим краще результат. При різних захворюваннях – це різний час початку. Так, наприклад, після розвитку крововиливу в мозок – через 2-3 тижні, при травмах спинного мозку – після стабілізації операційної зони; при розсіяному склерозі, хворобі Паркінсона, м'язових захворюваннях – при погіршенні функцій, які забезпечують повсякденне життя.

9. ПІДВІСНА ТЕРАПІЯ

Підвісна терапія – це система навантаження опорно-рухового апарату в стані невагомості, яка дозволяє збільшити силу м'язів, відновити тонус, амплітуду рухів, покращити баланс та координацію рухів.

Найпоширеніший комплекс – реабілітаційна клітка з підвісами, що використовується в реабілітації пацієнтів з наслідками травм і захворювань нервової системи.

Під час такого відновлювального лікування стимулюються рецептори м'язів, за рахунок чого посилюється імпульсація в кору головного мозка.

В підвісних системах можна застосовувати повне або часткове підвішування пацієнта.

Підвісна реабілітаційна система використовується при:

- ДЦП;
- вроджених/спадкових нервово-м'язових захворюваннях;
- перенесених інсультах;
- наслідках ЧМТ;
- наслідках спортивних травм.

Проведений курс реабілітації в підвісних системах дозволить пацієнту відновити навички руху, краще контролювати положення тіла, збільшити обсяг рухів, розвинути вестибулярний апарат, поліпшити рівновагу та координацію.



Мал. 12 Підвісна терапія (<https://awatage.cv.ua/treatment/podvesnaya-terapiya>)

Не рекомендовано проводити заняття в підвісних системах пацієнтам з важкими розладами психічних функцій та пацієнтам, захворювання яких супроводжується частими судочками.

Останнім часом підвісні системи використовуються як для відновлення функцій, так і в тренувальному процесі. Підвісна, або слінг-терапія, – це метод фізичної реабілітації, що реалізується завдяки підвішуванню всього тіла пацієнта або кінцівок за допомогою підвісів. Завдяки саме підвісам забезпечується відсутність осьового навантаження на суглоби та підтримку тіла під час виконання вправ.

Підвіс є нестабільною опорою для тіла людини в горизонтальній площині. Така опора активізує координацію рухів, сприяє якісному відновленню рівноваги за рахунок усунення дисбалансу між правою та лівою частинами тіла та в антагоністах. Вправи, які виконуються в підвісних системах, в більшості призводять до стабілізації хребта за рахунок активації м'язів, в першу чергу, поперечного м'язу живота.

При вправах на підвісних системах є можливість виключити з рухового акту сильні м'язи та включити в роботу тільки ті м'язи або м'язові групи, які потребують тренування. Крім того є можливість створювати нові, більш ефективні патерни рухів.

Для ефективної роботи в підвісних системах необхідно в першу чергу провести діагностику та виявити слабкі ланки в м'язово-скелетній системі, а потім цілеспрямовано усунути знайдену проблему шляхом тренування.

Розглянемо найбільш поширені підвісні системи, які використовуються в Україні.

Підвісна система FISIO

Система призначена для включення в реабілітаційну програму пацієнтів з інсультами, ДЦП, після травм та захворювань спинного мозку, пацієнтам з болем та обмеженням рухів в хребті та суглобах.

Система має декілька манжет (для тазу, грудного відділу хребта, стоп, під голову) та 6 строп з фіксаторами.

В системі можна провести діагностику функціонального стану м'язово-фасціальних ланцюгів, після чого скласти та реалізувати програму лікування. Виконання вправ в системі дозволить підібрати оптимальне навантаження, що в результаті допоможе відновити нервово-м'язовий контроль, усунути біомеханічні порушення, сформувати правильні рухові стереотипи пацієнтам з декомпенсованими станами з боку внутрішніх органів. Відносними протипоказаннями вважають остеопороз та механічні травми.

Підвісна система «Павук»

Розроблена для пацієнтів з проблемами вертикалізації. Може застосовуватися як для повної підтримки тіла при вертикалізації, так і частково – підтримки окремих частин тіла. При проведенні реабілітації на цій конструкції можна розвантажити м'язи, а за необхідності сильно навантажити їх.

Система для активної реабілітації LUNA

Призначена для підйому, переміщення пацієнтів, їх підтримки при тренуванні ходи. Система має конструкцію, захищену від вологи, тому може використовуватися для гідрокінезіотерапії. Широке поширення набула система у використанні у поєднанні з біговою доріжкою, брусами.

Функції системи:

- підйом і переміщення пацієнта з ліжка;
- переміщення для гігієнічних процедур;
- підтримка під час тренування ходи.

Крім підвісних систем відтворити стан невагомості можна в **імерсійних ваннах**. Ця технологія, яка передбачає сухі і водні варіанти. Такий метод реабілітації забезпечує вплив води/повітря на виникнення стану невагомості. Заняття дозволяють знизити загальне та локальне напруження м'язів, значно покращити кровообіг.

Ми знаємо, що часто больовий синдром заважає проведенню лікувальної гімнастики, а застосування підвісних систем дозволяють уникнути болю під час виконання вправ. Таким чином підвісна терапія є комфортною для пацієнта.

Використання підвісних систем показано для діагностики слабких м'язів, корекції асиметрії м'язів, покращення координації рухів і в тих випадках, коли фізичні вправи в звичайних умовах ЛФК викликають больові відчуття. Використанні підвісних систем можливе в стаціонарі і в амбулаторних умовах, а також для самостійної роботи в домашніх умовах.

Клінічні дослідження показали ефективність методу підвісної терапії при болю в нижній частині спини, наслідках спортивних травм, травмах суглобів, фіброміалгіях, хронічному м'язово-скелетному болю, в разі наявності нестабільності в шийному відділі хребта, плечового поясу, лікуванні дітей з ДЦП.

Ще один напрямок роботи з хворими в підвісних системах – це люди, у яких після неврологічного захворювання спостерігаються розлади ходи та рівноваги. Як правило, такі пацієнти мають значне зниження м'язової сили, і їм треба надавати підтримку при виконанні вправ, а також забезпечити безпеку під час тренування. Підвісні системи здатні повністю задовольнити такі вимоги.

Основне вихідне положення для таких пацієнтів – лежачи.

10. NEURAC -ТЕРАПІЯ

Neuromuscular Activation базується на відновленні правильних моторних програм шляхом інтенсивної стимуляції нервової системи. Здійснюється на підвісній системі Redcord з використанням біологічно-зворотного зв'язку. Терапія за допомогою підвісних технологій, що пов'язана з виробленням нервовою системою правильних моторних стереотипів, заснована на припущенні, що дисфункція ланок опорно-рухового апарату, викликана ушкодженням дії механізмів, які поєднують роботу локальних та глобальних м'язових груп.

В основі обґрунтування впливу даної терапії лежить властивість нейропластичності мозку – здатності нейронів і нейронних мереж змінювати зв'язок і поведінку, відповідаючи на зміну оточуючого середовища, фізичну роботу, сенсорну стимуляцію.

Функція стабілізуючих м'язів часто порушується болем або порушенням нервової стимуляції, що не тільки порушує рухові функції, а й призводить до послаблення м'язової сили та функціональних порушень в роботі нервової системи. Незважаючи на усунення болю медикаментозними препаратами, моторні програми, закодовані в нервовій системі, і далі будуть сигналізувати про порушення, що обов'язково приведе до хронічної дисфункції та виникнення болю пізніше.

Система Neuras має своєю метою відновлення моторних програм завдяки інтенсивної стимуляції ланок нервової системи. Для здійснення цієї мети необхідно, щоб вправи виконувалися в умовах відсутності болю.



Мал. 13 NEURAC-терапія (<https://awatage.cv.ua/treatment/podvesnaya-terapiya>)

Один з головних елементів терапії Neuras є вправи в замкнених кінематичних ланцюгах, що дозволяє зменшити зсувні сили, які можуть привести до пошкоджень пасивних стабілізуючих елементів і активізують велику кількість моторних одиниць. Такий підхід обґрунтовується підвищеною стимуляцією нервової системи. Підбір вправ виконується на підставі так званих сходів прогресій.

Сходи прогресій – поступове ускладнення певної вправи. Перехід до більш складної сходинки прогресії можливий лише в тому випадку, якщо вправи нижньої сходинки виконуються абсолютно правильно і не викликають жодних больових відчуттів. Для посилення стимуляції під час виконання вправ використовується вібрація.

Redcord-терапія є нестабільна основа. Такий фактор впливає на ступінь складності вправ і на вироблення у хворого правильної рефлекторної нервово-м'язової діяльності.

Методика Neuras ґрунтується на двох способах дії: тривале підтримування напруги і велике навантаження. Перший спосіб дії впливає на локальні м'язи шийного та поперекового відділів хребта. В разі підтримування напруги понад 2 хвилини не виникає болю або дискомфорту, можна переходити до іншого способу дії – активація локальних стабілізуючих м'язів поєднується з активацією глобальних м'язів. При цьому важливо збільшити кількість повторень до 4-6 зі значним навантаженням нервової системи, що досягається як роботою великої кількості м'язових груп, так і вібрацією.

Система Neuras має характерну діагностичну панель і суворо певні вектори лікувальної процедури.

В неврології систему Neuras використовують в лікуванні пацієнтів з гострим та хронічним болем в спині, з нестабільністю шийного та поперекового відділів хребта, у пацієнтів з хронічним болем в плечовому суглобі, у пацієнтів з порушеннями балансу і пропріоцепції на функціональному етапі реабілітації, пацієнтам після перенесеного гострого порушення мозкового кровообігу, спортсменам для відновлення належного функціонування м'язово-фасціальних біомеханічних ланцюгів (Донсебаєва М.Ю., 2015).

Також методика Neuras дуже широко використовується у пацієнтів з остеохондрозом хребта (дорсалгія), при сколіозі, кіфозі, порушенні постави, грижах міжхребцевих дисків з рефлекторно-м'язовими синдромами.

Процес терапії Neuras починається з того, що фахівець знайомиться зі скаргами пацієнта, анамнезу його захворювання; перевіряє функціональні можливості і визначає дисбаланс м'язів та слабкі м'язи за допомогою спеціальних тестів Neuras.

Далі складається терапевтична програма вправ для корекції слабких м'язів і їх дисбалансів.

Після проходження курсу лікування підбирається індивідуальна програма корегуючих вправ, що забезпечує підтримку результатів лікування.

Повний курс лікування складається з 10-15 сеансів, які зазвичай проводять 2 рази на тиждень. При необхідності курси можна повторювати.

В 2021 році в статті Ротарь Я.Ф. та Зендик О.В. було показано, що при радікулопатіях вправи за методикою Neuras на апараті Redcord були більш ефективними у порівнянні з іншими методиками кінезіотерапії. Зокрема в статті доведена необхідність раннього включення методики в реабілітаційний процес.

Метод Неугас поєднує вправи з підвішуванням за допомогою бандажів в різних положеннях (підвішування лежачи на спині, животі, боці; часткове підвішування сидячи, стоячи на колінах і стоячи, щоб впливати на нервово-м'язову стимуляцію). Такі компоненти забезпечують пацієнтові збільшення сили та стабільність постуральних м'язів, а це створення стабільної основи для руху.

Неугас-терапія базується на сучасних дослідженнях і давніх наукових принципах, які пропонують вправи замкнутого ланцюга для лікування уражень нервово-м'язового скелету та покращення функцій.

Як і при заняттях у воді, система Неугас створює середовище «нульової гравітації», в якій люди різного віку та фізичної підготовки можуть виконувати вправи з точним контролем м'язів без болю.

Переваги методу:

1. Відновлення правильної моделі роботи м'язів тіла.
2. Рефлекторна активність глибоких м'язів.
3. Рефлекторна активність глобальних м'язів.
4. Зняття больового синдрому.
5. Збільшення рухливості суглобів.
6. Прискорення загоєння м'язової тканини.
7. Відновлення втраченої або пошкодженої функції опорно-рухового апарату.

11. БІОАКУСТИЧНА КОРЕКЦІЯ

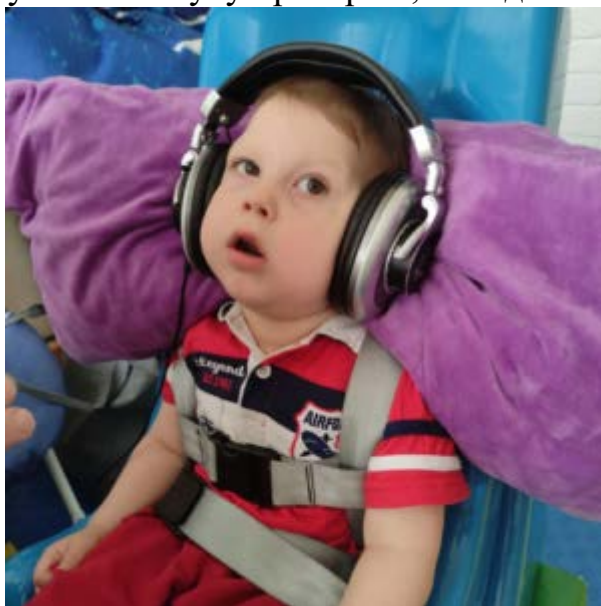
Немедикаментозні методи лікування захворювань ЦНС, метою якого є стимулювання нейропластичності мозку. Людина в реальному часі слухає музику, чи на мозок впливає електричний струм, відбувається гармонізація роботи частин мозку, що позитивно впливає на відновлення порушених функцій. Обмежень за віком така терапія не має, тим не менш, кращі результати отримують у дітей через те, що їх мозок легше адаптується до нової інформації і має високу ступінь нейропластичності. Зазвичай призначається 15 процедур на курс. Технологія має як швидкі, так і відтерміновані ефекти.

Біоакустичну корекцію добре поєднувати з мануальною терапією, остеопатією, рефлексотерапією, масажем, ЛФК. Можливі нетривалі побічні ефекти – рухове гальмування, порушення сну, емоційна лабільність.

Розглянемо деякі форми біоакустичної корекції.

Томатіс-терапія

В середині минулого століття Альфред Томатіс встановив зв'язок між голосом та слухом – «голос може відтворювати тільки те, що чує вухо» і розробив програму корекції: «Електронне вухо». У 1958 р. «Електронне вухо» на Всесвітній виставці в Брюсселі отримало золоту медаль за наукові досягнення. У 1970 р. до методу повітряної передачі звуку додалася кісткова провідність, що підвищило ефективність передачі звукових сигналів та їх обробки мозком. Стандартизація процедур була проведена у 1990 році з метою формування універсальної методики, прийнятої в світі. Після 2000 року метод «Томатіс» вдосконалюється зв'язком переходу на цифрове обладнання, що поліпшує якість звуку пристроїв, їх надійність, точність.



Мал. 14 Томатіс-терапія (<https://nashvsesvit.com/ua/nashi-poslugy/tomatis-terapiya/>)

Томатіс-терапія – метод, який сприяє кращій інтерпретації зовнішньої аудіальної інформації мозком людини і розвиває її комунікативну сферу.

На сьогодні метод Томатіс – це набір оригінальних аудіопрограм, які функціонують за допомогою спеціальних апаратів (TalksUp, Solisten).

Програми підбирають індивідуально (інтегруюча, мовна, емоційно-поведінкова, для розвитку пам'яті, уваги). У дорослих порушення слухання пов'язане з тим, що мозок «не розуміє» інформацію, яка до нього доходить.

Сам слух збережений, але мозок не може правильно аналізувати інформацію, уваги до неї недостатньо. Спосіб привернення уваги до інформації – використання несподіваних, непрогнозованих змін тональності, інтенсивності звуку, тембру, чим створюється ефект несподіванки, що привертає увагу мозку, і він починає розшифровувати алгоритм цих змін. Це початок тренування, який базується на ефекті нейропластичності. В тих випадках, коли уражені мозкові центри (внаслідок захворювання), що відповідають за сприйняття і обробку звукової інформації, такі тренування допомагають іншим (неушкодженим) ділянкам мозку в результаті перебудови роботи і компенсування втрачених функцій. У дітей з затримкою розвитку, порушенням уваги, здатності до навчання, аутизмом, під час тренувань мозок починає активно розвивати нормальне слухання. У дітей і у дорослих це відновлює якість життя.

У 2022 році опубліковане дослідження Ани Хрвойіч (Загріб), в якому вона представила результати Томатіс-терапії, яка проводилася дітям дошкільного віку в період пандемії COVID-19, і відмітила позитивний вплив терапії на психічне здоров'я дітей.

Cheng Jie, Wang Q., Dong L. et al (2019) дослідили вплив Томатіс-терапії на покращення структури сну у пацієнтів після крововиливів в мозок і встановили, що музикальна терапія покращує сон, збільшує тривалість сну, що позитивно впливало на процес реабілітації хворих.

Вивчався вплив Томатіс-терапії на навички читання, моторику та виконавчі функції студентів з дислексією (Рахмані Н. з співавт., Іран, 2019), результати дослідження показали, що звукова терапія значно покращила навички читання, дрібної моторики, але не вплинула на велику моторику студентів. Також покращилися виконавчі функції (вибіркова увага, когнітивна гнучкість, абстрактне мислення, здатність планувати та організовувати діяльність).

Проведення терапії не потребує зусиль від пацієнта. Він слухає музику в навушниках та не обмежений у діяльності – може читати, грати, виконувати фізичні вправи, їсти, малювати тощо. Спеціальний пристрій дозволяє модифікувати звуки за допомогою фільтрів (по черзі виключають то низькі, то високочастотні звуки).

Пацієнту ці зміни майже непомітні, а в той час м'язи середнього вуха тренуються шляхом напруження та розслаблення почергово. Пацієнт слухає музику в навушниках, та додатково звук подається за допомогою вібропристрою, прикріпленого до навушників. Завдяки такому пристрою звук

потрапляє у внутрішнє вухо, а через навушники – у зовнішнє та барабанну перетинку.

Показання до Томатіс-терапії

1. Афазія (внаслідок інсульту або ЧМТ).
2. Порушення читання, письма, координації після органічних захворювань головного мозку.
3. Емоційні розлади (депресія, тривожність, порушення сну).
4. Затримка мови, психічного розвитку дитини, дисграфія.
5. ДЦП, аутизм.
6. Порушення фонематичного слуху у школярів.
7. Алалія всіх типів.
8. Ехолалія.
9. Заїкання.
10. Афективні розлади.

Протипоказання до Томатіс-терапії

1. Новоутворення головного мозку.
2. Відносні протипоказання:
 - вік від 2 місяців до 2 років;
 - епілепсія або епінапади в анамнезі;
 - звукова гіперчутливість;
 - втрата слуху більше ніж на 70%.

В результаті проходження Томатіс-терапії можна очікувати наступні результати:

- поліпшення селективної уваги;
- покращення балансу між збудженням і гальмуванням;
- поліпшення розуміння почутого;
- запуск мовлення, поява звукоімітації;
- покращення фонематичного слуху;
- покращення здатності до навчання;
- нормалізація поведінки та емоційних реакцій;
- покращення рівноваги та координації рухів;
- нормалізація (покращення) показників м'язового тону, моторних функцій.

Тривалість сеансу Томатіс-терапії залежить від багатьох факторів – віку, наявності розладів, здатності до концентрування під час сеансу. Індивідуальні заняття тривають 60-120 хвилин, проводяться за кілька циклів, найчастіше 3-4 циклу. Кількість сеансів в кожному циклі – 15.

Тренінги можуть проводитися у вигляді активних занять (читання вголос, повторення звуків) або у вигляді пасивного прослуховування.

12. ТРАНСЦЕРЕБРАЛЬНА, ТРАНСКРАНІАЛЬНА МІКРОПОЛЯРИЗАЦІЯ

Останніми роками спостерігається трансфер медичних технологій в області нейронаук в реабілітації пацієнтів з розладами нервової системи. Одним із напрямків є застосування нейростимулятивних технологій в реабілітації.

До нейростимулятивних технологій відносять і нейрофізіотерапевтичні програми (мікрополяризація, мозкова стимуляція, Тімосо, ОтоFloo); нейроакустичні технології (Томатіс-терапія, високочастотна терапія звуком, метод біологічно-зворотного зв'язку); нейропсихологічні програми.

Розглянемо детальніше програми, які найбільш поширені в реабілітаційній практиці.



Мал. 15 Транскраніальна мікрополяризація
(<https://awatage.cv.ua/treatment/micropolarization-of-the-brain>)

Мікрополяризація відноситься до нейрофізіотерапевтичних методик і являє собою унікальну технологія корекції неврологічної симптоматики за рахунок зміни функціонального стану відділів нервової системи.

При проведенні трансцеребральної мікрополяризації відбувається модулюючий вплив на нейродинамічні процеси, які ґрунтуються на зміні рівня

поляризації клітинних і синаптичних мембран (Г. Вартанян, 1981), що є обов'язковою умовою адекватного сприйняття подразників та корекції порушень, які вони викликають. Мікрополяризація дозволяє спрямовано змінювати функціональний стан різних ланок ЦНС.

Клінічний ефект мікрополяризації (як трансцеребральної, так і трансвертебральної) пояснюється багатьма дослідженнями впливу постійного струму на нервову тканину.

Трансцеребральна та трансвертебральна мікрополяризації поєднують в собі прості неінвазивні фізіотерапевтичні процедури (гальванізація, електросон) з достатньо високим ступенем вибіркової впливу стимуляції інтрацеребральними електродами. Постійний електричний струм, що використовується набагато нижче, ніж в традиційній фізіотерапії, при трансцеребральній мікрополяризації він не перевищує 1 мА, а при трансвертебральній – 3 мА. Спрямованість впливу досягається за рахунок використання електродів малої площини (100-600 кв. мм), які розташовують на відповідних кіркових зонах або сегментарних проекціях головного або спинного мозку. Вибір зон залежить від характеру захворювання, задач терапії, особливостей кіркових полів чи відділів спинного мозку, їх зв'язків.

Трансвертебральна мікрополяризація дозволяє впливати не тільки на ділянки мозку, що знаходиться під електродами, але і на структури в глибині мозку за рахунок кортико-фугальних та транссинаптичних зв'язків. При трансвертебральній – не тільки на спинний мозок під електродами, а і на ділянки вище і нижче за рахунок системи провідників.

Мікрополяризація може застосовуватися як монотерапія, а може у комплексі з іншими реабілітаційними заходами. Методика дозволяє покращити або відновити рухові, психічні, мовні функції, зменшити прояви гіперкінезів, судомні напади, нормалізувати функції тазових органів, зменшити осередки деструкції при ЧМТ та ГПМК. В закордонних дослідженнях цей метод має назву transcranial direct current stimulation (транскраніальна стимуляція постійним струмом) і майже в усіх дослідженнях вказано на зміни нейропластичних властивостей ЦНС під впливом малого постійного струму. Найбільш вірогідним механізмом дії малого постійного струму при неінвазивному використанні є поляризаційні ефекти. В зонах під електродами виникає внутрішньотканинний поляризаційний струм зворотного напрямку, який створює додатковий спротив діючому струму, а з іншого боку – такі ділянки всередині тканин є місцями найбільш активної дії струму.

В статті Яценко К.В. з співат. (2018) доведено, що мікрополяризація активізує гіпокампальні клітини за нормальних умов і поліпшує їх життєдіяльність та функціональну активність за наявності ліпополісахаридів. Під впливом мікрополяризації суттєво підвищується мітохондріальна активність клітин мозкової тканини.

Багато наукових досліджень було проведено при використанні транскраніальної мікрополяризації у хворих з шизофренією (Г.А. Вартанян зі

співавт., 1981), з паркінсонізмом (М.П. Лопарев, 1996), при хворобі Альцгеймера (А.Н. Бачерніков, 2001), при розладах рівноваги (М. Krizkova, 1994), у дітей з гіперактивністю (Л. С. Чутко зі співавт., 2005), лікуванні головного болю напруги (Л. Ф. Шайхієва, 2005).

Всі ці дослідження свідчать про те, що мікрополяризація не викликає ушкодження тканин, стимулює зростання кліткової архітектури, викликає значні біохімічні реакції, що забезпечують модуляцію пам'яті, причому ефекти мають бути більш виражені та з довготривалим характером у порівнянні зі звичайною електростимуляцією.

В основі мікрополяризації, як лікувальної процедури, лежать механізми, що забезпечують зміни рівня поляризації клітинної та синаптичної мембрани під впливом постійного електричного струму низької сили, що викликає зміну рівня активності нервової тканини і під електродом і у віддалено розташованих нервових утвореннях. Клінічний ефект мікрополяризації зумовлений спрямованим впливом на морфо-функціональні зв'язки кіркових та сегментарних проєкцій з іншими мозковими утвореннями, об'єднуючись в системі і забезпечуючи регуляцію різноманітних неврологічних функцій.

Показання для мікрополяризації

1. Органічні ураження ЦНС в резидуальній стадії захворювання.
2. Черепно-мозкові травми з 1-2 доби, включаючи наслідки.
3. Наслідки інфекційних захворювань головного та спинного мозку.
4. Наслідки травм спинного мозку і хребта (в т.ч. наслідки хірургічного втручання).
5. Затримка нервово-психічного розвитку та проблеми навчання у дітей.
6. Розлади мовлення у дітей.
7. Епісиндром.
8. Порушення функції зору (амбліопія, ністагм, косоокість).
9. Порушення функції слуху (сенсорна тугоухість).
10. Сколіотична хвороба.
11. Психоемоційні, невротичні, психосоматичні розлади.

Протипоказання.

1. Індивідуальна непереносимість електричного струму.
2. Наявність злоякісних новоутворень.
3. Інфекційні та застудні захворювання.
4. Нещодавно отримані щеплення.

Проведення апаратної мікрополяризації

Використовують апарати для гальванізації та спеціальні – «Полярис». Для проведення процедури використовують сталеві платівки з гідрофільною

прокладкою площею 400-600 мм². Параметри діючого постійного електричного струму можуть змінюватися при трансцеребральній методиці від 50 мкА до 700 мкА, а при трансвертебральній – від 100 мкА до 1 мА.

Особливості проведення терапії

Трансцеребральна мікрополяризація

Перед проведенням мікрополяризації треба з'ясувати чи пацієнт правша або шульга. У правши електроди (змочені фізіологічним розчином) розташовують на правій половині голови, у шульги – з двох боків. Після того, як наклали електроди на обрані кіркові проекції, процедуру починають з поступового збільшення сили струму до появи під електродом відчуття поколювання, після чого силу струму зменшують до 200-400 мА (у дітей 150-200 мА). Час одного сеансу 20-40 хв. Курс терапії не менш 8 сеансів, а зазвичай 10-15. Рекомендовано проводити процедуру щодня або через день.

Трансвертебральна мікрополяризація.

Електроди змочують водою або фізіологічним розчином. Можна використовувати ватні диски, після чого їх розташовують на обраному сегменті вздовж хребта (між остистими відростками, на відстані не менш 2 і не більше 4 см).

Підбір сили струму проводиться як і при трансцеребральній мікрополяризації. Тривалість процедури та курсу лікування ідентичні трансцеребральній методиці.

Повторні курси транскраніальної та трансвертебральної мікрополяризації можна проводити через 2-4 місяці.

Мікрополяризацію вважають несумісною з голкорексфлексотерапією, електростимуляцією, магніто-резонансною терапією та з прийомом психотропних медикаментів.

Процедури, які добре поєднуються з мікрополяризацією: загальний масаж, ЛФК, психологічна корекція, функціональне біоуправління, лікувально-тренувальні костюми (Аделі, Гравістат та ін.).

Застосування мікрополяризації, як лікувальної методики, призводить до змін в бік норми як клінічного, так і електрофізіологічного, біохімічного і психологічного статусу хворого з первинним ураженням головного мозку в резидуальній стадії. Транскраніальна мікрополяризація більше впливає на показники біоелектричної активності головного мозку, а трансвертебральна – на показники функціональної організації спинного мозку.

Трансцеребральна мікрополяризація, за рахунок впливу на центральні регуляторні системи моторного контролю, відіграє роль в зниженні патологічних, познотонічних рефлексів, покращенні дрібної моторики,

підвищенні скорочувальної функції м'язів, покращенні когнітивних функцій, мовлення, психічного статусу.

Спрямований вплив на спінальні центри моторного контролю показують ефективність трансвертебральної мікрополяризації в зниженні спастики м'язів, зменшенні виразності порочних поз та збільшенні об'єму рухів.

13. ТРАНСКРАНІАЛЬНА МАГНІТНА СТИМУЛЯЦІЯ

Особливе місце серед фізичних факторів реабілітації займає магнітотерапія та її варіант – високоінтенсивна імпульсна магнітотерапія. Метод, що дозволяє неінвазивно стимулювати кору головного мозку короткими магнітними імпульсами.

Фізичні основи стимуляції нервової тканини магнітним полем базуються на законі електромагнітної індукції (Фарадей, 1931), коли було доведено, що це змінне магнітне поле індукує струм у розташованому поруч провіднику. У 1896 році д'Арсонваль описав явище фосфенева (світло в очах людини, що потрапила в змінне магнітне поле). В 1985 році в університеті Шеффільда (Велика Британія) створений магнітний стимулятор, який збуджував моторну кору через черепну коробку і спричиняв м'язове скорочення у кінцівках.

В експериментальних дослідженнях було доведено, що людина дуже чутлива до магнітних полів низької інтенсивності, що пов'язано з виникненням в тканинах слабких струмів (сила Лоренца) під час коливань магнітних полів. Магнітні поля збільшують проникність мембран клітин, сприяють підвищенню енергії іонів, впливають на біоелектричні показники різних фізіологічних процесів, на рівень мембранних потенціалів у нейронів. Доведено, що постійне магнітне поле впливає на тканини завдяки ді- та парамагнітним властивостям, а змінні та імпульсні ще і за допомогою електричних струмів, які генеруються.



Мал. 16 Транскраніальна магнітна стимуляція

(https://uk.zp.ua/new_630.html)

Високоінтенсивна магнітна стимуляція – метод магнітотерапії, при якому на організм пацієнта локально впливають імпульсами магнітних полів високої інтенсивності.

При проведенні процедури частота імпульсів з індукцією 0,8-5,0 Тл і довжиною 250 мкс складають від 0,1 до 90 Гц. Даний варіант займає особливе місце в зв'язку з його високою проникаючою здібністю (до 10 см) та

візуалізації дії скорочення м'язів під час стимуляції, або при впливі магнітними стимулами на рухові центри кори, спинного мозку, нервові стовбури.

Для визначення рівня ураження пірамідного шляху використовують обчислення часу центрального моторного проведення. Про рівень ГАМКергічного гальмування судять по зниженню біоелектричної активності довільно скороченого м'язу – мішені після ТМС (період мовчання).

Період мовчання скорочується при епілепсії, хворобі Паркінсона, а подовження – при хворобі Гентінгтона, порушеннях мозкового кровообігу. Функції мозолистого тіла досліджують по транскаллозальному гальмуванню.

В дитячій практиці ТМС найбільш ефективна у дітей від 1 року до 4. Він застосовується для уточнення особливостей розвитку рухових розладів при ДЦП, для проведення диференціальної діагностики рухових розладів.

Під час кіркової стимуляції збуджуються саме ті нейрони, які активізуються під час рухового акту першими. Як ми вже визначали, основа методу – деполяризація мембран нервової клітини внаслідок генерації електричного поля в глибині тканини, яка призводить до появи потенціалу дії.

При цьому порушується проксимальна частина аксона швидких мотонейронів на рівні перших трьох перехватів Ранв'є, кілька вставних нейронів, які передають збудження на мотонейрон з затримкою.

ТМС дає можливість дослідити у пацієнта час центрального моторного проведення, характеристика викликаної моторної відповіді (форма, поріг, амплітуда та ін.), аналізувати процеси збудження і гальмування в мозку.

Вивчення амплітуди викликаної відповіді показує скільки мотонейронів стимулюється. Величина порога викликаної моторної відповіді відображає збудливість мотонейронів кори головного мозку. За цими показниками судять про функціональний стан кортико-спінального тракту, стан нейропластичних процесів, збудливості зорової кори. При ураженні (інсульт, травми ЦНС) має місце підвищення порогу викликаної моторної відповіді. В разі генералізованої епілепсії бічного аміотрофічного склерозу, деяких психічних розладах фіксують низький поріг викликаної моторної відповіді.

Апарати для транскраніальної магнітної стимуляції:

- 1) Шоломний пристрій Brain Stin 100.
- 2) ALTMS – пристрій отримав сертифікацію FDA США та європейського CE. Підтверджена ефективність при лікуванні посттравматичного стресового розладу.
- 3) Brainsway – апарат, який заснований на технології Deer TMS, яка широко стимулює мозок, здійснює функціональну модуляцію цільових галузей мозку.

На ділянках головного мозку, які відповідають за реалізацію конкретних функцій, розміщують гелеві ковпачки з магнітними котушками. Котушки генерують магнітне поле, стимулюють активність мозкових структур, пов'язаних з певними функціями, проникаючи в череп і мозок. За

рахунок процесу нейромодуляції змінюється активність мозкових ділянок і покращується стан хворого, зменшуються або зникають депресія, біль, аутизм, розлади мовлення, затримка розвитку у дітей. Пристрій довів свою ефективність при розсіяному склерозі, хворобі Паркінсона, хворобі Альцгеймера, аутизмі, хронічному больовому синдромі, депресії, в постінсультній реабілітації.

В лабораторії Стенфордського університету проходять дослідження по впливу транскраніальної магнітної стимуляції на пацієнтів з комплексним регіональним больовим синдромом.

Пацієнти обстежувалися протягом 13 тижнів і відмітили позитивний вплив методики на регрес больового синдрому (Набухіто Морі зі спіавт., 2022).

В клініці Запорізького державного медико-фармацевтичного університету проводиться лікування неврологічних захворювань методом транскраніальної магнітної стимуляції на сучасному апараті Neurosoft-Нейро-МС/Д. На великій кількості хворих показана ефективність лікування при хронічному больовому синдромі, мігрені, дзвін у вухах, хворобі Паркінсона, дистонії, синдрому Туретта, есенціальному треморі, розсіяному склерозі, депресії, наслідках інсультів.

На сьогодні існує вдосконалений метод транскраніальної магнітної стимуляції, а саме стимуляція тета-спалахів (іTBS). Перевагою цього методу є повторення природньої активності мозку. Результати іTBS та трансцеребральної магнітної стимуляції ідентичні, але при використанні іTBS результат досягається вдвічі швидше. Найбільш ефективний метод при лікуванні нейродегенеративних захворювань.

При транскраніальній магнітній стимуляції можна провести діагностичні дослідження:

- виявити точну локалізацію та картографію функціональних областей мозку;
- дослідження нейропластичності: зміни в нейронних мережах та пластичність мозку;
- контроль ефективності терапії неврологічних захворювань.

До терапевтичних можливостей транскраніальної магнітної стимуляції відносять:

- лікування депресій (активізація ділянок мозку, що сприяють зниженню симптомів, покращують настрій);
- поліпшення когнітивних функцій;
- мігрень (полегшує симптоми при нападі);
- нейропатичні болі, фіброміалгія – зменшення відчуття болю, покращення якості життя.

Особливо перспективним напрямком використання ТМС у хворих з цереброваскулярною патологією, а саме з гострими порушенням мозкового кровообігу.

З часів включення високоінтенсивної імпульсної магнітної стимуляції в реабілітацію після інсультів, вона стала конкурентом електростимуляційної терапії.

З діагностичною метою ТМС можна проводити вже в перші години після розвитку інсульту, в динаміці – 3, 7, 14 доба – використовують для прогнозування відновлення рухових функцій (В.П. Лисенюк зі спіавт., 2012).

В дослідженнях, що були проведені на початку ХХІ століття, показано, що ТМС не надавала негативного впливу на вегетативні функції, мовлення, увагу, пам'ять, праксис, гнозис, м'язову діяльність. Це стало поштовхом для використання ТМС з метою реабілітації пацієнтів з інсультами в гострому періоді (з 2-3 доби), за умови стабільної гемодинаміки та декомпенсованих хронічних захворювань. Проводять стимуляцію кіркових проекцій рухів кінцівок ураженої гемісфери. Під час стимуляції пацієнту доцільно виконувати певні рухи кінцівками. У висновках зазначають, що у хворих, які отримали ТМС, суттєво підвищувалася результативність реабілітації, особливо у випадках півкульової локалізації осередку.

При використанні ТМС у відновлювальному періоді інсульту (С.К. Євтушенко зі спіавт., 2007) відмічена значна позитивна динаміка відновлення рухових функцій: зростання рухової активності, сили м'язів в паретичних кінцівках, зниження ступеню спастичності, підвищення швидкості мозкового кровообігу, позитивні зміни на ЕЕГ, що пояснювало покращення когнітивних функцій.

Тривалість стимуляції у таких пацієнтів: кожна група м'язів 1-2 хв., загальний час магнітостимуляції – 20 хв., щоденно. Курс лікування – 10-15 процедур.

Дослідження Неврологічного інституту Берка показало, що в регенерації функцій спинного мозку після травм магнітна стимуляція позитивно впливає на активізацію передачі сигналів гена MAP2K і покращує регенерацію аксонів та відновлення їх функцій у людей з травмами спинного мозку. Група дослідників виявила, що курс щоденних сеансів активізував передачу сигналів MAP2K та модулював експресію набору факторів транскрипції, пов'язаних з регенерацією. Робота була експериментальною; зараз йдуть випробування методу на здорових людях та пацієнтах з травмами спинного мозку.

Як і для кожного методу лікування до транскраніальної магнітної стимуляції є протипоказання. До них відносять:

- наявність у пацієнта кардіостимулятора;
- внутрішньочерепні металеві імпланти;
- наявність слухового апарату;
- пухлини головного мозку;
- вагітність, годування грудьми;
- наявність в анамнезі нападів нез'ясованої етіології.

14. ПОРУШЕННЯ РІВНОВАГИ

Порушення рівноваги при патології центральної нервової системи коливається від 40 до 100% в залежності від віку пацієнту та нозологічної форми. При захворюваннях опорно-рухового апарату такий синдромокомплекс теж дуже розповсюджений, особливо після ендопротезування великих суглобів, зниження стійкості вертикальної пози у таких пацієнтів є найпоширенішими дезадаптуючим синдромом.

Порушення постурального балансу збільшує ризик падіння, виникнення переломів, функціональної залежності людини, тим самим знижує якість їх життя.

Тому відновлення стійкості вертикальної пози є пріоритетним напрямком в реабілітації хворих з руховими розладами будь-якого генезу.

Треба відмітити, що єдиним методом об'єктивної діагностики постуральних розладів у пацієнтів з ушкодженнями нервової системи різного генезу є стабілометрія, яка за діагностичною точністю значно перевершує клінічні шкали і опитувальники, що спрямовані на верифікацію постуральної функції.

Підтримка рівноваги – складне завдання, яке має велике значення в повсякденному житті людини і здійснюється нервово-м'язовою, скелетною системами, де центральній нервовій системі випадає роль керування затримками, під час яких треба забезпечити стабільність і точність у долі секунд. Така координованість забезпечується створенням синергічних м'язових стратегій у вигляді навчання і згадування їх в періоди виконання завдань з балансування.

Дослідження балансу, вертикальної пози залишаються актуальним питанням сучасної реабілітації.

На теперішній час для оцінки стійкості вертикальної пози застосовується метод комп'ютерної стабілометрії. Велику роль такі дослідження мають в спорті. Наприклад, спортивна техніка розглядається як чергування статичних і динамічних поз спортсмена. Тому дослідження в періоди виконання таких поз може значно покращити спортивну техніку і підвищити результати. Здатність до підтримки ефективної пози і збереження стійкості визначається різними факторами в різних видах спорту: тенісі, художній гімнастиці, гірськолижному спорті, стрільбі, велоспорті, боротьбі та ін. Проведена велика кількість досліджень в кожному виді спорту по оцінці стабілометричних показників, про що свідчить велика кількість наукових статей.

ВІДЕОНІСТАГМОГРАФІЯ

Багато пацієнтів, які звертаються до невролога, скаржаться на запаморочення, хиткість при ходьбі, нестійкість, потемніння перед очима та ін. Іноді не тільки самому хворому, а й лікарю складно розрізнити

запаморочення та порушення рівноваги у хворого. А це є різними симптомами, бо причиною може бути не тільки захворювання нервової системи, а й ураження внутрішнього вуха, патологія органів зору, інтоксикація, захворювання серцево-судинного та ендокринної систем. Актуальними залишаються проблеми діагностики, а, відповідно, і терапія таких пацієнтів.

Вестибулометрія (відеоністагмографія) – є сучасним методом діагностики уражень вестибулярного апарату. Відбувається реєстрація рухів очних яблук (відеокамерами) під час виконання діагностичних тестів. Найбільш доцільна при системних запамороченнях. Обстеження дає відповідь не тільки на питання наявності ураження вестибулярного апарату, а і на якому рівні воно є (внутрішнє вухо, нерв, головний мозок).

СТАБІЛОМЕТРІЯ

Метод діагностики, що дозволяє оцінити стійкість пацієнта при рухах. Метод проводять за допомогою спеціального обладнання.

Стабілометричні платформи – це прилад, який призначений для аналізу здатності людини керувати позою свого тіла, та забезпечений біологічно-зворотнім зв'язком по реакції опору. Платформа являє собою нерухому платформу, в яку вмонтовані датчики, які вимірюють вертикальну силу для визначення центра тиску об'єкта, що знаходиться на платформі. Фіксують сигнали, пов'язані з силою тяжіння.



Мал. 17 Стабілометрія (<https://sport.photosota.club/7835-stabilometrija-v-sporte-70-foto.html>)

Оцінка стану пацієнтів ґрунтується на кількісному вимірюванні здатності керувати позою при проведенні стабілометричних тестів.

Прилад вимірює координати центру тяжіння людини на площину опори. В практиці використовуються платформи для визначення параметрів, коли пацієнт не стоїть, а сидить і, навіть, лежить на платформі. За тим, як зміщується центр тяжіння, отримують інформацію про зміни пози. Визначення центру тяжіння допомагає в визначенні стану пацієнта та для біоуправління. В реабілітації використовують для організації БЗЗ по реакції опору.

Дуже велика роль в стабілометрії належить функціональності програмного забезпечення. Реабілітаційні програми крім показників, пов'язаних з визначенням центру тяжіння, включають також спеціальні

тренінги в режимі біологічно-зворотного зв'язку по реакції опору в різноманітних варіантах.

Таким чином, обстеження на стабілометричній платформі дасть лікарю-реабілітологу відповідь на питання – чи є у пацієнта порушення рівноваги і з чим воно пов'язане.

Такі розлади можуть бути при ураженні самої нервової системи, при патології опорно-рухової системи (сколіози, артрози), при наявності загальної слабкості у пацієнтів з захворюваннями серцево-судинної, ендокринної систем, може бути і проявом патології психічного статусу внаслідок стресу, проявом ураження зорового контролю.

Показниками до проведення вестібулометрії є пацієнти, у яких був один, але тривалий епізод запаморочення, повторні напади запаморочення, які супроводжуються шумом у вухах, зниженням слуху, короточасні запаморочення при зміні положення тіла, довготривале легке запаморочення.

Показання для проведення стабілометрії – наслідки гострих порушень мозкового кровообігу, наслідки черепно-мозкових травм, нейродегенеративні захворювання, наявність неврологічних ускладнень ендокринних захворювань, серцево-судинної системи, порушення зору з обмеженням полів зору, розлади роботи окорухових м'язів, травми та захворювання хребта, порушення ходи, хиткість.

Обстеження (стабілометрія) триває близько години. На пацієнта одягають захисний жилет, що фіксується ремнями безпеки в спеціальній кабіні, і під час обстеження пацієнт ні за що не тримається. Головна умова – виконання вказівок реабілітолога/лікаря, підтримуючи рівновагу, не тримаючись руками до предмету. Під час обстеження обладнання розгойдує платформу під ногами. Проводять тести з навантаженням (змінюють умови оточення, опори під ногами). Сигнали, які отримає обладнання, фіксуються, а потім обробляються.

Підготовка до проведення стабілометрії не потрібна.

Існують і протипоказання до проведення стабілометрії:

- вага більше 120 кг;
- зріст більше 220 см;
- важкі патологічні зміни з боку опорно-рухового апарату;
- декомпенсація серцево-судинної системи;
- епілепсія;
- наявність значних когнітивних розладів, коли пацієнт не розуміє і не повністю усвідомлює вказівки лікаря;
- дитячий вік;
- літні люди (за 80 років).

Результати обстеження одразу фіксуються, обробляються завдяки програмному забезпеченню і видається у вигляді розрахунків, графіків. Після чого пацієнту надаються рекомендації по терапії, вправам для тренування

вестибулярного апарату і стійкості. Частіше для цього використовують сучасні апарати з біологічно-зворотнім зв'язком.

Фізіологічне обґрунтування підтримання пози та рухів людини досить складне. Здатність підтримувати та керувати загальним центром маси тіла для утримування рівноваги в статичному та динамічному стані визначають як «постуральний баланс», а сукупність біомеханічних, нейропсихологічних, нейрофізіологічних факторів, які взаємодіють в конкретний проміжок часу – поза людини.

Центральна нервова система отримує візуальні, вестибулярні, пропріоцептивні стимули від частин тіла, аналізує цю інформацію та реагує на цю інформацію. Стимули впливають на регуляцію активності м'язів на спінальному, кірковому рівні. М'язи, функція яких – підтримка вертикального положення тіла та подолання сили тяжіння, виконують функцію постуральної стабілізації. До таких м'язів відносять: попереково-клубовий, довгі м'язи спини, паравертебральні, довгі м'язи ший, потиличні м'язи. Такі м'язи можуть тривалий час залишатися в скороченому вигляді, що підтримує позу людини. Постуральна стійкість – здатність людини підтримувати вертикальне положення в межах площини опори, що забезпечується постуральними рефlekсами (позотонічними та установочними).

Основним достовірним методом оцінки постурального балансу є стабілометрія.

Стабілометрія використовується не тільки у дорослих, а і у дітей. Так, в роботі Деевої Ю. зі співавт. (2022) статична стабілометрія в комплексі обстеження дітей з порушеннями слуху допомогла виявити вестибулярні порушення, а як відомо, довготривалі проблеми з рівновагою у дітей можуть призвести до затримки рухового, психічного розвитку.

В багатьох наукових дослідженнях показана ефективність стабілометрії при нестабільності поперекового та шийного відділів хребта (Фаріон-Навольська О., 2023).

В практичній діяльності пацієнтам з постуральними розладами, що виникли на тлі різних захворювань, застосовують комп'ютерний стабілотренінг з візуальним біологічно-зворотнім зв'язком.

Стабілотренінг з БЗЗ ґрунтується на використанні двобічного фізичного навантаження з біологічною корекцією зоровим та слуховим аналізатором, що сприяє зменшенню рухового дефіциту та покращенню когнітивних функцій хворого. Можна вважати даний психологічний тренінг призводить до збільшення нейропластичності за рахунок формування нових асоціативних та комісуральних зв'язків.

Відомі роботи, в яких стабілометричний тренінг використовували в реабілітаційній програмі з перших днів інсульту (Плішкіна К.А., 2015), в діагностиці та лікування осіб похилого віку (Зитева О.О., 2017), в дисертаційній роботі Рудь І.М. (2018) розглянуті питання стабілотренінгу у пацієнтів з постуральною нестійкістю різної генези; в роботі Субочаєвої С.О.

(2020) розглянуті особливості корекції рівноваги та ходьби при вестибуло-мозочкової атаксії постінсультного походження.

В залежності від типу платформи, що використовується, вправи можуть змінюватися.

Так, наприклад, на платформі Тутто можна оцінити й впливати як в статичному, так і в динамічному режимі всіх скелетних м'язів у пацієнтів з атаксією. При застосуванні системи в режимі підтримки проводять терапію верхніх кінцівок; режим сидячи дозволяє проводити функціональні тренування сидячи або стоячи на платформі, застосування режиму стоячи – проведення оцінки та функціональної терапії нижніх кінцівок.

Незважаючи на вид нестійких платформ стабілотренінг має ідентичні етапи роботи на них.

По-перше, це отримання інформації про стан функціональних систем, які реалізують постуральний контроль. Це робиться при проведенні стабілометрії.

Потім встановлюється мета, яку хворий та лікар очікують отримати при проведенні стабілометрії.

Наступний крок – складення стратегії досягнення мети.

Етап самого тренінгу – повторні контрольовані вправи.

Наприкінці тренінгу – отримання підсумкової інформації – стабілометрія (стан функціональних систем).

Вправи на нестійких платформах

Тренування поділяємо на декілька частин.

В підготовчу частину включаємо прості вправи:

- кроки на місці;
- степ-тач (приставні кроки);
- степ-лайв (два приставних кроки);
- відкритий степ, відкритий крок. Наприсядки – випрямляємо ноги – тулуб в бік, ногу на носок. Виконуємо по черзі в різні боки;
- степ «керл»: 1) ВП – ноги нарізно, 2) навроприсядки, 3) випрямляючи ноги, нахил тулуба вбік, ногою робити захльостування з торканням сидниці;
- греб-ваїл (схресний крок);
- крок страдел (ноги нарізно-нарізно, разом-разом);
- кні ап (півник);
- мамба;
- ча-ча-ча;
- рок-степ.

До основної частини входять наступні вправи (причому кроки виконуються по діагоналі):

- базовий крок. Ноги по черзі опускаємо на підлогу;
- V-степ;
- А-степ;

- дотик;
- кут з дотиком до стегна;
- захльостування;
- кут з захльостуванням;
- коліно вперед;
- підскок;
- ластівка;
- мах ногою вперед;
- мамба;
- випад назад;
- випад в бік (зірочка);
- випад вперед (лебідь);
- ігрові завдання (стоп-кадр, флюгер, літак та ін.).

В заключній частині стабілотренінгу виконують вправи на рівновагу та дихальні вправи.

В результаті проведеного стабілотренінгу у пацієнтів з розладами нервової системи найчастіше відчається наступне.

Покращення показників, що характеризують статичну рівновагу: зменшення площини статокінезіограмами амплітуди коливань у фронтальній та сагітальній площинах, зниження девіацій центру тиску у фронтальній та сагітальній площинах, зменшення довжини статокінезіограми, кута направлення коливань центру тяжіння, що свідчить про покращення стану рівноваги та координаційних спроможностей пацієнтів.

15. УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ (УХТ)

Звук – це коливання щільності, швидкості та тиску середовища, що розповсюджується в просторі. Збалансованість стану звичайного середовища таке, що в області підвищеного тиску швидкість розповсюдження коливань малої амплітуди зростає. Це обов'язково призводить до явища «перекидання» збурень кінцевої амплітуди, які і породжують ударні хвилі. За цим механізмом, ударна хвиля у звичайному середовищі – це завжди хвиля стискання. Механізм, що описаний, передбачає неминуче перетворення будь-якої звукової хвилі в слабку ударну хвилю. Однак, в повсякденному житті це потребує дуже багато часу, тому що звукова хвиля встигає згаснути раніше, чим нелінійності стають помітними. Для швидкого перетворення коливань щільності в ударну хвилю необхідні сильні початкові відхилення від рівноваги.

Цього можна досягти або створенням звукової хвилі дуже великої гучності, або механічно, шляхом навколо звукового руху об'єктів в середовищі.

До видів звукових хвиль відносяться: ультразвук та ударна хвиля (інфразвук).

Звукові хвилі мають дуже поширене використання в медицині. Треба відмітити, що звукові хвилі, які людина чує, повинні мати достатню амплітуду (гучність) та відповідну частоту (20-20000 Гц), щоб їх могло відчувати людське вухо. Ультразвукова хвиля – це хвиля з частотою більше 20000 Гц, тому людське вухо її не сприймає. Такі хвилі корисні, тому що різні тканини по різному відбивають ультразвукові хвилі. При УЗД хвилі, що відбиваються, реєструються датчиками і переводяться в записане зображення.

Ударна хвиля виникає, коли хвиля розповсюджується через середовище зі швидкістю, яка перевищує швидкість звуку, що проходить через середовище. Ударні хвилі викликають різкий стрибок тиску за дуже короткий проміжок часу. Повна енергія хвилі визначається площиною під кривою зміни тиску в часі. В ударно-хвильовій терапії щільність потоку енергії відносяться до кількості енергії, яка доходить до певної зони тканини, і, відповідно, може регулюватися шляхом зміни пікового тиску для цільової області.

Ударні хвилі – це акустичні поштовхи, яким властиво різке збільшення тиску в порівнянні з тиском оточуючого середовища. Ударні хвилі здатні розходитися в певному середовищі практично без втрати енергії за умови, що звукопровідне середовище однорідна. Це не ультразвук, а інфразвук. Приклади ударних хвиль ми бачимо під час вибухів, потужних електричних розрядів, надзвукового руху тіл.

До характеристики ударних хвиль ми відносимо – швидке зростання тиску до 100 МПа (1000 бар) за короткий час – долі секунди, мала тривалість цього зростання; тиск падає, а потім – період малої негативної складової. Ударні хвилі проникають в м'які тканини людини без їх ушкодження;

відбиваються та схильні до дифракції; створюють зрушаючу напругу на межі середовища; створюють кавітацію.

Акустичні хвилі мають особливості:

1) якщо середовище, де поширюється акустична хвиля, змінює свої властивості, то виникають такі феномени як заломлення, відображення, розсіювання, дифракція, які відомі нам з курсу оптики.

2). Такі «перешкоди» можуть викликати вивільнення енергії з наслідками.

3) чи вище енергія, тим більш серйозні наслідки. Наприклад, якщо це ліпотріптер, то можливі опіки, переломи здорової кістки.

4) ударна хвиля — це перенесення енергії без перенесення речовини.

Під впливом ударної хвилі і тканинах спостерігаються певні фізичні ефекти:

- прямі ефекти на поверхні – нагрівання, відображення, п'єзоелектричні, розсіювання;

- кавітація;

- механотрансдукція.

Ударні хвилі змінюють механічні, електричні та теплові властивості твердих тіл. Наприклад, віддають частину енергії, нагріваючи тверде тіло.

В медицині ударні хвилі застосовують вже давно – більше 30 років. Але спочатку це були пристрої фокусованої ударної хвилі – літотриптери, потім в 1999 році на зборах ортопедів-травматологів в Німеччині був представлений один з перших апаратів радіальної ударно-хвильової терапії. На сьогодні в медицині використовують апарати сфокусованої терапії, плантарної ударної хвилі та радіальної (краще казати – ударні хвилі тиску) терапії. Існує багато різних апаратів. Різниця, насамперед, полягає в способах генерації ударної хвилі. П'єзоелектричні генератори створюють хвилі з малим фокусом, електрогідравлічні – з великим. Такі особливості апаратів призводять до того, що в залежності від апарату може змінюватися доза, сила та частота ударних хвиль при лікуванні захворювань.

В реабілітаційній терапії більш значну роль відіграють апарати радіальної ударно-хвильової терапії, тобто, терапія балістичними хвилями тиску, коли маса, що рухається, вдаряється в масу спокою. Відбувається удар через відбійну пластину (шкіра пацієнта захищена).

Радіальна ударно-хвильова терапія (РУВТ) має низькі енергії, не має руйнівної дії на тканини організму, генерація ударної хвилі відбувається на поверхні тканини; проникаючи в глибину тканин ударна хвиля розсіюється; має відносно поверхневу дію, яка зменшується за напрямком углиб тканини.

Останнім часом в ударно-хвильовій терапії відбуваються деякі зміни. Це, по-перше, перехід на низькі енергії, зменшення протипоказань, розширення списку показань для УВТ та надання переваги комбінованій терапії.

Також необхідно сказати, що в реабілітації велике значення мають прямі ефекти на тканини – механотрансдукція. Під час такого впливу

відбувається механічна деформація цитоскелета та матриці клітин, що запускає каскад змін в тканинах, що призводить до виникнення загоюючих та регенеративних процесів в організмі.

Механотрансдукція описує передачу та сприйняття зовнішніх механічних стимулів в клітинну систему індукованих механічних сил та перетворення їх в каскади хімічних і біологічних реакцій. Відомі два види реакцій на механічні стимули – це структурна і функціональна.

Функціональна реакція – при коротких стимулах. Механічний стрес генерує бурхливу функціональну відповідь різних клітин на зовнішній вплив. Структурна – при тривалому впливі. Механічні сили реконструюють тканини, на котрі вплинули, і змінюють тканинні структури.

Біологічний ефект, який був викликаний механічним стимулом, впливає на хрящі, сухожилля, скелетні м'язи, ендотеліальні клітини, позаклітинний матрикс.

Механічна стимуляція впливає на:

- зменшення жорсткості сухожиль, зв'язок;
- призводить до швидкого відновлення, заживлення м'язів;
- на вироблення факторів зростання;
- на стовбурові клітини (активізація, міграція);
- призводить до стимуляції процесів заживлення в різних тканинах;
- на судинну тканину – викликають проліферацію й переміщення клітин ендотелію судин.

Розглянемо медичні ефекти ударно-хвильової терапії.

Вплив ударних хвиль відбувається на клітинному рівні за рахунок перетворення механічних імпульсів в біохімічні реакції. Це стимуляція фосфоліпази клітинних мембран, що призводить до підвищення їх проникності, активація протеази, що викликає деградацію базальної мембрани внутрішнього шару кровоносної судини і полегшенню міграції ендотеліальних клітин в суміжні тканини, посилення вироблення сигнальних білків – васкулярних ендотеліальних факторів росту й факторів зростання фібробластів, що забезпечує посилений ангіогенез.

Супутність клітинних механізмів формує процеси на рівні тканин: посилення реваскуляризації тканин, стимуляція мікроциркуляції та лімфовідтоку, знеболення, прискорення регенеративних процесів, протизапальна та протинабрякова дія, активація ліполізу, метаболічні зміни (нормалізація внутрішньо- та позаклітинного іонного обміну), підвищення м'язової еластичності, тургору шкіри, вплив на ішемізовану тканину серця.

Таким чином можна виділити основні медичні ефекти УХТ:

- знеболення, придушення спазмів м'язів;
- посилення реваскуляризації тканин;
- пришвидшення процесів регенерації;
- збільшення продукції колагену, що призводить до підвищення м'язової еластичності;
- покращення нервово-м'язової передачі імпульсів.

Стимуляція кровообігу є однією з переваг методу. Адекватний кровообіг необхідний для того, щоб запустити та підтримувати відновлювальні процеси в уражених тканинах. Акустичні хвилі стимулюють капілярний кровотік, неоангіогенез в кістках і сухожиллях.

Нові кровоносні судини покращують кровопостачання й оксигенацію в ділянці, що обробляється, прискорюють процеси заживлення.

Ще один механізм дії УВТ – загострення хронічного запалення. В хронічній стадії захворювання до процесу приєднуються навколишні тканини. Активність моторних клітин підвищується під впливом акустичних хвиль, що стимулює вироблення хемокінів і цитокінів, це сприяє запуск процесів нормального заживлення і відновлення в тканинах.

Стимуляція вироблення колагену. Достатня кількість колагену – необхідна умова для процесів відновлення в ушкоджених тканинах. УХТ прискорює синтез проколагена. Терапія ударними хвилями змушує новостворені колагенові волокна перетворюватися на продольну структуру, що робить їх більш щільними і жорсткими, створює більш стійку структуру. Стимуляція виробництва колагену в фібробластах призводить до прискорення заживлюючого процесу зв'язки і неоваскуляризації кісток.

Показання до ударно-хвильової терапії в неврології

- вертеброгенні рефлекторні синдроми (цервікокраніалгія, цервікалгія, люмбалгія, люмбоішіалгія);
- м'язово-тонічні синдроми;
- фасетковий синдром;
- міофасціальні синдроми;
- головний біль напруги;
- тригерні точки в м'язах;
- невропатії, поліневропатії;
- кокцигодинія;
- м'язова спастичність у дітей з ДЦП;
- дисфункція і артрозо-артрит скронево-нижньо-щелепного суглоба.

Іноді пацієнти мають захворювання опорно-рухового апарату, але звертаються до невролога, бо захворювання більше нагадують неврологічні:

- ахілодінія;
- контрактура Дюпюїтрена;
- сколіоз;
- ентеропатії;
- контрактури суглобів.



Мал. 18 УХТ при остеохондрозі (<https://awatage.cv.ua/treatment/shock-wave-therapy>)

Також ударно-хвильова терапія застосовується в урології, естетичній медицині, стоматології.

До протипоказань для ударно-хвильової терапії відносять:

- штучний водій серцевого ритму;
- хвороби, пов'язані зі згортанням крові;
- прийом антикоагулянтів;
- варикозна хвороба;
- новоутворення, гострі запальні процеси в місці впливу;
- до відносних протипоказань – вагітність та ін'єкції кортикостероїдів в зону терапії, що була нещодавно.

БІОМЕХАНІЧНА СТИМУЛЯЦІЯ М'ЯЗІВ

Природа біомеханічної стимуляції м'язів:

- вібрації, спрямовані вздовж м'язового волокна й імітуючи м'язові скорочення;
- коротка процедура замінює довготривале фізичне навантаження;

- при частоті 21 Гц за 15 хвилин біомеханічної стимуляції в м'язі витрачається 90% запасів АТФ.

Завдяки застосування біомеханічної стимуляції м'язів можна покращити рухливість в суглобах, в хребті, підвищувати силу м'язів, відновити рухову активність, прискорити процес навчання рухам, простимулювати сполучну тканину, впливати на м'язи ока при короткозорості та далекозорості, підвищувати розумову діяльність.

Тому в неврології застосовується при відновленні рухів при парезах, впливі на тонус м'язів (як зниження при спастичності, так і підвищення при гіпотонії, атонії), при гіпотрофіях м'язів.



Мал. 19 Прилад «Юність» для біомеханічної стимуляції м'язів (<https://www.oivi-naturelle.com/uk/massages/23-bmc.html>)

В апаратах ударно-хвильової терапії такий вплив можна здійснити за допомогою технології V-actor. Технологія V-actor цілеспрямовано впливає на тканини особливими вібро-імпульсами. Компресія та декомпресія, що викликає дана технологія, посилює мікроциркуляцію, внаслідок чого продукти метаболізму і токсини видаляються через кров та лімфатичну рідину з міжклітинного простору і сполученої тканини. Розтягування сухожилкових та м'язових волокон нормалізує м'язових тонус, внаслідок чого зникає м'язове напруження та ущільнення. Якщо лікування проводимо на частоті 35 Гц, то це значить, що рефлекс на розтягнення відбувається в м'язі 35 разів на секунду – м'яз буде скорочуватися постійно.

Технологія V-actor – це і локальний вплив на тригерні точки.

Тригерні точки – це ділянки м'язових волокон, що знаходяться в скороченому стані. Внаслідок цього перенапруження відбувається порушення адекватного кровообігу даної ділянки м'яза, що призводить до порушення обміну речовин і сприяє накопиченню шлаків, що подразнюють нервові закінчення, і це ще більше скорочує м'яз. Акустична енергія розблоковує кальцієві насоси, змінює метаболічні процеси в м'язових волокнах і руйнує тригерні точки.

Це важливо, тому що при захворюваннях периферичної нервової системи в першу чергу треба прибрати тригерні точки, а вже потім застосовувати загальнопоширені реабілітаційні методики.

16. КІНЕЗІОТЕЙПУВАННЯ

Ще один ефективний інноваційний метод реабілітації пацієнтів неврологічного профіля. Метод кінезіотейпування (kinesio – рух, tape – стрічка) був розроблений японським лікарем Кензо Касі у 1973 році, але до Олімпіади 2008 року не був поширеним. В рік Олімпіади Кензо Касі розіслав свої тейпи представникам 58 країн-учасниць. Багато спортсменів скористалися кінезіотейпами і досягли гарних результатів в спортивних змаганнях. Цим фактом надихнулися лікарі спортивної медицини, почали активно застосовувати тейпи, після чого метод набув поширеності в світі і при лікуванні захворювань.

Практикуючі лікарі та реабілітологи приділяють все більшу увагу кінезіотейпуванню у зв'язку з наступними властивостями тейпів:

- нешкідливість, натуральність тейпів, відсутність у складі алергенів;
- еластичність тейпів, дихальні властивості, легка вага;
- носіння протягом 5-7 днів без втрати ефективності його впливу;
- легка масажна дія на ділянку під тейпом;
- підняття під тейпом шкіри забезпечує посилений відтік крові і лімфи, за рахунок чого зменшується ішемія м'яза, знеболення, зняття набряку, зменшення запалення;
- стимулювання нервових рецепторів, що дозволяє впливати на тонус м'язів (підвищення або зниження гіпертонусу);
- зняття напруження і зайвого навантаження з ураженої ділянки тіла;
- розширення об'єму і амплітуди рухів.

При кінезіотейпуванні застосовуються як цілі стрічки тейпів, так і нарізані:

- Y-тейп – поздовжений розріз до середини тейпа.
- X-тейп – два поздовжніх надрізів назустріч, що не доходять один до одного на 5 см;
- V-тейп – розріз вздовж, не доходячи на 5 см до кінця (якір);
- китайський ліхтарик;
- лімфотейп – багато V-тейпів;
- ціла смуга – тейп без надрізів.

Довжина тейпу залежить від ділянки, яку тейпують, та сили натягу тейпу (25%, 50%, 75%, 90%). У дітей тейп застосовують без натягу.

Стрічку тейпа виробляються з бавовни, клейова поверхня – акриловий адгезивний шар.

Технічне тейпування

1. М'язове – зменшує больові відчуття, впливає на тонус м'язів.
2. Лімфатичне (лімфодренажне) – нормалізує лімфотік.
3. Зв'язкове – використовується при проблемах сухожилково-зв'язкового апарату, прискорює відновлювальні процеси.

4. Корекційне – ефективне при пошкодженнях суглобів, постави. Фіксаційна техніка, як різновид корекційного застосування при адгезії контрактуючих листків фасцій.

Тейпування дозволяє пацієнту полегшити рух, скоректувати тонус м'язів, м'яко стабілізувати суглоб, знизити набрякливість, спастичність м'язів, стимулювати послаблені м'язи.

На сьогодні за допомогою об'єктивних методів дослідження підтверджена ефективність використання тейпів:

1. В ділянці, де наклеєний тейп, зменшується тиск з поверхні шкіри. Підтвердження – ультразвукове дослідження. Декомпресія м'яза зменшує тиск на нервові закінчення в тканинах, які відповідають за сприйняття болю, це знижує інтенсивність больового синдрому. Локальний тиск зменшується, що поліпшує циркуляцію крові та лімфи; зменшує набряк тканин в зоні ураження.
2. Під час тейпування відбувається зміцнення шкіри і підлеглої тканини, що впливає на еферентний сигнал, який йде від місця тейпування до мозку.

Під час МРТ було доведено, що тейпування колінного суглоба збільшувало стимуляцію кіркових зон сенсорної кори головного мозку (у порівнянні з пацієнтами, яким тейп не накладали). За теорією «больового клапану» ця імпульсація забиває «сигнал, тим самим „закриває“ больовий клапан».

Про ефективність кінезіотейпування при хронічному болю в попереку свідчить аналіз 12 рандомізованих контрольованих досліджень, де аналізували лікування 676 пацієнтів. В більшості випадків пацієнти відмічали незначний біль (менший, ніж у пацієнтів, які не отримували кінезіотейпування).

Крім того доведено, що кінезіотейпування при болю в шії допомагає розслабити м'язи, зменшує навантаження на хребет, поліпшує процеси обміну, спричиняє посилення потоків нервових імпульсів, які блокують систему ноцицепції, що зменшує біль та збільшує рухливість в шийному відділі хребта.

Результати кінезіотейпування

Тейпи дозволяють стабілізувати суглоби, надають додаткову підтримку сухожиллям та м'язам, прискорюють процес відновлення неврологічних хворих після захворювань та травм.

Показання до кінезіотейпування:

1. Постінсультна спастичність.
2. Дорсопатії.
3. Рефлекторні вертеброгенні синдроми.
4. Головний біль хронічного типу.
5. Больовий синдром в ділянці плеча.

6. ДЦП у дітей.
7. Тунельні синдроми.
8. Міозити.
9. Поперекові болі у вагітних.
10. Корекція постави.
11. Стимулювання м'язів при млявих парезах.
12. Міофасціальні синдроми.
13. Збільшення амплітуди рухів в кінцівках.
14. Хвороба Бехтерева.



Мал. 20 Кінезіотейпування при патології хребта

(<https://chernivtsi.oxford-med.com.ua/ua/services/fizioterapiya/kinezioteipirovanie/>)

Протипоказання:

1. Тромбоз вен.
2. Захворювання шкірних покривів (екзема, відкриті рани).
3. Підвищена чутливість шкіри у літніх людей, ксеродерма.
4. Непереносимість акрилу.
5. Люди з цукровим діабетом.
6. Декомпенсовані захворювання нирок, серцево-судинної системи.
7. Вагітність – I триместр.
8. Ділянка злоякісного процесу.

Підготовка до тейпування

Шкіра пацієнта повинна бути чистою. Перед тейпуванням її бажано знежирити – протерти спиртом. В разі вираженого волосяного покриву його треба поголити.

Після наклеювання тейпу ефект відчувається пацієнтом майже одразу, через 10-15 хвилин, і зберігається протягом 5-7 днів.

Курс тейпування ефективно поєднувати з іншими методами реабілітації – ЛФК, УХТ та ін.

18. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ

Штучний інтелект – сукупність технологій, які аналізують дані, проводять аналітику, знаходять закономірності, які полегшують постановку діагнозу, надання рекомендацій щодо терапії та спостереження в динаміці.

Штучний інтелект дозволяє покращити догляд за хворим, оптимізувати процес реабілітації, стимулювати інновації. Але одночасно виникають проблеми, які стосуються етичних питань, зберігання даних, вплив автоматизації на роботу персоналу реабілітаційних закладів.

Література з використання штучного інтелекту тільки з'являється. Найбільше досліджень проведено в США, Китаї, Великій Британії. Аналіз цих робіт показав, що штучний інтелект може впливати на побудування схем реабілітації. Технології штучного інтелекту можуть аналізувати дуже великі об'єми інформації, порівнювати результати різних методів в реабілітаційній практиці і скласти рекомендації для кожного конкретного випадку.

В роботі Чоударі зі співавт. (2023) представлений систематичний огляд використання машинного навчання для покращення догляду за літніми пацієнтами, надаючи достатньо уваги психологічній допомозі та корекції очних проблем.



Мал. 21 III (<https://library.bdpu.org.ua/ai-for-education-and-research/>)

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ СИТУАЦІЙНИХ ЗАДАЧ

I.

1. Хворий, 60 років, відмічає, що в нього поступово розвивається скутість під час рухів, гіпомімія, почав ходити «човгаючи». З анамнезу життя: у батька було таке захворювання. Об'єктивно: мова тиха, монотонна, бідність міміки, поза «прохача», оліго-, брадікінезія, ахейрокінез. Встановлений діагноз: Хвороба Паркінсона II ступеня.

II.

1. Які задачі реабілітації у хворого II ступеня хвороби Паркінсона?
2. Яке обладнання доцільно застосувати в реабілітаційному процесі?
3. Складіть програму реабілітації.

Еталони відповіді

I

Задачі.

1. Етапне відновлення рухових стереотипів, боротьба з підвищенням тону м'язів.
2. Покращення чутливості.
3. Педальна вертикалізація.
4. Навички симетричної ходи, активна хода.
5. Навчання елементам функціонального пристосування
6. Боротьба з пастичністю
7. Покращення когнитивних функцій

II

Обладнання.

1. Механотерапія (комплекси роботизовані)
 - система для верхньої кінцівки
 - системи для нижньої кінцівки
2. Регульований жорсткий колінний ортез
3. Ортез для стопи та гомілкового суглоба
4. Ходунки
5. Дзеркало
6. Транскраніальні методики

III.

1. Транскраніальні методики (магнітна стимуляція, мікрополяризація)
2. Кінезотерапія. Використання роботизованих систем для поліпшення навичок ходьби, профілактика падінь.
3. Стабілометрія, стабілотренінг.
4. Плавання, лікувальна гімнастика.
5. Масаж.
6. Психотерапія.
7. Ерготерапія.

СИТУАЦІЙНІ ЗАДАЧІ

1. Хворий, 69 років, 20 років страждає на гіпертонічну хворобу та 10 років на цукровий діабет, звернувся до лікаря зі скаргами на похитування під час ходи, порушення пам'яті, ковтання та мовлення. При огляді: когнітивні порушення, псевдобульбарний синдром, сила в кінцівках знижена, тонус м'язів підвищений, глибокі рефлекси з кінцівок високі. Позитивний симптом Бабінського з двох боків. Порушень чутливості немає. В позі Ромберга атаксія. Встановлений діагноз: Дисциркуляторна атеросклеротична та дисметаболічна енцефалопатія ІІІ.

1. Які синдроми потребують реабілітаційного лікування?
2. Складіть план реабілітації.
3. Визначте задачі реабілітації.
4. Яке обладнання необхідно використовувати?

2. До реабілітаційного відділення потрапив чоловік, який рік тому отримав травму спинного мозку. Лікувався в стаціонарі, зараз проходить реабілітацію. На момент огляду глибокий нижній парапарез, відсутня чутливість з рівня Th7 з обох боків, періодичне нестримання сечі.

1. Задачі реабілітації для даного випадку.
2. Складіть реабілітаційну програму.
3. Які реабілітаційні системи треба залучити в лікування?

3. У хворого, 52 роки, слабкість м'язів верхніх кінцівок, схуднення кистей рук, гіпотрофія тенора, відмічаються фібрилярні посмикування в м'язах рук, плечей. Глибокі рефлекси з кінцівок високі. Чутливість збережена. Тазових розладів немає. Встановлений діагноз: Бічний аміотрофічний склероз.

1. Які структури нервової системи уражені?
2. Складіть програму реабілітації.
3. Які інноваційні методики слід використовувати.

4. Дитина, 3 роки, народилася після патологічного перебігу вагітності, має відставання в психомоторному розвитку, порушена хода. Об'єктивно: підвищення тону м'язів та рефлексів на нижніх кінцівках, під час ходи перехресує гомілки, спирається на пальці. Клінічний діагноз: ДЦП, диплегічна форма.

1. Які структури нервової системи уражені?
2. Складіть програму реабілітації.
3. Яке обладнання необхідно застосувати в даному клінічному випадку?

5. Хвора, 32 роки, через 4 місяця скаржиться на обмеження активних рухів в правому плечовому суглобі. При огляді: не може підняти праву руку до горизонтального рівня, зігнути в лікворному суглобі. Згинально-ліктьовий

рефлекс відсутній, зап'ястково-променевий знижений праворуч. При пальпації правої надключичної ямки – болючість. Знижена чутливість на зовнішній поверхні плеча. Встановлений діагноз: Верхній плечовий плексит Дюшена-Ерба.

1. Які структури нервової системи уражені?
2. Які задачі реабілітації у даному випадку?
3. Які сучасні методики кінезотерапії слід призначити?

6. У пацієнта, 56 років, після зняття гіпсової пов'язки (перелом внутрішнього надвиростка плеча) спостерігається кігтиста кисть: в проксимальних фалангах IV, V пальців – різке розгинання, а в середніх і кінцевих згинання. Гіпотрофія м'язів між II-V пальцями, знижена чутливість в половині IV пальця та в V.

1. Про яке захворювання можна думати?
2. Які методи реабілітації найефективніші при відновленні сенсомоторної функції в даному випадку?

7. Хворий, 42 роки, скаржиться на порушення рухів та слабкість в лівій кисті. Об'єктивно: кисть звисає, хворий не може її розігнути. Відмічається зниження чутливості по зовнішньому краю передпліччя, на тильній поверхні I-III пальців руки. З анамнезу відомо, що 2 тижні тому, після вживання алкоголю спав на вулиці на лівій руці. Встановлений діагноз: Нейропатія правого променевого нерва.

1. Який можливий механізм розвитку захворювання?
2. Які задачі реабілітації у даному випадку?
3. Які методи реабілітації можна призначити хворому?

8. Хворому, 48 років, встановлений діагноз спастичної стадії спинної сухотки. При огляді: хиткість при ході, яка різко поширюється в темряві. В нижніх кінцівках знижено м'язово-суглобове відчуття.

1. Які задачі реабілітації у даному випадку?
2. Які інноваційні методики можна застосувати для відновлення розладів ходи?

9. У хворого після травми правої плечової області скарги на слабкість правої кисті, відчуття заніміння в ній. Об'єктивно: парез м'язів правої кисті, відсутність розгинально-ліктьового рефлексу, гіпотрофія м'язів кисті, гіпалгезія передпліччя, кисті, синдром Бернара-Горнера справа (птоз, міоз енофтальм). Клінічний діагноз: Правобічний нижній плечовий плексит Дежеріна-Клюмпке.

1. Складіть програму реабілітації.
2. Які задачі реабілітації у даному випадку?

10. Хвора, 32 роки, 3 тижні тому спала біля відкритого вікна, після чого відчувала біль в лівій заушній ділянці. Через 2 дні помітила асиметрію обличчя. С діагнозом невропатія лівого лицьового нерву лікувалась в стаціонарі. На

момент огляду: на лобі ліворуч не утворюються зморшки, ліве око при зажмурюванні не повністю закривається, лівий кут рота опущений, ліва носогубна складка згладжена; не може свистіти, слезотеча з лівого ока, гіперакузія зліва, порушення смаку на лівій половині язика.

1. Встановіть діагноз.

2. Які сучасні методи реабілітації можна використовувати у хворої в даний період часу?

11. Хвора, 51 рік, скаржиться, що протягом двох тижнів, після надмірного фізичного навантаження, відчуває біль в спині на рівні грудного відділу хребта, який іррадіює по ходу ребр в праву половину грудної клітки. Об'єктивно: пальпаторно болючість паравертебральних точок справа на рівні грудного відділу хребта. Розладів чутливості не виявлено. Встановлений діагноз: Вертеброгенаторакалгія.

1. Складіть програму реабілітації.

2. Які задачі реабілітації у даному випадку?

3. Яке обладнання треба використовувати?

12. Хворий знаходиться на лікуванні в неврологічному відділенні два тижні з приводу вертеброгенної радікулопатії корінця L5. Скарги на незначний біль та парестезії в верхньому відділі правої сідниці, на зовнішній поверхні спини, передньо-зовнішній поверхні гомілки, тильній поверхні стопи. В неврологічному статусі: гіпалгезія в ділянці великого пальця стопи та передньо-зовнішній поверхні гомілки, слабкість флексорів стопи. Пацієнту важко стояти на п'ятці з розігнутою стопою.

1. Складіть програму реабілітації.

2. Які задачі реабілітації у даному випадку?

3. Які інноваційні технології можна застосувати в даному випадку?

13. Хворий, 58 років, шість місяців тому лікувався в неврологічному відділенні з приводу ішемічного інсульту в правій гемісфері. На момент огляду лівобічний геміпарез з підвищенням м'язового тону до 2-х балів. Самостійно пересувається. Частково може себе обслуговувати.

1. Сформулюйте короткочасні задачі реабілітації.

2. Які інноваційні методики можна включати в програму реабілітації для цього хворого?

14. Мати 6-річного хлопчика скаржиться на поведінку дитини: хлопчик не грає в спокійні ігри, весь час намагається рухатися, бігати, робить багато зайвих рухів кистями рук, стопами, коли сидить на місці, багато розмовляє, неуважний. В неврологічному статусі: осередкова симптоматика не відмічається.

1. Про який діагноз слід думати?

2. Які інноваційні методи терапії слід призначити в даному випадку?

3. Складіть програму реабілітації.

15. У дитини, 2,5 роки, після перенесеного менінгіту в перший рік життя, відмічається наявність дуже малого словникового запасу, дуже повільно розмовляє. При огляді: труднощі з концентрацією, увагою, вузький спектр прояву емоцій. Малюк не спілкується з однолітками, зі слів матері часто буває агресивним. Встановлений діагноз: Затримка психічного та мовленнєвого розвитку.

1. Які задачі реабілітації в даному клінічному випадку?
2. Які сучасні методики реабілітації можна застосувати в терапії?

16. У дитини, 7 років, посмикування м'язів щоки, кутка рота, які виникли після стресу і тривають кілька місяців. Посмикування посилюються, коли дитина хвилюється. Дитина не помічає посмикування. Встановлений діагноз: Гіперкінез.

1. Визначити поняття «гіперкінез». Які види гіперкінезів бувають?
2. Визначте методики фізичної терапії, які зменшують прояви гіперкінезів.

17. У дитини, 4 роки, діагностовано гіперкінетична форма ДЦП. При огляді: невелика затримка мовного розвитку, мінливість м'язового тону, яка обумовлює незграбність рухів; хореатетоз. Затримки психічного розвитку не відмічається.

1. Визначте задачі курсу реабілітації в даному випадку.
2. Складіть реабілітаційну програму з включенням інноваційних технологій.
3. Яке обладнання треба застосувати в даному випадку?

18. У хворої, 30 років, після травми голови сформувалася гематома, яка була прооперована 2 місяці тому. На момент огляду: при ходьбі кульгає. В пробі Барре скоріше опускається ліва нога, симптом Бабінського і Штрюмпеля позитивні зліва, сухожилкові рефлекс з нижніх кінцівок вище ліворуч.

1. Складіть програму реабілітації.
2. Які інноваційні технології треба використати?

19. У хворого, 72 роки, раптово зникли рухи в ногах. Два тижні до того турбувала минула слабкість в ногах, нетривала затримка сечі. Встановлений діагноз: Ішемічний спінальний інсульт з ураженням середньо-грудного відділу спинного мозку. Знаходиться третій тиждень на лікуванні у неврологічному стаціонарі. На момент огляду: глибокий нижній парапарез, гіпалгезія з рівня Th5 сегменту донизу. Затримка сечі.

1. Сформулюйте задачі реабілітації.
2. Складіть реабілітаційну програму.
3. Яке обладнання треба застосувати в даному випадку?

20. Пацієнт, 18 років, два місяці тому отримав травму голови, був діагностований струс головного мозку. Пацієнт не лікувався, але відмічає, що весь цей час його турбує головний біль, загальна слабкість, безсоння, дратівливість. В неврологічному статусі осередкових симптомів не виявлено.

1. Чи доцільно призначити терапію і реабілітацію пацієнту?
2. Які сучасні методики реабілітації можуть позитивно вплинути на стан пацієнта?
3. Яке обладнання треба застосувати в даному випадку?

21. Жінку, 25 років, протягом останніх 8 місяців турбує слабкість у ногах. Проходила курс стаціонарного лікування. Слабкість зменшилась, але потім знову наростала. Місяць тому приєдналось похитування під час ходи, відмічає періодичну затримку сечі. Об'єктивно: нижній центральний парепарез, порушення м'язового-суглобового відчуття в пальцях ніг, легку атаксію. Встановлений діагноз: Розсіяний склероз.

1. Чи доцільно призначати немедикаментозну терапію?
2. Якщо так, то які інноваційні технології необхідно застосувати?
3. Складіть план реабілітації.

22. Пацієнтка, 38 років, скаржиться на біль в поперековому відділі хребта, що посилюється при рухах. Біль іррадіює по задньо-бічній поверхні лівої ноги. Об'єктивно: рухи в попереку обмежені, болісні, згладжений поперековий лордоз, симптоми Лассега, Нері позитивні зліва. Змін чутливості немає. Сухожилкові рефлекс з нижніх кінцівок S=D. Встановлений діагноз: Вертеброгенна лівобічна люмбоішіалгія.

1. Які сучасні технології реабілітації застосовуються при рефлекторних вертеброгенних синдромах?
2. Які інноваційні діагностичні реабілітаційні технології треба застосувати?
3. Складіть план реабілітації.

23. У хворого, 40 років, діагностовано вертеброгенна люмбалгія, період загострення. З анамнезу відомо, що страждає на епілепсію, приймає протиепілептичні заходи, що призвело до відсутності нападів більше 2-х років. В неврологічному статусі: напруженість м'язів попереку, рухи в поперековому відділі болісні, обмежені.

1. Чи можна проводити хворому реабілітаційні заходи в лікуванні люмбалгії?
2. Які сучасні методики (обладнання) можна застосовувати?
3. Складіть план реабілітації.

24. Хворий, 58 років, рік тому лікувався з приводу геморагічного інсульту в лівій півкулі мозку. На теперішній час скаржиться на порушення ходи,

слабкість в правих кінцівках, підвищення тону м'язів в них. Об'єктивно: правобічний спастичний геміпарез. Пацієнт самостійно пересувається, самообслуговування – частково.

1. Які задачі реабілітації на даному етапі реабілітації.
2. Які інноваційні методи боротьби з спастичністю.
3. Складіть програму реабілітації.

25. Хворий, 75 років, скаржиться на тремтіння в верхній кінцівці праворуч, загальмованість рухів, слинотечу. При огляді: виявлена гіпертонія м'язів кінцівок за типом «зубчатого» колеса, гіпомімія обличчя, оліго- та брадікінезія, тремтіння пальців рук в спокою. Встановлений діагноз: Хвороба Паркінсона.

1. Яка стадія хвороби Паркінсона у хворого?
2. Складіть програму реабілітації.
3. Які сучасні технології доцільно використовувати в терапії?

26. Хворий, 70 років, скаржиться на порушення мови, слабкість в правій верхній кінцівці. З анамнезу: 3 місяця тому переніс ішемічний інсульт. Об'єктивно: згладжена права носо-губна складка, девіація язика, дизартрія, позитивна верхня проба Баре праворуч. Сухожилкові рефлексії с рук підвищені праворуч.

1. Які методики відновлення мовлення?
2. Які сучасні технології можна застосувати для відновлення рухів в верхній кінцівці?
3. Складіть програму реабілітації.

27. У пацієнта після перенесеного інсульту рік тому спостерігається порушення мови – вимовляє лише окремі слова, але повністю розуміє звернену до нього мову. Іншої осередкової симптоматики не спостерігається.

1. Яку назву має порушення мови?
2. Які сучасні технології реабілітації дозволяють відновити кіркові мовні розлади?

28. У дитини, 8 років, виникають короткочасні (до 15-20 сек) напади з виключенням свідомості без падіння і судом, які повторюються до 3 разів на добу. Напади раптові, не пов'язані з зовнішніми факторами. Напади дитина не пам'ятає. В неврологічному статусі змін не виявлено. Діагноз абсансної форми епілепсії підтверджений при ЕЕГ- обстеженні.

1. Складіть план реабілітаційної терапії.
2. Які інноваційні технології доцільно застосувати?

29. Хворий, 32 роки, скаржиться на біль в лівому плечовому суглобі з іррадіацією в руку, шийно-потиличну ділянку. Біль виник тиждень тому після переохолодження. В неврологічному статусі: болісне відведення лівої руки,

заведення її за спину. Гіпертонус грудних м'язів праворуч, трапецієподібного та надосного м'яза. При пальпації лопатки відмічається болючість.

1. Сформулюйте реабілітаційний діагноз.
2. Які сучасні технології треба використовувати при проведенні реабілітаційної програми.

30. Хворий, 43 роки, скаржиться на біль в спині, яка посилюється при рухах, іррадіює в праву нижню кінцівку. Об'єктивно: болісна пальпація паравертебральних точок в поперековому відділі хребта, м'язи попереку напружені, болісні при пальпації. Рухи в попереку обмежені із-зі болю. При МРТ обстежені виявлена кіло диску L5 розміром 5 мм.

1. Яка мета реабілітаційної терапії в даному випадку?
2. Які сучасні методи реабілітації треба використати в терапії?
3. Складіть програму реабілітації.

31. Хворий, 62 роки, поступив в неврологічне відділення 4 дні тому з діагнозом ішемічний інсульт в правій півкулі головного мозку. Скарги на слабкість та порушення рухів в лівих кінцівках. Об'єктивно: лівобічний геміпарез з об'ємом активних рухів до 3 балів з легкою гомогіпостезією. Свідомість ясна.

1. Чи вчасно починати вертикалізацію хворого?
2. Які сучасні технології можна застосувати для відновлення рухових функцій?
3. Складіть програму реабілітації.

32. Хворий, 26 років. Діагноз: травматична хвороба спинного мозку, ураження поперекового потовщення, нижній в'ялий парапарез. Клінічні данні: травма спини 8 місяців тому. Знижена чутливість в ногах з рівня пахових складок. Порушення тазових органів за периферичним типом. Хворий сидить самостійно, ходити не може.

1. Сформулюйте задачі реабілітації.
2. Яке обладнання знадобиться для відновлення рухових функцій нижніх кінцівок?
3. Складіть програму реабілітації.

33. Пацієнт, 21 рік, перебуває в нейрохірургічному відділенні 3 місяці з діагнозом забиття лівої півкулі головного мозку, правобічний геміпарез, моторна афазія. Переведений у відділення нейрореабілітації. При огляді: правобічний спастичний геміпарез з підвищеним тонусом м'язів і рефlekсами ліворуч. Гемігепістезія правої половини тіла. Хворий сидить з допомогою, стояти і ходити не може. Активні рухи в верхній кінцівці – ворушить пальцями, в нижній відсутні. Помірні прояви моторної афазії.

1. Які задачі реабілітації на даному етапі захворювання?
2. Які сучасні технології необхідно застосувати для вертикалізації хворого, відновлення рухів в кінцівках?
3. Складіть програму реабілітації.

34. Хвора, 40 років, 10 років страждає на вертеброгенну цервікалгію, звернулася до лікаря щоб пройти курс профілактичного лікування. На момент огляду: скарги на незначні больові відчуття в шиї при довгому перебуванні у вимушеній позі. Пальпація остистих відростків в шийному відділі хребта – легка болісність. М'язи шийно-комірцевої зони напружені. Обмежень рухової функції шийного відділу немає.

1. Чи потрібно призначати хворій фізичну терапію?
2. Які інноваційні технології можна застосувати для діагностики та лікування?
3. Складіть програму реабілітації.

35. Хворий, 38 років, звернувся до лікаря з приводу страху перед авіа перельотами, який виник після перегляду серій авіакатастроф по телевізору. В аеропорту у пацієнта починається розвиватися тривожність, відчуття «нестачі» повітря. За 2-3 доби до перельоту відмічає безсоння, різке зниження працездатності. Після авіа перельоту стан стабілізується. Встановлений діагноз: Невроз нав'язливих станів.

1. Сформулюйте задачі реабілітаційної терапії.
2. Складіть програму реабілітації з застосуванням інноваційних технологій.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Богдановська, Н. В. Фізична реабілітація засобами фізіотерапії : підруч. для здобувачів ступеня вищ. освіти магістра спец. "Фізична терапія, ерготерапія" / Н. В. Богдановська, І. В. Кальонова. - Суми : Унів. кн., 2023. - 328 с.
2. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підр. для студентів І рівня вищ. освіти: галузь знань 22 «Охорона здоров'я», спец. 227 «Фізична терапія, ерготерапія» / Л. О. Вакуленко [та ін.]; за ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчук. – Тернопіль: ТДМУ «Укрмедкнига», 2020. – 172 с.
3. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Нейрореабілітація: нац. підруч. для студентів і лікарів. Т. 2 / В. М. Сокрут [та ін.]. ; за заг. ред. В. М. Сокрута. - Слов'янськ : Друкарський двір, 2020. - 340 с.
4. Попадюха Ю. А. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях : навч. посіб. для студентів і магістрантів , які навч. за спец. "Фізична терапія, ерготерапія", аспірантів під час підготовки докторів філософії за спец. 227 "Фізична реабілітація" вищ. навч. закл. України / Ю. А. Попадюха. - Київ : Центр учбової літ., 2022. - 324 с.
5. Попадюха Ю. А. Сучасні комплекси, системи та пристрої реабілітаційних технологій : навч. посіб. для студентів і магістрантів, які навч. за спец. "Фізична терапія, ерготерапія", аспірантів під час підгот. докторів філос. за спец. 227 "Фізична реабілітація" вищ. навч. закл. України / Ю.А. Попадюха. - Київ : ЦУЛ, 2022. - 656 с.

1. Бакалюк, Т. Г., Віцентович, М. В., Стельмах, Г. О., & Блажеєв, Д. О. (2024). Телереабілітаційні технології в реабілітації дітей із руховими порушеннями. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. – №1 (99). – 2024. – с. 89-94.
2. Демченко А. В. Транскраніальна магнітна стимуляція при лікуванні моторних та немоторних симптомів хвороби Паркінсона / А. В. Демченко, Дж. Н. Аравіцька, А. В. Ревенько // Український неврологічний журнал. – 2020. – № 4. – с. 5-10.
3. Істомін А. Г. Модифікація спортивних підвісних систем для використання у реабілітаційному процесі / А. Д. Істомін, Е. С. Луценко // Травма. – Т. 17, № 2. – 2016. – с. 6-10.
4. Леулг А., Ширвалкер П., Чен Р. Транскраніальна магнітна стимуляція при болю, головному болю, супутній депресії : огляд та рекомендації експертної групи INS-NANS. – Нейромодуляція. Технологія нейронного інтерфейсу. – Т. 23, № 3. – 2020. – с. 267.
5. Ротарь Я. Ф., Зендик А. В. Застосування кінезіотерапії за системою NEURAK при радикулопатії / Л. Ф. Ротарь, А. В. Зендик // SWorldJournal. - Issue 7 / Part 3. – 2021. – р. 37-40.
6. Фаріон-Навольська О. В., Мисула І. Р. Ефект від застосування стабілоплатформи за оцінкою показників постурального балансу в осіб із нестабільністю шийного відділу хребта / О. В. Фаріон-Навольська, І. Р. Мисула // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. – № 3. – 2023. – с. 173-181.
7. Jakob I., Kollreider A., Germanotta M., Benetti F., Cruciani A., Padua L., Aprile I. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. PM & R. 2018 Sep;10(9 Suppl 2). – р. 189-197.

8. Алекперов Е. Н. Аналіз стабілограм людини, отриманих під час виконання фізичних вправ. Дипломна робота освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 153 мікро- та наносистемна техніка. – Київ. – 2021. – 81 с.
9. Бісмак О. В. Механотерапія як засіб фізичної терапії в осіб з травматичними ушкодження периферичних нервів верхньої кінцівки / О. В. Бісмак, Д. М. Сафонцев // Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. – Вип. 1 (121). – Київ. – 2020. – с. 20-25.
10. Вакуленко Л. О. Шляхи удосконалення фізичної реабілітації в Україні / Л. О. Вакуленко, Д. В. Вакуленко, О. Р. Барладін, С. З. Храбра, В. С. Грушко // Вісник наукових досліджень. – 2016. – № 3. – с. 92-96.
11. Ван Кью, Маркопулос П. Ю. та ін. Інтерактивні носимі прилади для реабілітації верхньої частини тіла : систематичний огляд / Neuroeng Rehabil. – 2017. – с. 14-20.
12. Гаркавенко В. В. Стабілографічні показники людини в позиціях нахилів тіла вперед і назад / В. В. Гаркавенко, О. В. Колосова, В. Д. Максимова // Фізіологічний журнал. – Т. 62, № 1 – 2016. – с. 62-67 [Електронний ресурс: https://fz.kiev.ua/journals/2016_V.62/2016_1.pdf]
13. Гришин І., Антонова-Рафі Ю. Застосування методики «Neuras» у поєднанні з методикою «Mulligan» у фізичній терапії коксартрозу II–III ступенів / І. Гришин, Ю. Антонова-Рафі // Фізіотерапія. Часопис. – № 3. – 2023. – с. 38-44.
14. Гурова А. І., Вертебна А. О. Ефективність застосування підвісної системи Redcord для реабілітації пацієнтів із захворюваннями опорно-рухового апарату / Challenges of physical education, sports and rehabilitation: experience of EU countries and implementation in the practice of Ukraine: Collective monograph. Riga: Izdevnieciba «Baltija Publishing». – 2019. – Р. 20-38.
15. Козак Д.В. Лікувальна фізична культура: посібник / Д.В.Козак, Н.О. Давибіда. Тернопіль: ТДМУ, 2018 – 108 с.

16. Лях Ю. Комп'ютерна стабілометрія в оцінці функціонального стану людини / Ю. Лях, О. Усова, А. Романюк, В. Мельничук, М. Лях, А. Антипов // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. – 2019. – № 2. – с. 66-72.
17. Попадюха Ю. А. Особливості застосування роботизованих комплексів серії Armeo в нейрореабілітації верхніх кінцівок / Ю. А. Попадюха // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Л. Українки. – Серія: Фізичне виховання і спорт. – Вип. 19. – Луцьк. – 2016. – с. 129-134.
18. Талова Н. С. Механотерапія в програмі фізичної реабілітації хворих з контрактурою ліктьового суглоба / Н. С. Талова // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2014. – № 6. – с. 112-115.
19. Хаги М. Носимі прилади в медичному Інтернеті речей : наукові дослідження та комерційні доступні прилади / М. Хаги, К. Туроу, Р. Столл // Healthic Inform Res. – 2017. – 23. – р. 4-15.
20. Фізіотерапія. Підручник для студентів бакалаврського напрямку підготовки «Фізіотерапія» у 1-у медичному факультеті Карловського університету / Швесткова О., Сладкова Петра та кол. перекл. з чеської, Київ, 2019. – 196 с.
21. Яковенко Н.П. Фізіотерапія: підручник / Н.П. Яковенко, В.Б. Самойленко - 2-е вид. – Київ : Медицина, 2018 – 258 с.
22. Яценко К. В. Дослідження впливу мікрополяризації на нервові клітини при моделюванні запального процесу in vitro / К. В. Яценко, І. В. Лушнікова, Г. Г. Скибо // Український неврологічний журнал. – 2018. – № 2. – с. 69-73.
23. 20. Types of Vestibular Disorders. Available from: <https://vestibular.org/article/diagnosis-treatment/types-of-vestibular-disorders/> (accessed 14 May 2021)
24. The efficacy of kinesio taping as an adjunct to physical therapy for chronic low back pain for at least two weeks. A systematic review and meta-analysis of

randomized controlled trials / Sun Guangchen, Lou Qiliang // Medicine (Baltimore).
– 2021. – Dec 10;100(49). doi: 10.1097/MD.00000000000028170

25. Lum P. S. Robotic approaches for rehabilitation of hand function after stroke
/ P. S. Lum, S. B. Godfrey, E. B. Brokaw, R. J. Holley, D. Nichols // American
Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2012. – p. 242-254.