

Софія КОВБАН, аспірант,
Поліна ВЕРБИТСЬКА, студентка,
Павло ПРОКОПОВИЧ, студент,
Володимир БЄСЄДА, канд. пед. наук, доц.,
Ігор СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф.,
Ігор ПРОКОПОВИЧ, д-р техн. наук, проф.,
Геннадій ОБОРСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.
Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна, e-mail: i.v.prokopovich@op.edu.ua

АПАРАТНИЙ МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЇ ПРОМЕНЕВО-ЗАП'ЯСТКОВОГО СУГЛОБА

Анотація. Пропонується конструкція діагностично-корекційного комплексу кінематики променево-зап'ясткового суглоба для діагностики та корекційної реалізації рухів в променево-зап'ястковому суглобі у лікувальних та реабілітаційних цілях. Розроблений прилад є ефективним засобом реабілітації (відновлення об'єму рухів кисті).

Ключеві слова: променево-зап'ястковий суглоб, флексія, екстензія, ліктьова девіація, променева девіація, пронація-супінація

Переломи та травми променево-зап'ясткового суглоба становлять 16 % від усіх переломів кісток скелета [1, 3, 4]. Суглобовий комплекс променево-зап'ясткового суглоба складається з двох суглобів [5, 6]:

– променево-зап'ясткового, утвореного дистальним кінцем променевої кістки та проксимальним рядом кісток зап'ястя;

– середньозап'ясткового між проксимальним та дистальним рядами кісток зап'ястя.

Рухи в променево-зап'ястковому суглобі відбуваються навколо двох осей, коли кисть перебуває у нейтральному анатомічному становищі, тобто у положенні повної супінації [6, 7, 8].

Поперечна вісь лежить у фронтальній площині і контролює рухи *згинання* та *розгинання*, що здійснюються в сагітальній площині:

– *флексія* – передня (долонна) поверхня кисті рухається до передньої поверхні передпліччя;

– *екстензія* – задня (тильна) поверхня кисті рухається до задньої поверхні передпліччя.

Передньозадня вісь лежить у сагітальній площині і контролює рухи *приведення* та *відведення*, що відбуваються у фронтальній площині:

– *приведення* або *ліктьова девіація* – переміщення кисті у напрямку до поздовжньої осі тіла, її внутрішній (ульнарний) край утворює тупий кут із внутрішнім краєм передпліччя;

– *відведення* або *променева девіація* – переміщення кисті від поздовжньої осі тіла, її зовнішній (променевий) край утворює тупий кут із зовнішнім краєм передпліччя.

Пронація-супінація – це круговий рух передпліччя по відношенню до поздовжньої осі. У ньому беруть участь два механічно пов'язані між собою суглоби:

– верхній променеліктьовий (SRU), який анатомічно належить до ліктьового суглоба;

– нижній променеліктьовий (IRU), який анатомічно не входить у променево-зап'ястковий суглоб.

Функція супінації забезпечується такими м'язами:

– коротким супінатором, закрученим навколо шийки променя та реалізуючим ефектом «розкручування»;

– двоголовим м'язом плеча, який прикріплюється до вершини «супінаційного колінчастого вигину», тобто до бугристості променевої кістки, що здійснює тягу та досягає максимальної ефективності при зігнутому під кутом 90° ліктьовому суглобі.

Функція пронації забезпечується такими м'язами:

– квадратним пронатором, закрученим навколо дистального кінця ліктьової кістки, при його «розкручуванні» променева кістка рухається навколо ліктьової;

– круглим пронатором, що прикріплюється до вершини «пронаціонального колінчастого вигину» променевої кістки та діє за допомогою тяги.

Пронатори іннервуються лише одним нервом – серединним (n. medianus, CV–CVIII та TI), а супінатори – двома нервами: променевим (n. radialis, CV–CVIII) та м'язово-шкірним (n. musculocutaneus, CV–CVII), останній іннервує двоголовий м'яз плеча.

Згинання (FLEX) вимагає активації м'язів I (ліктьовий згинач зап'ястя, іннервація – n. ulnaris (CVII–CVIII)) і III (променевий згинач зап'ястя, іннервація – n. medianus (CVI–CVII)) і довгий долонний м'яз, іннервація – n. medianus (CVII–CVIII)) груп.

Розгинання (EXT) вимагає участі м'язів II (ліктьовий розгинач зап'ястя, іннервація – n. radialis (CVI–CVIII)) та IV (довгий, іннервація – n. radialis (CV–CVII)) і короткий розгинач зап'ястя, іннервація – n. radialis (CV–CVII)) груп.

Приведення (ADD) здійснюється м'язами I (ліктьовий згинач зап'ястя, іннервація – n. ulnaris (CVII–CVIII)) та II (ліктьовий розгинач зап'ястя, іннервація – n. radialis (CVI–CVIII)) груп.

Відведення (ABD) здійснюється м'язами III (променевий згинач зап'ястя, іннервація – n. medianus (CVI–CVII)) і довгий долонний м'яз, іннервація – n. medianus (CVII–CVIII)) і IV (довгий, іннервація – n. radialis (CV–CVII)) і короткий променевий розгинач зап'ястя, іннервація – n. radialis (CV–CVII)) груп.

При вимірах та аналізі зазначених рухів, як правило, розглядається віртуальна система координат (рис. 1) [4].

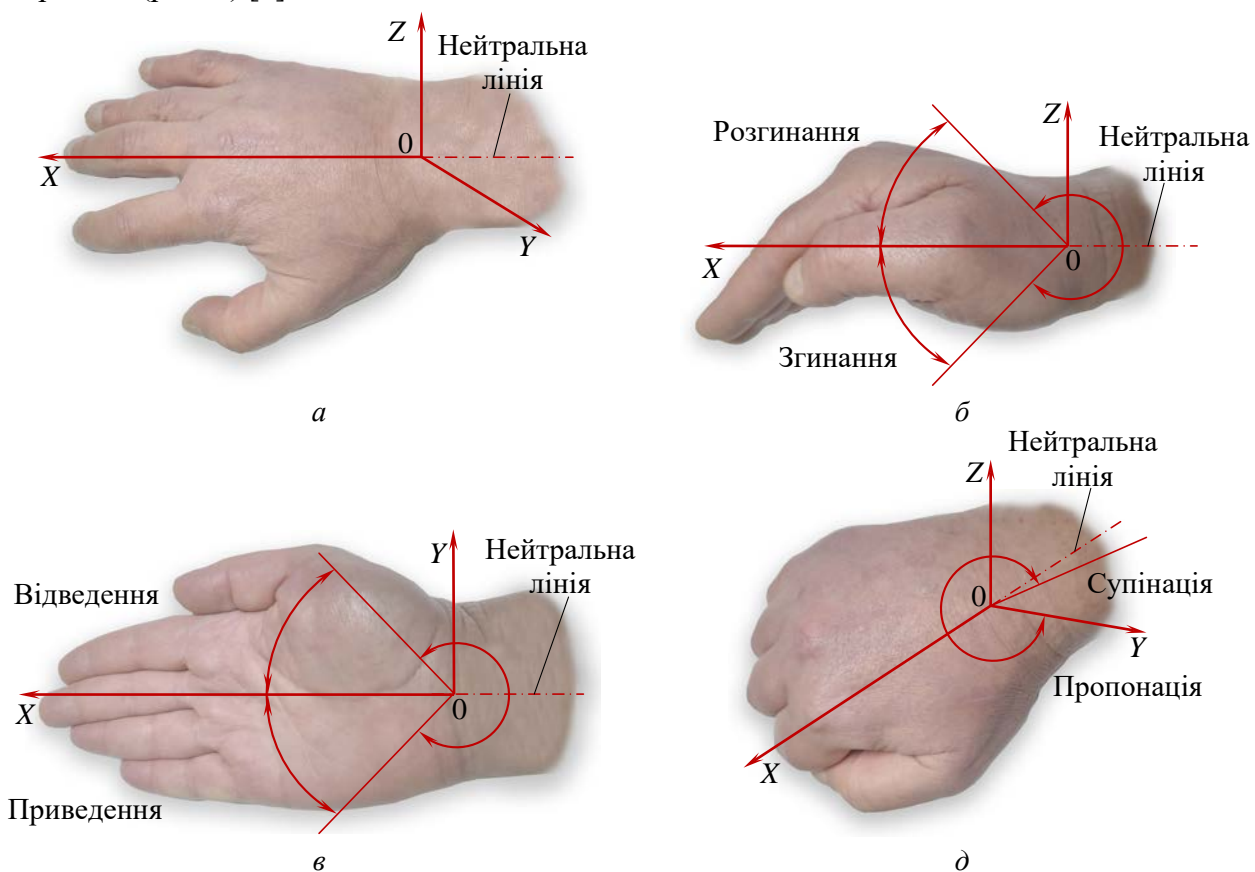


Рис. 1. Складові елементи складного руху зап'ястя руки: прийнята система координат (а); кутове переміщення відносно осі Y (б); кутове переміщення відносно осі Z (в); кутове переміщення відносно осі X (д)

У цій системі координат вісь X, яка проходить геометричною осі передпліччя, визначає так звану нейтральну лінію, а площина XOY – нульову площину.

Для діагностики та корекційної реалізації наведених рухів у лікувальних та реабілітаційних цілях розроблено діагностично-корекційний комплекс кінематики променево-зап'ясткового суглоба (ДКПС), що складається з ложементу LI, трьох

спеціалізованих модулів МП (МП-1, МП-2, МП та елементів з'єднання ІІІ (рис. 2). Прилад сконструйовано з урахуванням того, що променево-зап'ястковий суглоб має складну структуру і має багатий функціонал, яким забезпечує пасивний (на початковій стадії реабілітації) та активний рух кисті у всіх анатомічних площинах – пронація-супінація, згинання-розгинання, відведення-приведення для повного відновлення та повернення до нормального функціонування.

Ложемент є пристосуванням, призначеним для фіксації руки пацієнта та орієнтації її нейтральної осі з віссю задіяного модуля, який визначає величину необхідного переміщення (для ДКПС – девіація кутового переміщення). Ложемент складається з основи 1, трьох стійок 2 і трьох опорних напівкілець 3 (у деяких випадках з фіксатором 4) для комфортності покритих м'яким пористим матеріалом 5 (рис. 3).

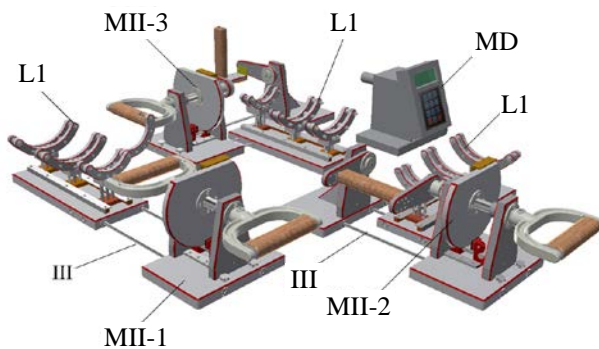


Рис. 2. Діагностично-корекційний комплекс кінематики променево-зап'ясткового суглоба

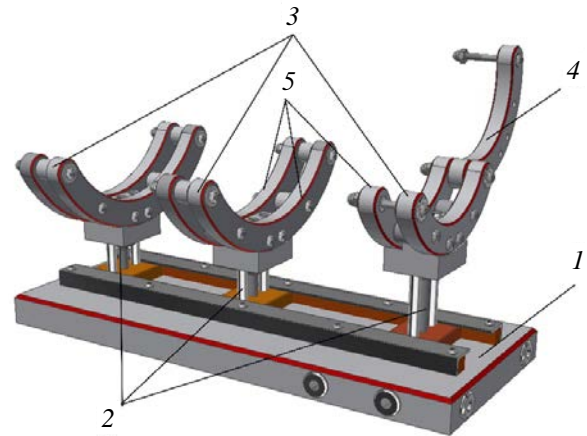


Рис. 3. Ложемент L1 комплексу ДКПС

Гнучкість налаштування ложемента залежно від розмірів кінцівки пацієнта реалізована можливістю незалежного переміщення стійок 2 вздовж основи та незалежного вертикального переміщення кілець 3. Це дозволяє надійно зафіксувати передпліччя реалізуючи спирання за схемою класичного спирання циліндричного тіла за трьома точками. Півкілець з фіксатором 4 застосовується при виконанні рухів пронація-супінація для запобігання «паразитних» переміщень.

Модуль пронації-супінації (МП-1) призначено для реалізації необхідної девіації в діапазоні від -80° (пронація) до 80° (супінація) від нульового положення, що визначається площиною XOY (рис. 2, д). Модуль складається з основи 1 двох стійок 2, валу 3, на якому закріплений мірний диск 4 з кріпленням для вимірювача 5 та двох рукояток: рукоятки пацієнта 6 та рукоятки оператора 7. Залежно від прийнятої методики реабілітації модуль може бути доукомплектований модулем фрикціону 8 (рис 4).

За допомогою елементів з'єднання ІІІ модуль з ложементом L1 утворюють жорстку конструкцію, яка визначає співвісність нейтральної лінії руки пацієнта та осі модуля.

Модуль згинання-розгинання (МП-2) призначений для реалізації необхідної девіації в діапазоні від -70° (відведення) до 80° (приведення) від нульового положення, яке визначається площиною XOY (рис. 2, б). Модуль складається з двох основ 1, трьох стійок 2, валу 3, на якому закріплено мірний диск 4 з кріпленням для вимірювача кута 5 та двох рукояток: рукоятки пацієнта 6 та рукоятки оператора 7 (рис. 5).

Залежно від прийнятої методики реабілітації, модуль може бути доукомплектовано фрикціоном 8.

За допомогою елементів з'єднання ІІІ модуль з ложементом L1 утворюють жорстку конструкцію, яка визначає співвісність нейтральної лінії руки пацієнта та осі модуля.

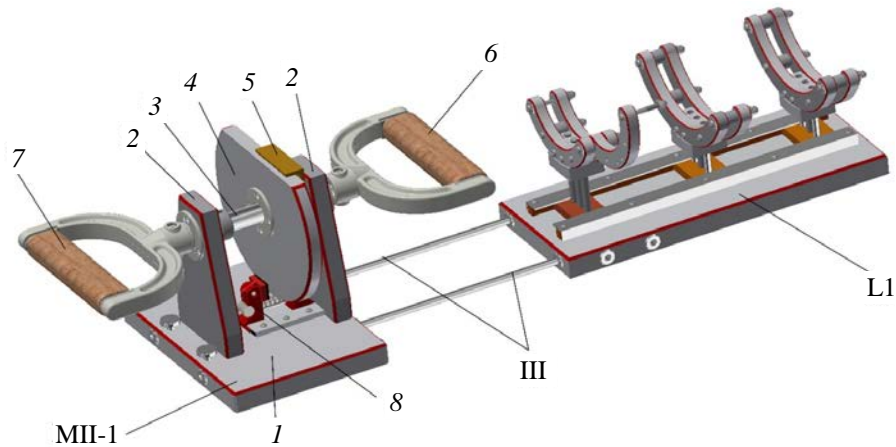


Рис. 4. Модуль МІІ-1 з ложементом L1

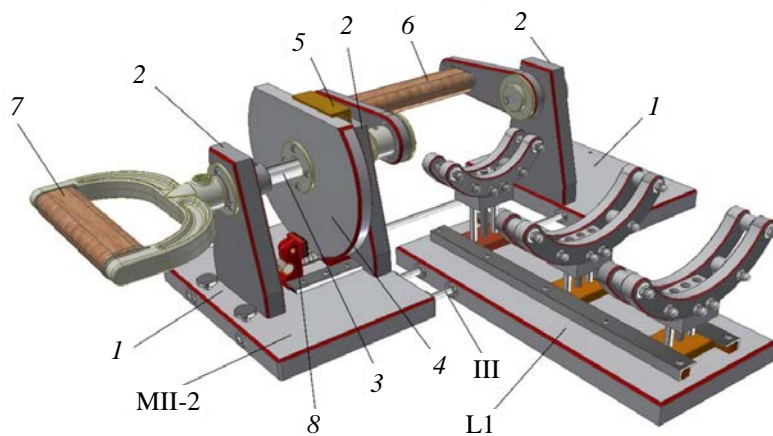


Рис. 5. Модуль МІІ-2 с ложементом L1

Модуль відведення-приведення (МІІ-3) призначений для реалізації необхідної девіації в діапазоні від -70° (згинання) до 70° (розгинання) від нульового положення, яке визначається площиною XOY (рис. 2, в). Модуль складається з двох основ *I*, трьох стійок *2*, валу *3*, на якому закріплений мірний диск *4* з кріпленням для вимірювача *5* та двох рукояток: рукоятки пацієнта *6* та рукоятки оператора *7* (рис. 6).

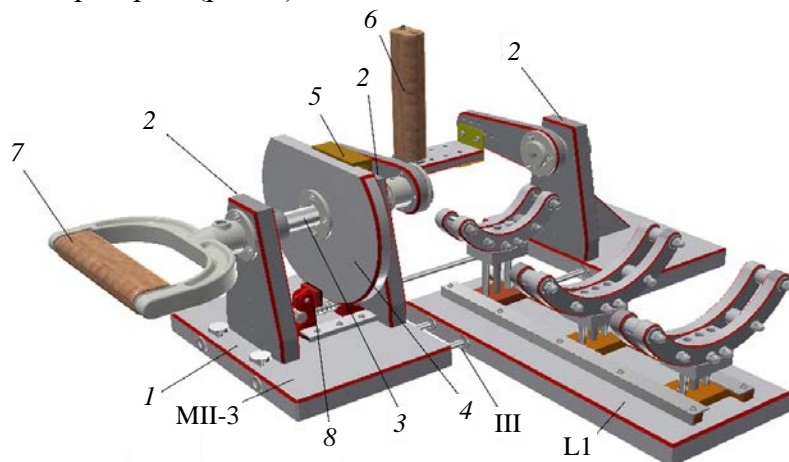


Рис. 6. Модуль МІІ-3 с ложементом L1

Залежно від прийнятої методики реабілітації, модуль може бути доукомплектовано фрикціоном 8.

За допомогою елементів з'єднання III модуль з ложементом L1 утворюють жорстку конструкцію, яка визначає співвісність нейтральної лінії руки пацієнта та осі модуля.

З метою автоматизації монотонних циклічних рухів оператора при тривалих циклах реабілітаційних процедур до будь-якого з розглянутих модулів передбачено застосування модуля-рушія MD (рис. 7). Установка модуля проводиться на місце ручки оператора за допомогою втулкової муфти I, а його орієнтація по відношенню до застосовуваних модулів здійснюється за допомогою з'єднувальних елементів III.

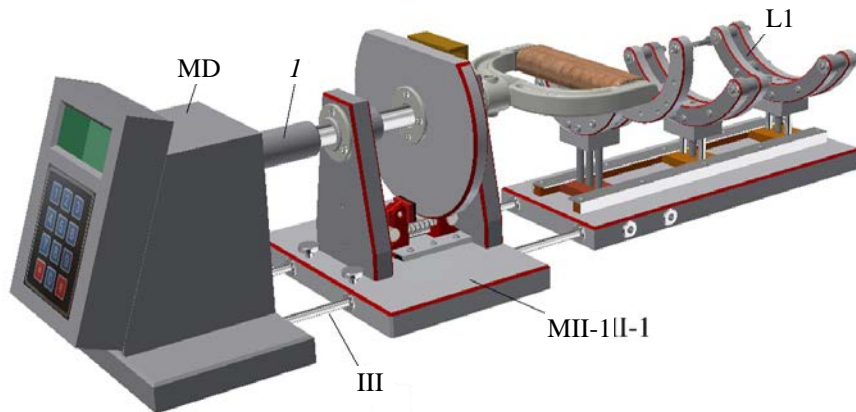


Рис. 7. Застосування модуля-рушія MD разом із модулем МП-1 та ложементом L1

Програмне забезпечення, що використовується в модулі-рушії MD, дозволяє встановлювати значення мінімального та максимального кута девіації, визначати кількість вправ в одиничному циклі і задавати необхідну кількість циклів вправ. Також передбачено можливість регулювання кутової швидкості повороту в межах кута девіації.

Для апробації у реабілітаційних та медичних закладах виготовлені прототипи модулів діагностично-корекційного комплексу кінематики променево-зап'ясткового суглоба (рис. 8).



Рис. 8. Модулі діагностично-корекційного комплексу кінематики променево-зап'ясткового суглоба

Розроблений прилад передбачає ефективну корекцію та реабілітацію у відновленні об'єму рухів у променево-зап'ястковому суглобі.

Результатом використання приладу у реабілітаційному процесі є:

- відновлення функціональних можливостей променево-зап'ясткового суглоба;
- м'яке поступове усунення больового синдрому;

- запобігання ускладненням, пов'язаним із тривалою іммобілізацією (нерухомістю);
- нормалізація м'язового тонусу вказаної біоланки тіла;
- створення умов для оптимальної роботи між структурами променево-зап'ясткового суглоба (м'язи, зв'язки, сухожилля та ін.);
- відновлення кровопостачання до травмованої ділянки.

Подальші дослідження полягають у практичному використанні ДКПС серед населення різних вікових груп як у діагностичних так і реабілітаційних цілях для впровадження в спеціалізовані установи відповідного профілю.

Література

1. Бирчак В.М. Аналіз впливу програми фізичної терапії на показники функціонування передпліччя та китиці у хворих з постіммобілізаційними контрактурами променево-зап'ясткового суглоба. *Art of Medicine*. 2020. No 1(13). С. 28–35.
2. Попадюха Ю.А. Сучасна реабілітаційна інженерія : монографія / Ю.А. Попадюха. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 1108 с.
3. Кашуба В.О., Попадюха Ю.А. Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень : монографія / В.О. Кашуба, Ю.А. Попадюха. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 767 с.
4. Медицинский Центр “Ladisten Clinic”. Перелом променевої кістки зап'ястя: причини, симптоми, консервативне і оперативне лікування. Точка доступу: <https://ladisten.com/uk/blog/perelom-luchevoj-kosti/>.
5. Дума З, Віталія Бирчак В. Удосконалення методики фізичної терапії у разі постіммобілізаційних контрактур променево-зап'ясткових суглобів. *Молода спортивна наука України*. 2020. Т. 3. С. 93.
6. ZKOL.org.ua. Перелом променевої кістки руки. Точка доступу: <https://zkol.org.ua/?p=3561>
7. Неттер Френк Г. (2020) Атлас анатомії людини: 7-е видання (переклад Л.Р. Матешук-Вацеба, І.Є. Герасимюк, В.В. Кривецький, О.Г. Попадинець). Київ: Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина». 736 с.
8. Оперативна хірургія та топографічна анатомія: підручник (2020) / Ю.Т. Ахтемійчук, Ю.М. Вовк, С.В. Дорошенко та ін.: 5-е видання. Київ: Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина». 504 с.