

УДК 616.728.4-07:612.76

## Аналіз довжини кроків у хворих з ушкодженнями надп'яtkово-гомiлкового суглоба

О. Д. Карпінська<sup>1</sup>, Р. М. Демчук<sup>2</sup>, В. О. Фіщенко<sup>2</sup>, М. Ю. Карпінський<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

<sup>2</sup> Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова. Україна

*Walking features of 31 patients with unstable damages of the ankle joint were examined in the past history during their restorative treatment. Spatial parameters of walking (the length of the long and short steps) were assessed by comparing the intact and injured extremities. It was proved that early rehabilitative measures after surgical treatment resulted in a more rapid physiological adaptation following an injury, a prolonged immobilization reducing this capacity.*

*Рассмотрены особенности ходьбы 31 больного с нестабильными повреждениями голеностопного сустава в процессе восстановительного лечения. Оценивали пространственные (длина короткого и длинного шагов) параметры ходьбы, сравнивая показатели здоровой и травмированной конечностей. Доказано, что ранние реабилитационные мероприятия после хирургического лечения приводят к более быстрой физиологической адаптации после травмы, а длительная иммобилизация снижает эту способность.*

**Ключові слова:** надп'яtkово-гомiлковий суглоб, система GaitRite, довжина кроку, параметри ходьби

### Вступ

Вертикальна ходьба є важливою функціональною особливістю людини з раннього віку. Якщо за будь-яких причин здатність до ходіння ставиться під загрозу, то результатом може бути тимчасове, а інколи і тривале обмеження опороспроможності, необхідність сторонньої допомоги. Виявлення причин і ступеня тяжкості порушень ходьби хворої людини є важливим завданням лікарів ортопедів-травматологів з відновного лікування.

Для оцінювання параметрів і характеру ходьби хворих з ушкодженнями надп'яtkово-гомiлкового суглоба ми використовували систему GaitRite — з'єднану з комп'ютером електронну доріжку, яка автоматизує вимірювання часових та просторових параметрів ходьби. Стандартна доріжка GaitRite розміром 0,60 × 3,6 м має 13 824 датчики, які знаходяться в ізольованих капсулах розміром 1,24 × 1,24 см, вмонтованих у доріжку. Система точно відтворює багаторазові параметри, які описують складний механізм ходьби, що залежить від рівноваги, координації і спільних дій скелетно-м'язової та нервової систем. Пересуваючись по до-

ріжці, пацієнт активує датчики тиску, а програма за спеціальними алгоритмами формує з активованої зони відбиток стопи і визначає просторові та часові параметри кроку та ходьби.

У роботі ми розглянемо тільки параметри довжини короткого та довгого кроків.

*Мета роботи:* оцінити відновлення ходьби пацієнтів з нестабільними ушкодженнями надп'яtkово-гомiлкового суглоба у віддаленому періоді після проведеного комплексу відновного лікування.

### Матеріал та методи

Розглянуто особливості ходьби хворих, які в анамнезі мали ушкодження надп'яtkово-гомiлкового суглоба та проаналізовано просторові параметри ходьби 31 пацієнта через 5–6 міс. після травми.

Хворих розподілили на дві групи. Основна група (16 пацієнтів) — з нестабільними ушкодженнями двох і більше компонентів надп'яtkово-гомiлкового суглоба. У випадку хірургічного методу лікування проводили стабільний металоостеосинтез, за яким не передбачено додаткової зовнішньої іммобілізації гіпсовою пов'язкою. Після зняття швів пацієнтам



Рис. 1. Схема вимірювання довжини короткого (а) та довгого (б) кроків

призначали лікувальну фізкультуру, механотерапію, масаж, гідрокінезотерапію.

Хворих навчали правильній ходьбі, звертаючи увагу на необхідність постави стопи спочатку на п'ятку, далі на всю стопу, потім на носок. Повне навантаження на травмовану кінцівку дозволяли за показаннями, лише в індивідуальних ортопедичних устілках в період від 10 до 12 тижнів після травми.

Пацієнтів групи порівняння (15) лікували консервативно та хірургічно з використанням іммобілізації гіпсовою пов'язкою до повної консолидації кісток (8–12 тижнів залежно від травми). Після зняття гіпсової пов'язки призначали механотерапію, масаж.

Аналізували просторові (довжина короткого та довгого кроків) параметри ходьби. Під час аналізу порівнювали параметри здорової та травмованої кінцівок. До розрахунків ввели додатковий параметр — коефіцієнт симетрії ( $K_s$ ), який показує відношення меншого параметру до більшого. Таким чином, чим ближче коефіцієнт до 1, тим менша різниця параметрів здорової та травмованої кінцівок.

*Параметри ходьби та методи їх дослідження*

*Довжина кроку або короткий крок* — відстань між відбитками різнойменних стоп. Вимірюють вздовж лінії прогресії кроку від центру п'ятки однієї ноги до центру п'ятки другої (рис. 1, а).

*Довжина довгого кроку* — відстань між послідовними однойменними відбитками стоп. Вимірюють відстань між точками п'яток двох послідовних відбитків однієї стопи по лінії прогресії кроку (рис. 1, б).

Результати обробляли статистично. Вибір методів аналізу ґрунтувався на результаті тесту Shapiro-Wilk. У розрахунках використовували як параметричні методи аналізу, а саме Т-тест для незалежних вибірок (порівняння груп хворих), парний Т-тест (порівняння параметрів здорової та травмованої кінцівок), так і непараметричні методи — Mann-Whitney для порівняння незалежних вибірок та Wilcoxon для парних порівнянь. Метод, який ви-

користовували в розрахунках, вказано безпосередньо перед наданням їх результатів. У таблицях наведені середнє значення параметру ( $M$ ) та його стандартна похибка ( $m$ ), медіана ( $Me$ ), стандартне відхилення ( $SD$ ), мінімальне ( $min$ ) та максимальне ( $max$ ) значення, а також 95 % довірчий інтервал [1]. Розрахунки проводили за допомогою статистичного пакету SPSS for Windows 11.0.

## Результати та їх обговорення

*Довжина короткого кроку.* Статистичний аналіз, зроблений з використанням методів описової статистики, показав, що довжина кроку змінюється у значних межах як у хворих групи порівняння, так і основної групи. Отримані результати подані в табл. 1.

Аналізуючи дані, слід зазначити, що у хворих групи порівняння довжина короткого кроку як травмованої, так і здорової кінцівок менша за довжину кроків основної групи. Коефіцієнти симетрії довжини кроку у хворих групи порівняння ( $0,84 \pm 0,05$ ) та в основній групі ( $0,83 \pm 0,17$ ) однакові.

Велика різниця між мінімальними та максимальними значеннями довжини короткого кроку та нижньою і верхньою межами 95 % довірчого інтервалу свідчить про великий розбіг параметрів і наявність значень, які значно відрізняються від більшої кількості вимірюваних показників. Тому доцільно порівняти середнє значення параметра з його медіаною.

Отже зазначимо, що у хворих групи порівняння довжина кроку травмованої кінцівки з опорою на здорову зміщена в бік збільшення параметру ( $M = 41,46$  см, а  $Me = 44,86$  см), тоді як довжина кроку здорової ноги зміщується в сторону зменшення ( $M = 38,57$  см,  $Me = 36,65$  см). У хворих основної групи спостерігали протилежну залежність зміщення параметру — для кроку травмованою кінцівкою зміщення величини параметру в сторону зменшення ( $M = 51,78$  см,  $Me = 50,66$  см), а для кроку здоровою кінцівкою — збільшення ( $M = 46,19$  см,  $Me = 52,53$  см). Таким чином, у хворих групи порівняння виявлено збільшення розбігу в довжині кроку

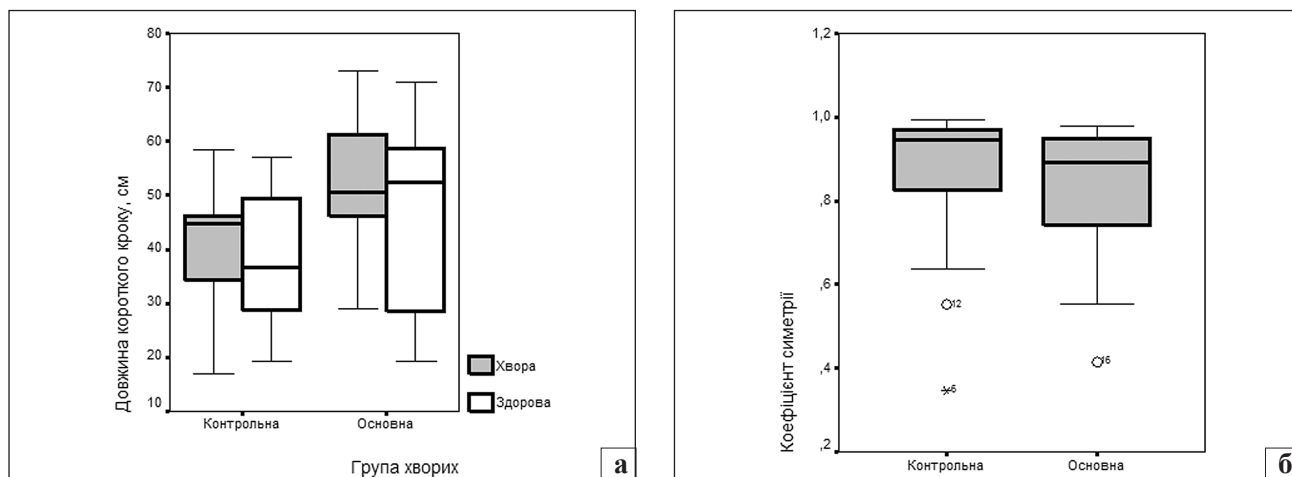


Рис. 2. Діаграма розподілу значень короткого кроку: а) травмованої та здорової кінцівок у дослідних групах, б) коефіцієнт симетрії довжини кроку

травмованою і здоровою кінцівкою, а в основній навпаки — зменшення різниці між мінімальною та масимальною довжиною кроку. Отже, ми спостерігаємо зміщення розподілу значень у вибірках хворих.

На рис. 2 надано коробчасту діаграму розподілу значень короткого кроку травмованої та здорової кінцівок в обох дослідних групах.

На діаграмі видно, що у хворих обох груп довжина короткого кроку має великий розкид. Лінія у середині квадрату, яка показує медіану вибірки, явно зміщена відносно середини вибірки.

Далі ми провели порівняльний аналіз довжини кроку травмованої та здорової кінцівок в обох дослідних групах. Для цього було застосовано парний тест Wilcoxon, результати якого наведені в табл. 2.

Порівняльний аналіз довжини кроку травмованої і здорової кінцівок (табл. 2) не виявив у хворих групи порівняння статистичної різниці ( $p = 0,490$ ) в довжині кроку. Водночас у хворих основної групи ця різниця була статистично значущою ( $p = 0,034$ ).

Щоб правильно інтерпретувати дані розрахунку, насамперед треба відмітити, що крок травмованою ногою пацієнт виконує, навантажуючи здорову кінцівку, і навпаки. Тому логічно припустити, що крок травмованою ногою повинен бути більшим, ніж аналогічний крок здоровою. Виходячи з цього припущення, більш важливою є оцінка довжини кроку здоровою кінцівкою, який пацієнт здійснює, навантажуючи хвору стопу. Далі ми провели порівняльний аналіз довжини короткого кроку між

Таблиця 1. Довжина короткого кроку у хворих груп порівняння та основної

Група	Параметр довжини кроку	M	Me	m	SD	Значення		95 % довірчий інтервал	
						min	max	Нижня межа	Верхня межа
Порівняння	Травмована нога, см	41,46	44,86	3,21	12,03	16,93	58,48	34,51	48,40
	Здорова нога, см	38,57	36,65	3,22	12,07	19,38	56,97	31,60	45,54
	Ks	0,84	0,94	0,05	0,05	0,35	0,99	0,73	0,96
Основна	Травмована нога, см	51,78	50,66	3,07	12,26	28,98	73,09	45,25	58,31
	Здорова нога, см	46,19	52,53	4,38	17,51	19,23	70,89	36,86	55,53
	Ks	0,83	0,89	0,04	0,17	0,42	0,98	0,74	0,92

Таблиця 2. Результати порівняльного аналізу довжини кроку травмованої та здорової кінцівок у хворих груп порівняння та основної

Групи хворих	Ранги				Значення тесту (Z)	Статистична значущість тесту, p
	Негативні	Середнє значення	Позитивні	Середнє значення		
Порівняння	8	7,94	6	6,92	-0,691	0,490
Основна	12	9,08	4	6,75	-2,120	0,034

**Таблиця 3.** Результати порівняння довжини короткого кроку та коефіцієнту симетрії у хворих груп порівняння та основної

Параметри довжини кроку	Групи	Середній ранг	Значення тесту (Z)	Статистична значущість тесту, p
Травмована нога, см	Порівняння	11,14	51,00	0,011
	Основна	19,31		
Здорова нога, см	Порівняння	13,00	77,00	0,146
	Основна	17,69		
Ks	Порівняння	17,29	87,00	0,299
	Основна	13,94		

**Таблиця 4.** Показники довжини довгого кроку у хворих груп порівняння та основної

Група	Параметри довжини довгого кроку	M Me	m	SD	Значення		95 % довірчий інтервал	
					min	max	Нижня межа	Верхня межа
Порівняння	Травмована нога, см	80,05 78,51	5,59	20,91	47,00	115,56	67,98	92,13
	Здорова нога, см	80,36 78,29	5,62	21,06	47,76	116,25	68,20	92,52
	Ks	0,99 0,99	0,002	0,007	0,97	1,00	0,98	0,99
Основна	Травмована нога, см	98,25 100,36	7,17	28,69	50,30	144,21	82,96	113,54
	Здорова нога, см	98,46 100,54	7,26	29,02	50,00	145,20	83,00	113,93
	Ks	0,99 0,99	0,01	0,01	0,98	1,00	0,99	1,00

групами хворих. Для цього використали непараметричний тест Mann-Whitney. Результати аналізу наведені у табл. 3.

Отже, довжина короткого кроку здоровою кінцівкою з опорою на хвору стопу у пацієнтів обох груп між собою статистично не відрізнялася ( $p = 0,146$ ), але за даними описової статистики (табл. 1) різниця середніх значень довжини кроку складала майже  $(7,62 \pm 5,57)$  см (у групі порівняння —  $(38,57 \pm 3,22)$  см, в основній —  $(46,19 \pm 4,37)$  см). Довжина короткого кроку травмованою кінцівкою з опорою на здорову стопу в основній групі  $((51,78 \pm 3,06)$  см) була статистично більшою ( $p = 0,011$ ), ніж в групі порівняння  $((41,45 \pm 3,22)$  см).

Статистичний аналіз не виявив значущої різниці коефіцієнту симетрії ( $p = 0,299$ ) між групами хворих.

Наступним етапом роботи був аналіз довжини довгого кроку у хворих обох груп. Його проводили за аналогічною схемою, як і попереднє дослідження довжини короткого кроку. Статистичні показники довжини довгого кроку в групах хворих наведені в табл. 4.

Отримані дані показали, що у пацієнтів групи порівняння довжина довгого кроку травмованою ногою становить  $(80,05 \pm 20,91)$  см, а довжина довгого кроку здоровою кінцівкою —  $(80,36 \pm 21,06)$  см. Величина цих показників менша за такі парамет-

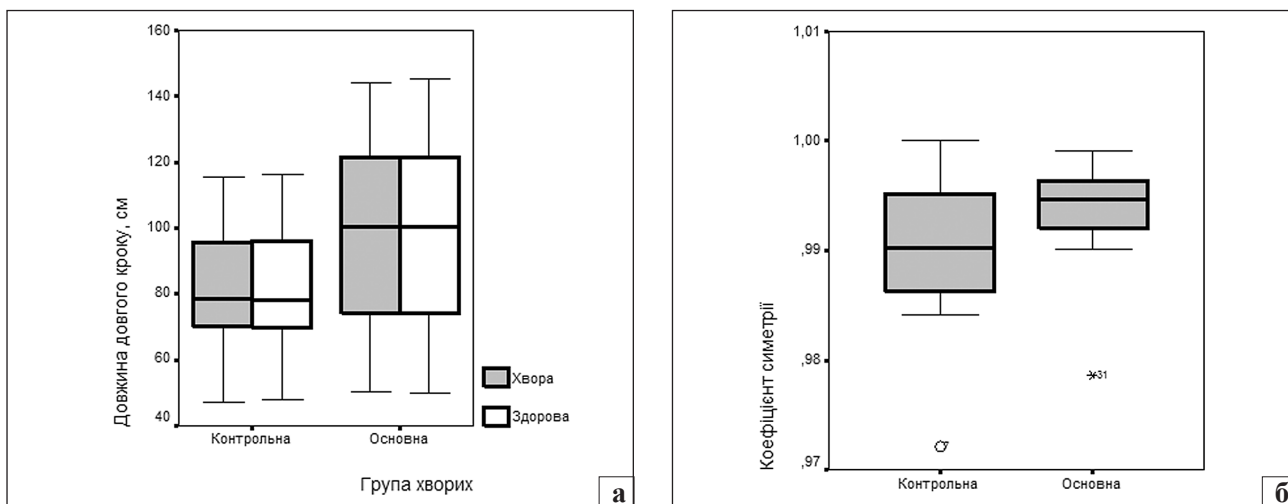
ри у пацієнтів основної групи  $((98,25 \pm 28,69)$  см та  $(98,46 \pm 29,02)$  см відповідно). Аналізуючи медіану, ми спостерігали аналогічні зміни з довжиною короткого кроку зміщення від середнього значення. У хворих групи порівняння визначена тенденція до зменшення довжини кроків, а в основній групі — до збільшення. Коефіцієнт симетрії високий (0,99) в обох групах.

Значний розбіг мінімальних і максимальних значень від нижньої та верхньої меж 95 % довірчого інтервалу довжини довгого кроку свідчить про великий розкид значень у групах (рис. 3).

Графічний аналіз показав, що незважаючи на розбіжність даних, середні тенденції (середнє значення параметру та медіана) для здорової та травмованої кінцівок майже однакові. Це виявлено в обох групах хворих.

Такий симетричний розкид даних може свідчити про те, що у процесі відновлення функції ходьби хворі адаптують довжину кроків здоровою і травмованою кінцівками — для зменшення кульгавості вирівнюється довжина кроків, незважаючи на функціональну можливість зробити крок довшим. У хворих основної групи довжина кроку більша.

Для визначення відмінностей довжини довгого кроку між пацієнтами групи порівняння та основної ми провели аналіз за T-тестом для незалежних вибірок. Результати аналізу наведені в табл. 5.



**Рис. 3.** Діаграма розподілу значень довгого кроку: а) травмованої та здорової кінцівок у групах досліджених, б) коефіцієнт симетрії довжини довгого кроку

Як показав статистичний аналіз, різниця довжини довгого кроку у хворих груп порівняння та основної статистично не значуща ( $p = 0,060$  для кроку травмованою ногою та  $p = 0,064$  — здоровою). Відмітна різниця середніх значень між групами показує, що у хворих основної групи довжина довгого кроку як травмованою, так і здоровою кінцівками більша майже на 20 см. Коефіцієнт симетрії довжини довгого кроку в групах хворих статистично не відрізняється ( $p = 0,092$ ).

В табл. 6 наведені результати порівняльного аналізу довжини довгого кроку травмованої та здорової ноги у хворих різних груп. Аналіз довжини довгого кроку травмованої та здорової кінцівки в групах хворих не виявило статистичної різниці в групі порівняння ( $p = 0,280$ ) і в основній ( $p = 0,363$ ). Але

грунтовніший аналіз показав, що різниця середніх значень параметру довжини довгого кроку в групі порівняння складає 31 см, а в основній групі — 21 см. Логічним є припущення, що довжина кроку повинна корелювати з його часовими параметрами — тривалістю перенесення кінцівки та часом позиції протилежної стопи.

## Висновки

Проведене дослідження та отримані результати аналізу просторових параметрів ходьби хворих з нестабільними ушкодженнями надп'яtkово-гомількового суглоба у період відновного лікування показали доцільність поширення переліку параметрів, за якими можна оцінювати ступінь відновлення опороспроможності кінцівки та можливості ходьби.

**Таблиця 5.** Результати порівняння довжини довгого кроку у хворих груп порівняння та основної

Параметри довжини довгого кроку	Значення Т-тесту	Статистична значущість тесту, p	Різниця середніх	Статистична помилка різниці	95 % довірчий інтервал	
					Нижня межа	Верхня межа
Травмована нога, см	-1,959	0,060	-18,19	9,29	-37,21	0,83
Здорова нога, см	-1,929	0,064	-18,09	9,38	-37,32	1,12
Ks	-1,74	0,092	-0,004	0,003	-0,01	0,001

**Таблиця 6.** Результати порівняльного аналізу довжини довгого кроку травмованої та здорової ніг у хворих груп порівняння та основної

Групи хворих	Параметри парного Т-тесту				Значення Т-тесту	Статистична значущість тесту
	M	SD	95 % довірчий інтервал			
			Нижня межа	Верхня межа		
Порівняння	-0,31	1,02	-0,89	0,28	-1,128	0,280
Основна	-0,21	0,91	-0,70	0,27	-0,939	0,363

Введення коефіцієнту симетрії параметрів кроку — відношення параметрів кроку травмованої та здорової нижніх кінцівок — дало можливість точніше оцінити якість ходьби. Проведений статистичний аналіз показав, що відсутність кульгавості під час ходьби залежить від симетричності довжини кроків. У хворих основної групи симетричність параметрів вища, ніж у пацієнтів групи порівняння.

У хворих основної групи довжина короткого кроку як травмованою, так і здоровою кінцівками більша, ніж означений параметр у групі порівняння. Довжина довгого кроку як травмованою ногою, так і здоровою у пацієнтів груп порівняння і основної статистично значуще ( $p = 0,034$ ) відрізняється, причому у хворих основної групи довжина кроку більша (приблизно на 20 см). Виявлено, що з часом довжина довгого кроку вирівнюється, тобто змен-

шення довжини кроків травмованої кінцівки веде до зменшення означеного параметру здорової. Довжина довгого кроку травмованою і здоровою ногою в обох групах хворих статистично не відрізняється. Це свідчить про фізіологічну корекцію ходьби, яка спрямована на зменшення кульгавості, іноді через зменшення довжини кроків.

### Список літератури

1. Наследов А. Д. SPSS. Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках / А. Д. Наследов. — СПб.: Питер, 2005. — 416 с.
2. Öberg T. Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10–79 years of age / T. Öberg, A. Karsznia, K. Öberg // J. of Rehabilitation Res. and Develop. — 1993. — Vol. 30, № 2. — P. 210–223.
3. Капанджи А. И. Нижняя конечность: Функциональная анатомия / А. И. Капанджи; [пер. с фр. Г. Абелевой, Е. Кишиневского]. — М.: Эксмо, 2010. — 352 с.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2012