

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Кафедра фізіології людини і тварин

Заву́дувач кафедри проф. Макарчук М.Ю.

Протокол № _____ засідання кафедри

«_____» _____ 2023 р.

**Особливості зміни параметрів локомоторної активності (ходи) у
осіб з трансфеморальною та транстібіальною ампутацією**

Кваліфікаційна робота магістра

денної форми навчання

за спеціальність 091 «Біологія»

Кравченко Вероніки Володимирівни

Науковий керівник від кафедри

д.б.н., старший науковий співробітник

Зима Ігор Григорович

Робота виконана під керівництвом

Паламарчука Андрія Леонідовича

та Зими Ігоря Григоровича

Оцінка захисту роботи

Київ – 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. Протезна реабілітація та навчання ходи при втраті нижньої кінцівки	6
1.1 Нормальна хода	6
1.2 Оцінка якості ходьби	13
1.3 Особливості тренування ходьби при транстібіальній та трансфemorальна ампутації	17
1.4 Проведення тестування та тренування балансу	21
РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи досліджень	24
2.1 Методика реєстрації ходьби та балансу.....	24
2.2 Схема експерименту.....	27
2.3 Axelero Gait and Balance.....	28
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення	30
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Butterfly – Метелик (графік перенесення центру маси тіла з лівої на праву сторону)

COP – Center of pressure (центр тиску)

COP_x – Center of pressure X (центр тиску відносно ікса)

COP_y – Center of pressure Y (центр тиску відносно ігрика)

GRF – Ground reaction force (сила реакції землі/опори)

FC left – Foot contact (початок контакту лівої стопи, п'яти)

FC right – Foot contact (початок контакту правої стопи, п'яти)

FO left – Foot off (початок відштовхування/відриву від поверхні лівої стопи, носка)

FO right – Foot off (початок відштовхування/відриву від поверхні правої стопи, носка)

ВСТУП

Активні воєнні дії дали потужний поштовх для розвитку в Україні напрямку реабілітації, проте виявила і необхідність у розробці підходів до реабілітації військових травм різного спектру та створення протоколів лікування. Порівняння ходьби у людей з транстібіальною (ампутація нижньої кінцівки на рівні гомілки) та трансфеморальною (ампутація нижньої кінцівки на рівні стегна) ампутацією є важливим завданням для розуміння різниці в ході між цими двома типами ампутацій. Адже після ампутації нижче коліна, людина може зберігати певний контроль над кінцівкою та використовувати м'язи стегна для руху протезом. Однак, після ампутації вище коліна, людина втрачає значно більше м'язів, які необхідні для руху протезом. Таким чином, людина з трансфеморальною ампутацією потребує більш складної та інтенсивної реабілітації, щоб навчитися користуватися протезом та відновити максимально можливу функціональність.

Порівняння ходьби у цих двох групах пацієнтів може допомогти виявити розбіжності в біомеханіці ходьби й допомогти у розробці інноваційних протезів та технологій, які забезпечують більш ефективну та комфортну ходу для пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки.

Використання сучасних технологій протезування може мати вирішальне значення для того, щоб поранені солдати могли повернутися до несення служби або реінтегруватись в цивільне життя після закінчення військових дій. Крім того, дослідження локомоції в залежності від типу поранення нижньої кінцівки й подальшого протезування - можуть призвести до нових інновацій, які можуть ще більше покращити життя ветеранів та інших осіб, які отримали тілесні ушкодження внаслідок війни проти росії.

Таким чином, **об'єктом** даної роботи стало порівняння ходи у осіб з трансфеморальною ампутацією та осіб з трансфеморальною ампутацією, **а**

предметом – індивідуальні характеристики ходи, важливість розрізнення характеру та важкості травми нижніх кінцівок, під час проходження тестування та фактори що впливають на ходу. **Актуальність** даної роботи обумовлена тим, що сьогодні багато уваги приділяється дослідженню фізичної реабілітації військових, проте питання оцінки якості ходьби та балансу людей з ампутаціями досліджено недостатньо.

Метою порівняння параметрів ходи завдяки використанню тредміла та реабілітаційного тренажера для дослідження параметрів ходи й постуральної мускулатури під час проходження курсу реабілітації.

Таким чином, до **задач** даної роботи можна віднести: аналіз ходи осіб з трансфеморальною та транстібіальною ампутацією, дослідити фактори, які впливають на недоліки у ходьбі, провести порівняння нормальної ходи та ходи на протезі, а також виконати порівняння отриманих результатів між собою.

Новизна даної роботи обумовлюється використанням сучасного обладнання для вимірювань результатів балансу та ходи, які дотепер поки що не здобували широкого поширення, а також порівняння отриманих результатів по проходженню тестів з ходьби українських військовослужбовців, які зазнали ампутації кінцівок внаслідок поранень, отриманих під час російсько-української війни.

РОЗДІЛ 1

ПРОТЕЗНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ТА НАВЧАННЯ ХОДИ ПРИ ВТРАТІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

1.1 Нормальна хода, норма та паталогії

Ходьба є добре автоматизованою циклічною локомоцією. Функціонально, права і ліва нога практично ідентичні, є лише незначними фізіологічні асиметрії між ними.

Нормальна хода в даному дослідженні буде розглядатись, як фізіологічний рух людини, який відбувається від початку до кінця кроку, і характеризується послідовним махом і контактом ніг, зміною ваги тіла, рухом тулуба та кінцівок. Нормальна хода є важливою для підтримання функціональності тіла та забезпечення оптимального руху. Якщо хода стає патологічною, це може призвести до різних проблем зі здоров'ям, таких як біль у спині, колінних чи стегнових суглобах, погіршення рівноваги та зниження загальної фізичної активності.

Термін «аналіз ходи» вперше був використаний у галузі медицини на початку 20 століття, і його походження можна простежити до роботи доктора Жака-Жозефа Моро. Наприкінці 1800-х років він почав вивчати механіку пересування людини, використовуючи спеціальні інструменти та камери для вимірювання руху тіла під час ходьби та бігу. Він також розробив ряд нових методів для вивчення властивостей ходи, таких як використання дзеркал і світильників для візуалізації руху кінцівок. Сьогодні аналіз ходи є широко використовуваним інструментом у різних галузях, включаючи ортопедію, фізіотерапію, біомеханіку та спортивну медицину, і продовжує вдосконалюватися завдяки постійним дослідженням та інноваціям.

Стаття (Perry, 1963), опублікована доктором Жаклін Перрі в Journal of

Bone and Joint Surgery у 1963 році, широко вважається однією з найперших і найвпливовіших робіт з аналізу ходи. У дослідженні надається детальний огляд механізмів пересування людини, включаючи різні рухи суглобів і м'язові дії, пов'язані з ходьбою та бігом. Вона також описує ряд поширених аномалій ходи та їх основні причини, а також обговорює клінічне застосування аналізу ходи в діагностиці та лікуванні розладів опорно-рухового апарату. Його вплив на цю сферу був настільки значним, що журнал *Gait & Posture*, який повністю присвячений вивченню людських рухів, назвав свою щорічну премію за видатні наукові досягнення на честь доктора Перрі.

Аналіз нормальної ходи – це метод оцінки та вимірювання того, як людина ходить або біжить, з метою виявлення будь-яких відхилень або проблем, які можуть впливати на її ходу. Цей тип аналізу зазвичай виконує медичний працівник, наприклад фізіотерапевт, використовуючи спеціалізовані інструменти та техніки для оцінки рухів кінцівок, суглобів і м'язів, залучених під час ходьби.

Під час звичайного аналізу ходи дослідник зазвичай спостерігатиме за досліджуваним, який ходить по біговій доріжці або по рівній поверхні, записуючи різні вимірювання та точки даних. Це може включати вимірювання кута гомілковостопного, колінного та тазостегнового суглобів, а також час і послідовність активації м'язів під час циклу ходи. Також можна використовувати такі інструменти, як пластини з вимірюванням сили натиску, відеокамери або датчики тиску, щоб зібрати додаткові дані про ходу пацієнта.

Результати аналізу нормальної ходи можна використовувати для виявлення будь-яких аномалій або слабких місць у ході пацієнта, які можуть сприяти болю, дискомфорту або зниженню рухливості. На основі цих висновків медичний працівник може порекомендувати різні втручання, такі як вправи, фізіотерапія, ортопедичні засоби або інші форми лікування, щоб допомогти покращити ходу та загальну функцію пацієнта.

Загалом аналіз нормальної ходи є цінним інструментом для оцінки та лікування широкого спектру захворювань опорно-рухового апарату та може

допомогти покращити якість життя пацієнтів із порушеннями ходи чи іншими проблемами, пов'язаними з рухом.

Супроводжуючи практично будь-які прояви життєвої активності людини, ходьба слугує чи не одним з головних механізмів рефлекторної діяльності.

Виділяють такі параметри ходи:

- Довжина кроку
- Навантаження вагою
- Тривалість опори
- Тривалість маху

(Порівнюючи результати між правою та лівою ногою)

- Розміщення центру тяжіння в динаміці

Розберемо більш детально декілька термінів, які будуть необхідні для розуміння норми ходи та аналізу цієї бази. Час циклу ходи: це час, який проходить від удару п'ятою однієї ноги до удару п'ятою тієї самої ноги перед наступним кроком. Час підтримки однієї кінцівки: це міра часу, яка проходить під час фази маху однієї кінцівки в циклі ходи.

Фаза опори: це частина циклу ходи, коли одна нога пацієнта торкається землі. Він становить приблизно 60% циклу ходи. Доведено, що цей показник має високу надійність і валідність (Kozanek, 2009). Фаза маху: це частина циклу ходи, коли одна нога пацієнта не контактує з землею, а вагу тіла розподілено на іншій нозі. Становить приблизно 40%. (Loudon, 2008)

Довжина кроку: це відстань між торканням п'яти однієї ноги та контактом п'яти другої ноги. Чим більша відстань, тим кращий результат. Доведено, що цей показник має високу надійність і валідність (Куо, 2001). Довжина великого кроку: відстань між двома послідовними положеннями однієї і тієї ж ноги. Одна довжина великого кроку еквівалентна двом довжинам звичаного кроку. На відміну від довжини кроку, довжина великого кроку має бути дуже однаковою для правої та лівої ноги (Danion, 2003).

Час кроку: час між послідовними контактами обох ніг з певною

поверхньою (Beauchet, 2011). Чим менше час, тим краще оцінка. Було показано, що цей показник має високу надійність і валідність тестування (Balasubramanian et, 2009).

Хо́да включає в себе безліч різних дій та реакцій. Вони мають механіко-кінематичні, динамічні та інші аспекти, основні з яких будуть розглянуті нижче.

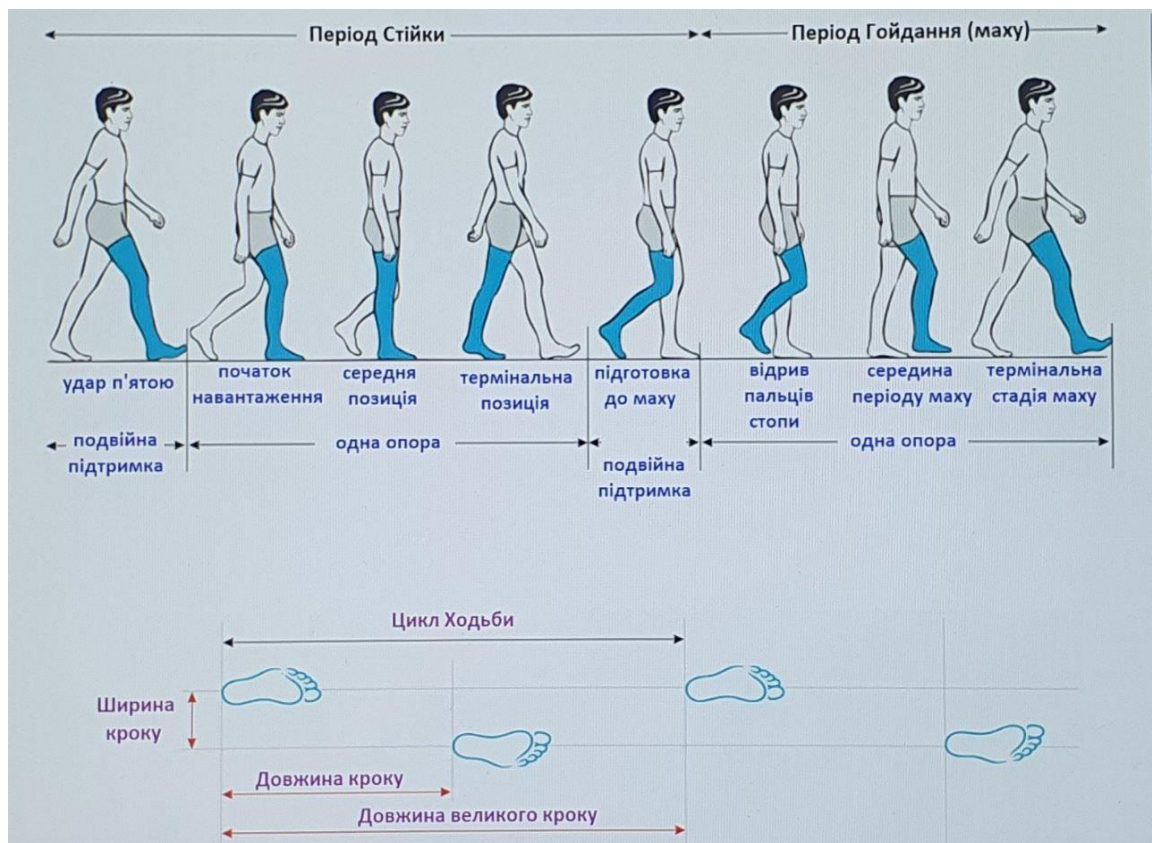


Рис. 1.1. Фази нормального циклу ходи та основна термінологія (Pirker, 2016)

Отож, більш детально розберемо цикл ходьби. Період стійки (опори) складається з перших п'яти фаз: початковий контакт, початок навантаження стопи, середня позиція (середина опори), термінальна позиція (завершення опори) та підготовка до маху.

Період гойдання в основному поділяється на три фази: початок маху

(відрив пальців від опори), середина маху та термінальна стадія маху.

1. Початковий контакт є першою фазою подвійної опори. Короткий період, починається в момент торкання провідної стопи землі. Більшість рухових функцій, які відбуваються під час початкового контакту, є підготовкою до наступної фази відповіді на навантаження. Термін «удар п'ятою» іноді використовується як альтернативний опис. Кути у суглобах:

- Ротація тазу вперед - 5°
- Кульшовий - згинання від 25° до 30°
- Колінний - 5° згинання (виглядає як пряме)
- Гомілковостопний - Нейтральне положення (5° супінації)

Ключові м'язи: *gluteus maximus*, *popliteus muscle*, *tibialis anterior*

2. Під час початку навантаження стопи, вона повністю контактує з поверхнею, а вага тіла повністю переноситься на кінцівку, що стоїть. Тіло поглинає удари стопи шляхом перекату в пронації. Основним моментом є просування коліна вперед, амортизація. Кути у суглобах:

- Кульшовий - 10° згинання
- Колінний - 5° - 10° згинання
- Гомілковостопний - плантарного згинання до 20°

Ключові м'язи: *quadriceps femoris*, *soleus*

3. Середина опори - починається, коли контрлатеральна стопа відривається від землі, і продовжується, коли вага тіла переміщується вздовж стопи, поки не вирівняється над передньою частиною стопи. У цей момент тіло починає переходити від поглинання сили при ударі до примусового поштовху вперед, ексцентрично скорочується *gastrocnemius*. Кути у суглобах:

- Кульшовий - 0°
- Колінний - розгинання але не до нуля
- Гомілковостопний - 0°

Ключові м'язи: *gastrocnemius*

4. Термінальна позиція становить другу половину підтримки однієї кінцівки, починається з підйому п'яти і закінчується, коли контралатеральна стопа торкається землі. Під час цієї фази вага тіла переміщується попереду передньої частини стопи. Відбувається просування великогомілкової кістки над точкою опори головок плеснових кісток під час підготовки для блокування гомілковостопного суглобу в нейтральному положенні. Термін відрив п'яти від поверхні — це дескриптор, корисний у спостережному аналізі моменту під час фази стійки. Кути у суглобах:

- Кульшовий - 15° - 30° розгинання
- Колінний - 0°
- Гомілковостопний - від 5° до 0°
- Пальці - 40° розгинання

Ключові м'язи: *gastrocnemius*

5. Підготовка до маху починається, коли контралатеральна стопа торкається землі, і закінчується контактом іпсилатеральним носком. Відбувається утримання опори на плюсних суглобах. Протягом цього періоду кінцівка, що стоїть, розвантажується, а вага тіла переноситься на контралатеральну кінцівку. Кути у суглобах:

- Ротація тазу назад - 5°
- Кульшовий - 10° розгинання
- Колінний - 30° - 40°
- Гомілковостопний - 20° плантарного згинання
- Пальці - 60° розгинання

Ключові м'язи: *deep plantar flexors, flexors of toes, intrinsic foot muscles, rectus femoris*

6. Початок маху — починається при підніманні стопи (нейтральне положення суглобу) і продовжується до моменту максимального згинання коліна, коли кінцівка, якою виконується мах, знаходиться прямо під тілом і прямо навпроти кінцівки, що стоїть. Кути у

суглобах:

- Кульшовий - 5° згинання
- Колінний - згинання до 65°
- Гомілковостопний - 0°
- Пальці - 0°
- Ключові м'язи: contralateral adductors of hip, iliopsoas and rectus femoris.

7. Середина періоду маху – ця фаза починається після максимального згинання коліна і закінчується, коли великогомілкова кістка знаходиться у вертикальному положенні. Кути у суглобах:

- Кульшовий - згинання до 30°
- Колінний - розгинання до 10°
- Гомілковостопний - 5°
- Пальці - 0°

Ключові м'язи: contralateral adductors of hip, iliopsoas and rectus femoris.

8. Термінальна стадія маху — термін, який рідко вживається, описує миттєвий момент у циклі ходи, коли нога відривається від землі. Подібним чином, завершення маху та початок наступного циклу, який буде починатись початковим контактом, можна визначити як момент, що починається при повному розгинанні коліна та стопи. Кути у суглобах:

- Ротація тазу вперед - 0-5°
- Кульшовий - 25° - 30° згинання
- Колінний - 0° виглядає як пряме
- Гомілковостопний - 0°

Ключові м'язи: Hamstrings, Quadriceps femoris, Tibialis anterior

Ходьба - це складний процес, який залежить від багатьох факторів. Деякі з ключових факторів, що впливають на параметри кроку та ходьбу в цілому.

Рухи тіла та груп м'язів, які задіяні в русі, впливають на спосіб, яким людина ходить (Hobara, 2015; Aslani, 2016). Наприклад, стан суглобів, м'язів та кісток впливає на кут нахилу та довжину кроку. Таким чином, ключовими факторами, які впливатимуть на довжину кроку у фазах будуть: завантаження стопи - переكات п'ятки. Завершення опори та підготовка маху - блокування гомілковостопного суглобу і підняття п'ятки. Завершення маху - ротація тазу вперед.

1.2 Оцінка якості ходьби

Свідчення про функціональну інтерпретацію фаз ходи надають детальний розбір почергового циклу – від початку періоду опори (стійки) й до завершення періоду маху (гойдання).

Оцінка якості ходьби передбачає оцінку ряду параметрів або змінних, які можуть дати розуміння того, наскільки ефективно та результативно людина йде. Ось деякі з ключових параметрів, які оцінювались під час тестування якості ходьби:

- Швидкість ходи: це показник того, наскільки швидко людина здатна ходити, і може бути показником загальної фізичної функції та рухливості. Найперша відома згадка про швидкість ходи в медичній літературі міститься в статті (Moutier, 1929), опублікованій французьким лікарем, який повідомив про використання ним секундоміра для вимірювання швидкості ходьби пацієнтів із різними типами захворювань опорно-рухового апарату.

- Довжина кроку: Це стосується відстані між кожним кроком під час ходьби та може надати інформацію про ефективність ходи. Концепція довжини кроку обговорюється в різних формах у медичній літературі вже більше століття (Schmorl, 1900).

- Довжина великого кроку: вимірює відстань, пройдену під час кожного повного циклу ходьби (від удару однієї ноги об землю до наступного торкання тією самою ногою об землю), і може надати уявлення про загальну якість і ефективність ходи. (Robertson, 1903). Однією з перших згадок про довжину кроку в літературі є стаття британського хірурга, там він описав використання вимірювальної стрічки для визначення довжини кроку пацієнта.

- Каденція: вимірює кількість кроків, зроблених за хвилину під час ходьби, і може бути показником швидкості та ефективності ходи. Поняття каденції, або частоти кроків, обговорюється в медичній літературі більше століття. Одне з базових початкових досліджень включало в себе використання метронома для вимірювання швидкості кроків у пацієнтів з різними типами захворювань опорно-рухового апарату (Bauer, 1906).

- Розташування стоп: це стосується того, як людина ставить ноги на землю під час ходьби, і може надати інформацію про загальну стабільність і рівновагу ходи (Annandale, 1884).

- Кути в суглобах: оцінка кутів суглобів (таких як кульшовий, колінний та гомілковостопний суглоб) під час ходьби може надати інформацію про те, наскільки ефективно працюють м'язи та як добре функціонують суглоби. Вперше дане згадування, як параметр ходи, було зазначене в статті британського лікаря (Jones, 1902), в якій він описав використання гоніометра для вимірювання кутів тазостегнових, колінних і гомілковостопних суглобів. під час ходьби.

- Активність м'язів: вимірює електричну активність м'язів, які беруть участь у ходьбі, і може надати інформацію про те, наскільки ефективно працюють м'язи та наскільки добре вони координуються. Витоком для подальших досліджень, являється публікація (Maskenzie, 1905), де було детально описано використання гальванометра для вимірювання електричної активності м'язів ніг під час ходьби.

- Симетрія: оцінка цього параметра (тобто, наскільки подібні ліва і права сторони тіла з точки зору рухів і прикладеної сили) може дати уявлення про загальний баланс і координацію ходи (Guillaume, 1897).

Оцінюючи ці та інші параметри, дослідники можуть отримати краще розуміння про якість ходи людини та визначити області, де можна її покращити за допомогою таких втручань, як фізіотерапія, фізичні вправи, тонке налаштування кожної фази ходи або допоміжні засоби.

На думку деяких дослідників, при порівняння осіб з трансфеморальною та осіб з транстібіальною ампутаціями необхідно враховувати всі ключові параметри оцінки якості ходьби, про які згадувались раніше. Це потрібно робити, аби зрозуміти функціональні здібності та обмеження осіб з ампутаціями, а також вміло керувати розробкою відповідних протезних втручань. Автори виявили, що ці люди демонструють відмінності в просторово-часових параметрах, таких як швидкість ходи і довжина кроку, а також кінематичних параметрах, таких як кути згинання в тазостегновому і колінному суглобах під час фази маху ходи. (Nolan, 2012) Вони також з'ясували відмінності в кінематичних параметрах, таких як сили реакції опори і суглобові моменти, особливо в протезованих кінцівках (Costa, 2021).



Рис.1.2.1 Приклад фрагменту ходи, осіб з трансфеморальною (ліва фотографія) та транстібіальною(права фотографія) ампутацією

Проаналізувавши літературу по данній тематиці, в одному з досліджень стверджувалось, що люди з транстібіальною ампутацією показали повільнішу швидкість ходи, коротшу довжину кроку та нижчу каденцію порівняно з трансфеморальною ампутацією. У них також були менші числові показники кутів колінного та гомілковостопного суглобів і нижча м'язова активність у м'язах стегна та коліна (Tarsusluş, et. 2021). Ці висновки підкреслюють важливість аналізу ходи для виявлення відмінностей у моделях ходьби між людьми з різними типами ампутацій і відповідно до адаптації програм реабілітації.

Припускаємо, що аналіз ходи є корисним інструментом для оцінки та моніторингу якості ходи в ампутуваних пацієнтів, в кінцевому рахунку, може допомогти розробити більш ефективні протези кінцівок і підібрати індивідуальні стратегії реабілітації.

1.3 Особливості тренування ходьби при транстібіальній та трансфеморальній ампутації

Після ампутації життєво важливо займатись регулярно. А для цього, необхідно підготувати людину й правильно підібрати навантаження при тренуванні ходьби на протезі.

Якщо вірно виконувати вправи, вони можуть допомогти пацієнту з ампутуваними кінцівками підтримувати здорову вагу, запобігти небажанному скороченню м'язів (судомо) і покращити його/її стабільність. Натреновані м'язи важливі для підтримки опори та стабільності. Так звана контрактура стає наслідком тривалого сидіння в кріслі або інвалідному візку. Контрактури також можуть виникнути внаслідок лежання в ліжку з порушенням положення тіла. Вони можуть бути проблемою, оскільки вони обмежують діапазон рухів, будь то м'язова чи суглобова контрактура. У важких випадках протез може не підходити належним чином або, що ще гірше, людина може взагалі не мати можливості користуватися протезом.

Головною ціллю більшості людей з ампутуваними кінцівками є повернення до «нормальної» ходи. У контексті цієї роботи «нормальною» буде вважатись така симетрична модель ходи, яка входить до «середнього» діапазону з точки зору пози, довжини кроку, швидкості, позиціонування кінцівок тощо.

Основними завданнями ходи, як важливої локомоторної функції, є:

1. Безпечне поступове переміщення тіла вперед.
2. Утримання рівноваги у вертикальному положенні аби запобігти падінню під час руху.
3. Енергоефективність, чим менше використовується енергія тим краще її перерозподіл протягом циклу кроку.
4. Виконання плавних рухів під час лінійного пересування.
5. Стабільність ходи незважаючи на зовнішні фактори (натовп на вулиці, штовханина, погодні умови або різкі зміни напрямку руху).

Відомо, що енергетичні витрати на пересування значною мірою залежать від розмірів тіла, ходи та швидкості. Наприклад під час ходьби та бігу енергетичні витрати прогресивно зростають зі швидкістю руху. Споживання енергії зазвичай вимірюється за допомогою частоти серцевих скорочень і споживання кисню, які можна додатково використовувати для аналізу відсотка максимальної частоти серцевих скорочень і ефективності ходи.

Як правило, чим вищий рівень ампутації, тим більше ми можемо спостерігати відхилення ходи або те, що іноді називається кульганням. Це тому, що з кожним – анатомічно важливим сегментом, який втрачається внаслідок ампутації, також втрачається більше м'язів, сенсорних рецепторів і важелів. У результаті людина з вищим рівнем ампутації зазвичай має менш стабільну та менш енергоефективну модель ходи порівняно з людиною з нижчим рівнем ампутації. К. Соуза (Souza, 2021) досліджували вплив цільової реіннервації м'язів на ходу та якість життя людей з ампутуваними кінцівками, повідомляючи про значне покращення обох результатів при регулярних тренуваннях.

Проблема створення єдиного протоколу функціонального значення ходи представляє собою предмет постійних досліджень та дискусій, як приклад, було взято статтю, де розглядалися 5 протоколів для постановки ходи. (Ferrari, 2008).

Загальний протокол аналізу ходи для пацієнтів з ампутуваними кінцівками може включати такі елементи:

- Фізичний огляд, проведення ретельного медичний огляд, включаючи оцінку діапазону рухів суглобів, м'язової сили, довжини кінцівок, цілісності м'яких тканин, стану шкіри та будь-яких залишкових проблем кінцівок.
- Оцінити протез, проглянути наскільки зручно підлаштований протез та перевірити функціонал протезної кінцівки пацієнта, включаючи перевірку правильності вирівнювання колінного блоку, підгонки «гільзи», розміщення стопи та стабільності.

- Спостереження за ходою пацієнта під час виконання різноманітних завдань, таких як ходьба рівною, по нерівних поверхнях, сходах і пандусах. Звернути увагу на такі параметри ходи, як довжина кроку, ширина кроку, частота, симетрія та рух тулуба.

- Функціональне тестування, щоб оцінити здатність пацієнта виконувати певні дії в повсякденному житті, наприклад стояти, сидіти, повертатися та змінювати напрямок, а також більш просунуті дії залежно від функціональних цілей пацієнта.

- Мати зворотній зв'язок з пацієнтом та в міждисциплінарній групі, щоб на основі результатів аналізу ходи надавати рекомендації щодо відповідних змін, таких як коригування вирівнювання протеза, вправи для тренування ходи, вправи на силу та рівновагу та інші стратегії реабілітації аби покращити функцію ходи та якість життя пацієнта.

Якщо, детально розбирати ходу людей з трансфеморальною ампутацією, можна відмітити неприродну та жорстку ходу. Це відбувається через відсутність природного осьового обертання великогомілкової та малогомілкової кісток по відношенню до коліна та стопи, а також через те, що для підтримки стабільності протезної стійкості потрібне тривале активне розгинання кукси стегна (повне розгинання коліна). У порівнянні з положенням здорового коліна під час тієї ж фази циклу ходи (легке згинання коліна) очевидна біомеханічна різниця та вплив на синхронізацію ходи.

Декілька факторів, які обмежують людей з такою проблемою:

- Контакт протезної п'яти є сильним і відбувається без опори здорової ноги, сила реакції землі однаково інтенсивно відповідає на удар і таким чином створює сильний момент згинання протезного коліна.
- Протез коліна ще більше змушений згинатися під дією руху вперед.
- Стегно не в змозі створити достатній момент розгинання, щоб протидіяти протезу колінного суглоба.

- Асиметрична модель ходи спричиняє збільшення сил реакції землі (GRF) на непошкоджену кінцівку, що призводить до вищої ймовірності розвитку захворювань та травм опорно-рухового апарату. Збільшення GRF впливає на швидкість навантаження на суглоби. Таким чином, зменшення GRF на неушкодженій кінцівці та більш симетрична модель ходи можуть запобігти можливим майбутнім травмам або захворюванням в осіб з ампутацією нижньої кінцівки.

Параметри ходи після ампутації при мінно-вибуховому або/та кульовому пораненні пов'язані з функціональною працездатністю та відновленням, а тому важливо завжди дбати про нервово-м'язову фасилітацію при тренуванні параметрів кроку на протезі.

Р. Колеман та інші дослідники (Coleman, 2021) порівняли моделі ходи осіб з односторонньою транстибіальною ампутацією під час ходьби по землі та ходьби на біговій доріжці, виявивши значні відмінності між цими двома умовами. Було встановлено, що відсутнє відштовхування опорної ноги та необхідність підтримувати зазначену швидкість відіграють важливу роль при аналізі ходи. Дж. Чен (Chen, 2021) порівняв кінематику протезної стопи та гомілковостопного суглоба під час підйому по сходах між людьми з транстибіальною ампутацією та без ампутації, виявивши відмінності в кутах суглобів і моделях рухів. Таким чином відзначивши, що попередні дослідження з цієї теми були валідні та достовірні (Selles, 2019).

А. Крішнамурті та інші дослідники (Krishnamurthy, 2020) провели порівняльну оцінку характеристик ходи між травматичними та нетравматичними людьми з односторонньою ампутацією нижніх кінцівок, виявивши значні відмінності в параметрах ходи між двома групами. Загалом ці дослідження підкреслюють важливість аналізу ходи для розуміння впливу ампутації на рухливість та визначення потенційних областей для втручання та покращення.

1.4 Проведення тестування та тренування балансу

Рівновага - це здатність зберігати стійкість і контролювати тіло під час різних рухів і дій. Мається на увазі координацію багатьох сенсорних і моторних систем в організмі, включаючи зорову, вестибулярну та соматосенсорну системи. Підтримання хорошої рівноваги є важливим для виконання повсякденних дій, таких як ходьба, стояння, а також для запобігання падінь і травм.

Наступні системи забезпечують вхідні дані щодо рівноваги тіла і таким чином підтримують баланс.

- Соматосенсорна/ пропріоцептивна система
- Вестибулярна система
- Візуальна система

Для людей з ампутацією нижніх кінцівок рівновага може бути особливо складною через зміни в центрі ваги тіла та втрату пропріоцептивного зворотного зв'язку від відсутньої кінцівки. покращення балансу може допомогти збільшити незалежність і мобільність. Людям з ампутаціями нижніх кінцівок часто важко виконувати повсякденну діяльність через труднощі з рівновагою та стабільністю. Покращуючи баланс, люди можуть стати більш впевненими та здатними виконувати повсякденні дії.

Статична рівновага — це здатність підтримувати постуральну стабільність і орієнтацію з центром маси над основою опори та тілом у спокої.

Динамічний баланс — це здатність підтримувати постуральну стабільність і орієнтацію з центром маси над основою опори, коли частини тіла знаходяться в русі.

Щоб оцінити та перевірити баланс пацієнта, існують шкали і тести, які ми використовуємо у своїй роботі. Для перевірки статичного балансу – це

тест баланс Берга, який складається з 14 тестів, з поступовим зростанням складнощів виконання. Всього можна набрати 56 балів, чим більше балів, тим краще результат.

Для динамічного балансу один тестів – індекс динамічної ходи: це міра рівноваги та ходи, за якою оцінюється здатність учасника адаптуватися під час обходу різних перешкод. Оцінка виконується на відстані 6 метрів, а необхідне обладнання включає коробку для взуття, дві перешкоди та сходи. Максимальна оцінка становить 24 бали, причому більша оцінка вказує на менше порушення. Цей показник продемонстрував чудову надійність тестування/повторного тестування, надійність між оцінювачами та валідність (Lin, 2010; Jonsdottir & Cattaneo, 2007).

Ще один варіант - функціональна оцінка ходи: це міра рівноваги та ходи, яка складається з 10 пунктів, кожен з яких оцінюється від 0 до 3 для максимальної оцінки 30. Вищий бал вказує на менші порушення під час пересування. Цей показник продемонстрував хорошу надійність між оцінювачами (Daly et al. 2009).

В одному з досліджень порівнювали динамічний контроль балансу в колінних протезах, керованих мікропроцесором, і в колінних блоках без мікропроцесора в ампутованій кінцівками протезі під час ходьби, виявивши, що колінні протези, керовані мікропроцесором, призвели до кращого контролю динамічного балансу (Vrieling, 2015; Al-Munajjed, 2020).

Кім та ін. (Kim, 2016) порівняли симетрію ходи між односторонніми та двосторонніми трансфеморальними ампутаціями, виявивши, що двосторонні ампутовані особи продемонстрували більшу асиметрію. Й відповідно під час тренування динамічного балансу в русі, особа з двосторонньою ампутацією, мала більший ризик падіння, ніж особа з односторонньою ампутацією.

Для тренування балансу, у нашому дослідженні використовувався пристрій Huber 360. В основі концепції лежить поєднання понять балансу,

координації та загального тренування м'язів тіла. Під час занять на Huber 360 дуже важлива увага та концентрація, що розвиває пропріоцепцію.

Перед початком роботи за програмою потрібно пройти діагностику на Huber:

- тест на стабільність (тест Ромберга);
- тест на рівновагу (стійка на одній нозі);
- тест на ходьбу (тест Фукуда);
- тест на межі стабільності;
- тест на обмеження рухливості;
- тест на силу;
- тест на координацію.

Тест дасть фундамент для розуміння дослідника стану постуральної мускулатури досліджуваного (що відповідає за положення тіла у просторі). Це дозволить побудувати максимально ефективну програму тренувань та відслідковувати динаміку позитивних змін в електронному вигляді.



Рис.1.4.1 Проведення тестування пацієнтів з трансфеморальною та транстібіальною ампутацією на тренажері Huber 360.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика реєстрації ходьби та балансу

Для реєстрації ходи було використане: візуальне спостереження, відеоспостереження та безпосередньо аналіз даних після виконання тестування на доріжці Axeler Gait and Balance та баланс-тренажері LPG Huber 360 .

Візуальний аналіз ходи – це найпростіша форма аналізу ходи, яка не вимагає жодних інструментів чи обладнання. Клініцист просить пацієнта пройтися доріжкою протягом кількох хвилин і намагається визначити патологічні зміни ходи за допомогою візуального спостереження.

Переваги такого методу:

1. Простий у виконанні, можна оцінити легкі патології ходи, які не потребують ретельного аналізу.
2. Економить час та простір.
3. Оцінка в реальному часі.

Недоліки:

1. Очі не можуть уловити високошвидкісні рухи
2. Такі змінні, як натиск, частота кроків і рух суглобів, важко оцінити без вимірювань.
3. Важко відстежити покращення «на око», бо це вимагає відмінних клінічних навичок.
4. Існує збільшення варіабельності між оцінювачами. Критерії «нормальної ходи» варіюються від оцінювача до оцінювача залежно від рівня досвіду.

Відеоспостереження, теж один з методів, який використовувався у роботі – записуємо ходьбу пацієнта за допомогою камери (якщо необхідно, зі

штативом для стабільності відео) та аналізуємо її через уповільнене відео. Аналіз виконується шляхом повторного відтворення відео на телефоні/комп'ютері з меншою швидкістю та виявлення патологій в моделі ході.

Переваги:

1. Забезпечує візуальний зворотній зв'язок, можна використовувати як елементарний інструмент для попереднього аналізу.
2. Відео дозволяє легко масштабувати та сповільнювати ходу та відтворювати її відповідно до заданих вимог.
3. Поетапний аналіз кожної фази ходи й вимірювання кутів у суглобах, для порівняння з «нормальною ходою».

Недоліки:

1. Не дає інформації про силу та м'язову активність.
2. Точність аналізу залежить від розташування камери, потрібно знімати з однакового ракурсу й положення.

Особи з трансфеморальною ампутацією можуть адаптуватися, демонструючи різноманітні відхилення ходи та енергоефективно створювати рух на комфортному рівні шляхом ходьби в повільному темпі .

Ефективна ходьба вимагає симетричної ходи. Симетрія ходи є одним із ключових факторів ефективної динаміки та кінематики людини. Кінематика кінцівок у суб'єктів з транстибіальною ампутацією подібна до такої для осіб зі здоровими кінцівками, тоді як кінематика для трансфеморальних ампутуваних кінцівок демонструє велику асиметрію ходи між контрлатеральними кінцівками.(Buckley, 1999).



Рис.2.1.1 Приклад циклу ходи, осіб з трансфеморальною ампутацією лівої
НОГИ



Рис.2.1.2 Приклад циклу ходи, осіб з транстібіальною ампутацією правої
НОГИ

Основна мета аналізу ходи — допомогти нам визначити патологічні моделі ходи, які впливають на пацієнта, а також вивчити їх причини. Ця інформація надзвичайно корисна для розробки цільових програм реабілітації, планування хірургічних втручань або виготовлення ортопедичних і протезних засобів.

2.2 Схеми експерименту

У дослідженні взяли участь 20 пацієнтів, як обстежувані (20 чоловіків) при Київському Інституті Реабілітації, віком від 19 до 42 років. (10 пацієнтів з трансфеморальною (5 з лівою, 5 з правою ногою), 10 пацієнтів з транстібіальною ампутацією (5 з лівою, 5 з правою ногою)).

Обробка отриманих даних по ходьбі була проведена за допомогою програми Neuroforma на базі пакету Neuroforma Gait and Balance. Що стосується статистичної обробки результатів – використовувався Excel та STATISTICA.

Перед початком кожного запису тесту – пацієнт отримує інформацію з детальним описом тесту, що містить певні інструкції. Після досягнення мети або натискання червоної кнопки на позначці на екрані з'явиться інформація про завершене тренування. На екрані відображається тривалість тренування в хвилинах і секундах, пройдена відстань у метрах і кількість зроблених кроків. На панелі відобразиться зведення, що дозволить зберегти результати. Тест передбачає ходьбу на доріжці протягом 6 хвилин у оптимальному для пацієнта темпі аби подолати максимальну можливу відстань. Впродовж тижня після тренувань проводився повторний запис тесту, аби була можливість проводити моніторинг та порівнювати результати в реальному часі й тонко налаштовувати моменти у фазах ходи пацієнта.

2.3 Axelero Gait and Balance

Axelero Gait&Balance — це найновіший медичний пристрій компанії Meden Inmed, який складається з бігової доріжки, підставки з монітором і комп'ютера з встановленим програмним забезпеченням Neuroforma Gait&Balance. Прилад використовується для тренування порушень моделі ходи та рівноваги. Цю доріжку можна використовувати для тренування симетрії ходи, покращення рівноваги та загальної моторики пацієнта. Завдяки інформації зворотного зв'язку у вигляді лінійних і стовпчастих графіків, терапевт може коригувати пацієнта, щоб подовжити або скоротити довжину кроку або підтримувати рівномірне навантаження на кінцівки в опорній фазі ходи.



Рис.2.2.1. Доріжка Axelero Gait and Balance

Перед всі параметри ходи розраховуються за допомогою тензодатчиків. Під біговим полотном розміщена пластина, закріплена на чотирьох

тензометричних балках. Порівнюючи навантаження на датчики, отримуємо положення центру сили тиску (COP) та вагу пацієнта.

Перед запуском пристрою регулюється ширина і висота вбудованих поручнів, що дозволяють підлаштувати їх під зріст пацієнта. Також тренажер має спеціальний бездротовий пульт дистанційного керування, який дозволяє пацієнту керувати пристроєм, а планшет, що входить до комплекту, використовується фізичним терапевтом (див. рис.2.2.1.).

На головному екрані дослідника виводяться дані по всіх параметрах ходьби, які згадувались раніше.

Зображення на екрані ходи графіку «Метелик» показує, як змінюється центр маси тіла. Перетин жирних сірих ліній визначає центр полотна. Вкладка симетрій – показує виникнення асиметрії між лівою та правою ногою для різних параметрів ходи:

- Довжина кроку
- Середнє навантаження
- Максимальне навантаження
- Час фаз опори
- Час фаз маху

Іншим важливим аспектом графіку «метелик» є те, що він може допомогти запобігти розвитку вторинних проблем зі здоров'ям. Людям з ампутацією часто доводиться компенсувати втрату кінцівки, використовуючи інші м'язи або коригуючи поставу. З часом це може призвести до розвитку вторинних проблем зі здоров'ям, таких як біль у спині або проблеми з суглобами. Виявляючи ці компенсаторні рухи на ранній стадії за допомогою аналізу ходи, медичні працівники можуть розробити втручання, щоб запобігти розвитку цих вторинних проблем зі здоров'ям, а також використовувати для діагностичних цілей.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В результатах дослідження, хотіла б навести приклади проаналізованих графіків та статистично оброблених результатів декількох пацієнтів:

1. Пацієнта С з транстібіальною ампутацією лівої кінцівки.
2. Пацієнта П з транстібіальною ампутацією правої кінцівки.
3. Пацієнта Б з трансфemorальною ампутацією лівої кінцівки.
4. Пацієнта Х з трансфemorальною ампутацією правої кінцівки.

Перший пацієнт С, під час того як перший раз отримав протез пройшов на доріжці 6 хвилинний тест не тримаючись руками за перила. Було отримано й проаналізовано, такі графіки:



Рис 3.1.1. Статистика по даній пробі пацієнта С, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

На рисунку представлені такі показники: час тесту – 6 хвилин, пройденої відстань - 183 метрів, середню швидкість 2,7 км/год.

Різниця довжини кроку між ногами дорівнює 5 см, більша від норми на 1 см. Довжина кроку лівої ноги в нормі, правої ноги в нормі. Різниця середнього навантаження між сторонами більша від норми на 0,62 кг. в сторону правої ноги. Різниця максимального навантаження більше від норми на 2,96 кг в сторону правої ноги. Різниця між сторонами фази стійки більша від норми на 0,06 с., а фаза маху більша від норми на 0,05с..

Цикл лівої ноги менше норми на 0,26с., цикл правої менше на 0,25с., різниця циклів в нормі. Ширина кроку більше від норми на 8 см. Фаза стійки лівої ноги в нормі, відповідно фаза маху в нормі. Фаза стійки правої ноги більше від норми на 8%, відповідно фаза маху менше від норми на 8%.

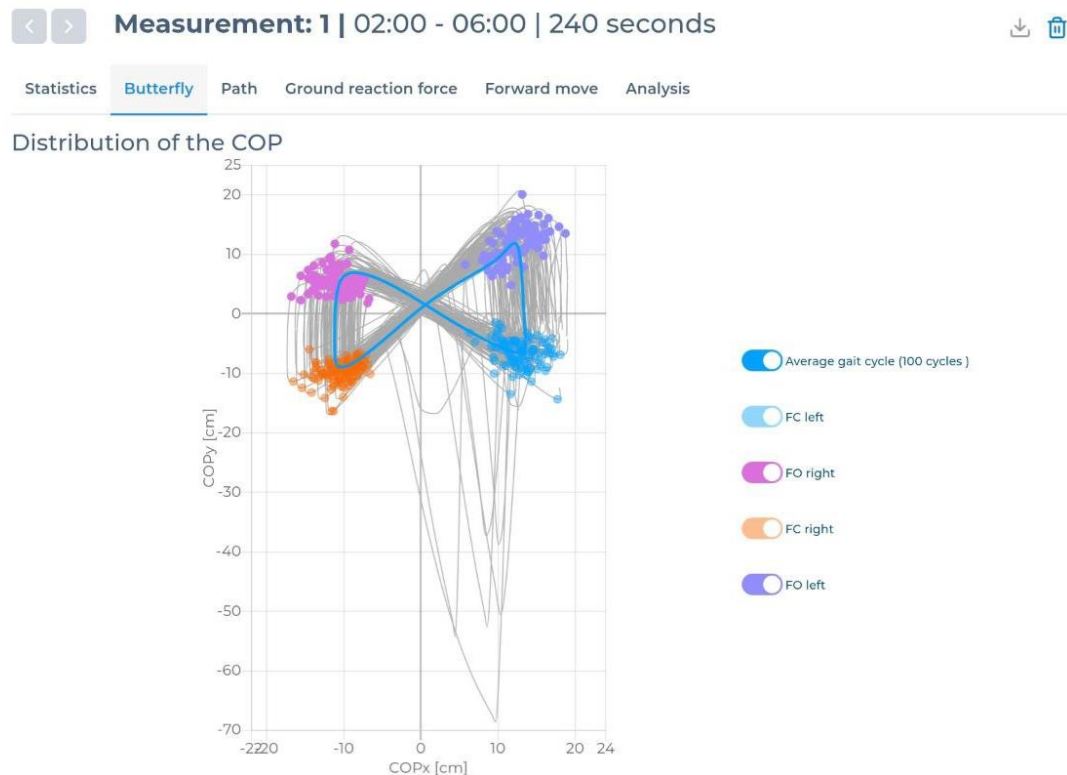


Рис.3.1.2 Графік метелик пацієнта С, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика в межах норми. Відстань від FO до FC правої в нормі, відстань від FO до FC лівої більша від норми на 0,1 см, різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги більше

відносно норми на 1,3 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика більше за норму на 2,1 см., FC до центра - на 4,8 см. Відстань FO лівої ноги до центру більше від норми на 2,3 см., FC до центра - на 1,4 см. Різниця FO правої відносно FO лівої в нормі, а FC правої відносно FC лівої більше від норми на 2,6 см.

Нижче буде представлено результат через 2 тижні після щоденних занять ходьбою та відпрацювання правильного патерну ходи.

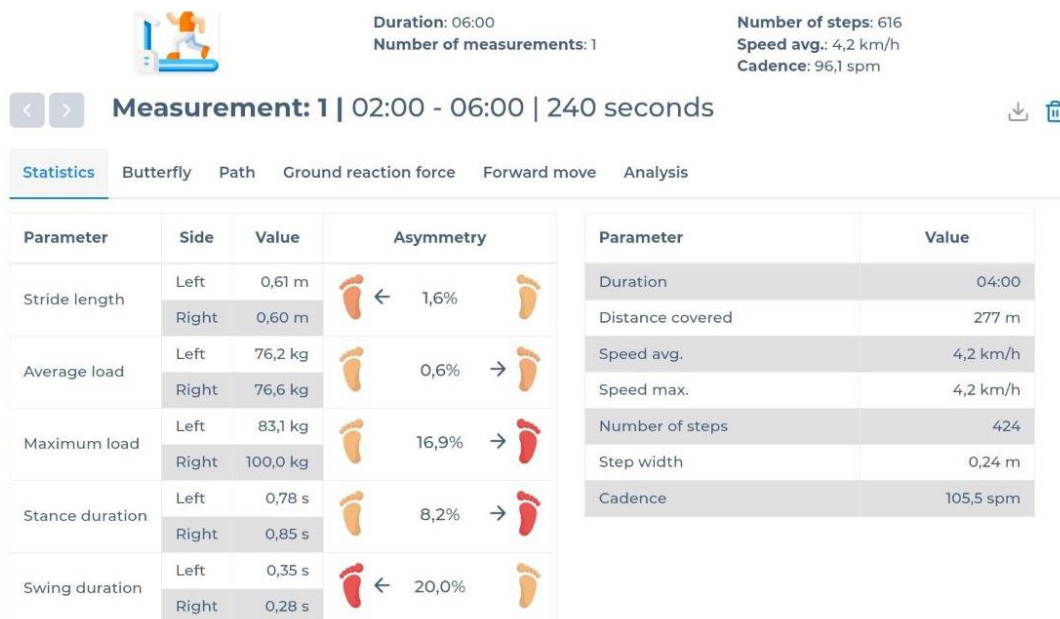


Рис.3.1.3. Статистика по даній пробі пацієнта С, через 2 тижні, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

На рисунку представлені такі показники: час для аналізу тесту – 4 хвилини, відстань - 277 метри. Швидкість 4,2 км/год. Різниця довжини кроку між ногами дорівнює 1 см. - норма. Довжина кроку та різниця сторін в межах норми. Різниця середнього навантаження між сторонами в нормі. Різниця максимального навантаження більша від норми на 16,2 кг. в сторону правої ноги. Різниця між сторонами фази стійки більше від норми на 0,05с., фаза маху більше за норму на 0,05с. Цикл лівої ноги коротший від норми на 0,32 с., а цикл правої ноги коротший від норми на 0,32 с., що зумовлює різницю в

межах норми. Ширина кроку більше від норми на 7 см. Фаза стійки лівої ноги менше від норми на 1%, відповідно фаза маху більша на 1%. Фаза стійки правої ноги більша від норми на 3%, відповідно фаза маху менша від норми на 3%.

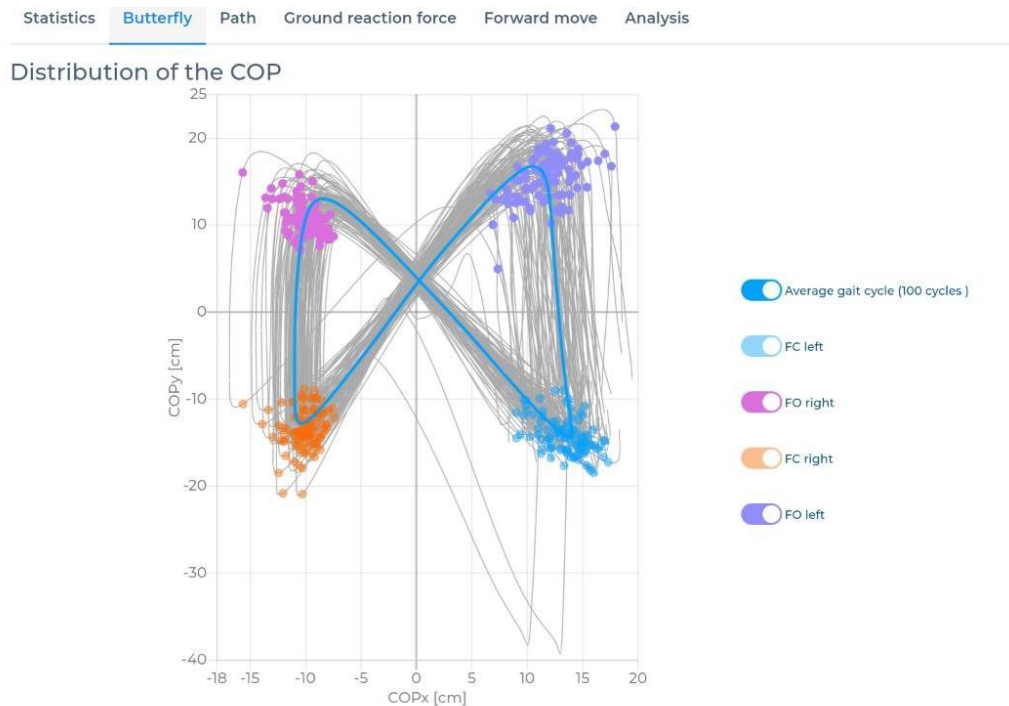


Рис.3.1.4. Графік метелик пацієнта С, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Підсумовуючи отримані данні, можна стверджувати, що різниця між першим та крайнім заняттям у відстані збільшилась на 94 метрів. Швидкість зросла на 1,5 км/год. Різниця довжини кроку між ногами зменшилась на 4 см і стала в межах норми. Довжина кроку лівої ноги збільшилась на 20 см., а правої ноги - на 14 см. Різниця середнього навантаження між сторонами зменшилась на 0,6 кг. Різниця максимального навантаження збільшилась на 13,2 кг. Різниця між сторонами фази стійки зменшилась на 0,01с., маху - без змін.

Цикл кроку лівої ноги зменшився на 0,06 с., а цикл правої ноги зменшився на 0,07 с. Різниця циклів сторін зменшилась на 0,01 см і залишилась в нормі. Ширина кроку зменшилась на 1 см. Фаза стійки лівої

ноги зменшилась на 3%, відповідно фаза маху збільшилась на 3% - вийшли за межі норми. Фаза стійки правої ноги зменшилась на 3%, відповідно фаза маху зменшилась на 2%.

Стабільність показників метелика покращились на 14% і залишились в нормі. Відстань від FO до FC правої ноги збільшилась на 8,6 см. - вийшла з норми, а від FO до FC лівої ноги збільшилась на 11 см. Різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги збільшилась на 2,4 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика зменшилась на 0,5 см., а FC до центра - на 3,3 см. Відстань FO лівої ноги до центру зменшилась на 0,5 см., FC до центра збільшилась на 3,1 см. Різниця FO правої відносно FO лівої без змін і залишилась в нормі, а FC правої відносно FC лівої зменшилась на 0,4 см. Отже, можна виявити тонкі зміни у функціональній динаміці, які дозволяють нам розрізняти початкові та кінцеві дані. Більш детально окреслені дані по пацієнту С з транстібіальною ампутацією лівої кінцівки (див. табл. 2.1)



Рис.3.1.5. Статистика по даній пробі пацієнта П , в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Час - 4 хвилини, пройдена відстань - 166 метрів. Швидкість 2,5 км/год. Різниця довжини кроку між ногами дорівнює 1 см - норма. Довжина кроку лівої ноги

в нормі, правої ноги в нормі. Різниця середнього навантаження між сторонами більша від норми на 0,22 кг. в сторону правої ноги. Різниця максимального навантаження більше від норми на 0,76 кг в сторону лівої ноги. Різниця між сторонами фази стійки більша від норми на 0,08 с., а фаза маху більша від норми на 0,09с..

Цикл кроку лівої ноги менше норми на 0,13с., цикл правої менший на 0,12с., різниця циклів в нормі. Ширина кроку більше від норми на 7 см. Фаза стійки лівої ноги більше від норми на 7%, відповідно фаза маху менша від норми на 7%. Фаза стійки правої ноги в нормі, відповідно фаза маху в нормі.

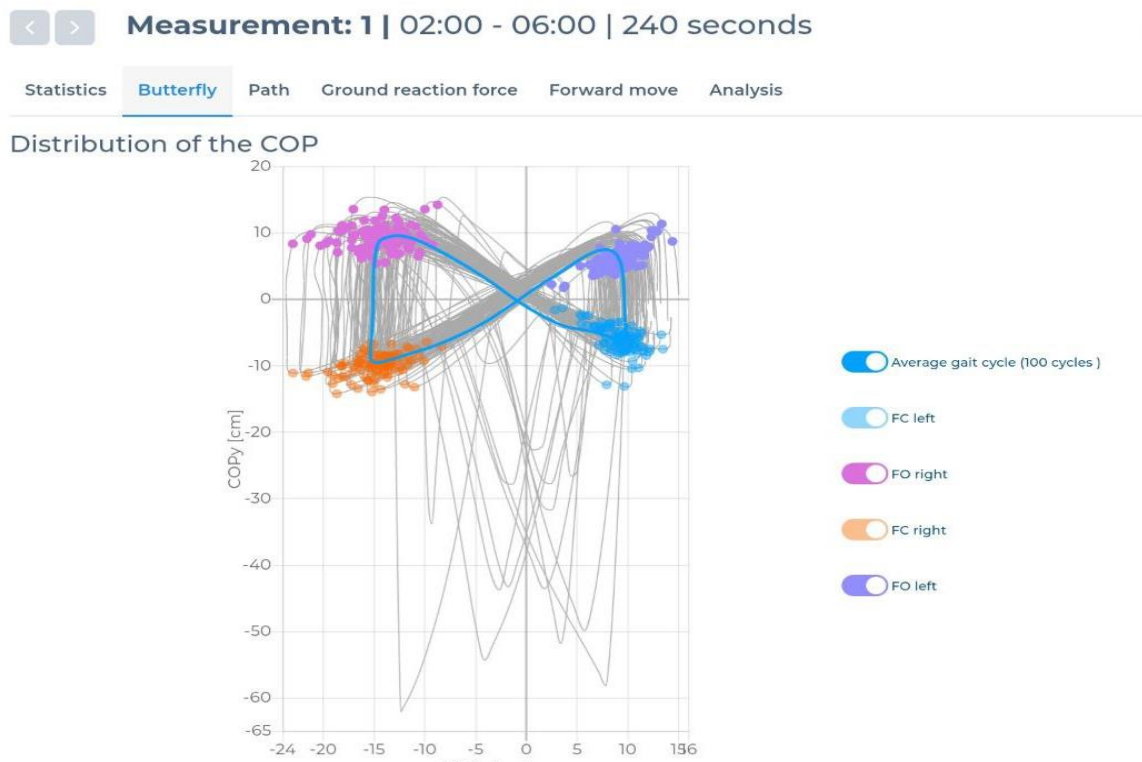


Рис.3.1.6. Графік метелик пацієнта П, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика менша від норми на 17%. Відстань від FO до FC правої більша від норми на 2,1 см, відстань від FO до FC лівої менша від норми на 1,5 см, різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги більше відносно норми на 7,1 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика більше за норму на 6 см., FC до центра - на 7,9 см. Відстань

FO лівої ноги до центру в нормі, FC до центра - і нормі. Різниця FO правої відносно FO лівої більша за норму на 7,3 см, а FC правої відносно FC лівої більше від норми на 10,3 см.

Далі наведено дані більше ніж через 3 тижні після щоденних занять ходьбою та відпрацювання правильного патерну руху.



Рис.3.1.7. Статистика по даній пробі пацієнта П , в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Різниця в порівнянні з минулими записами – такий самий, відстань збільшилась на 41 метрів. Швидкість збільшилась на 0,6 км/год. Різниця довжини кроку між ногами збільшилась на 2 см. і залишилась в межах норми. Довжина кроку лівої ноги збільшилась на 11 см., а правої ноги - на 13 см. Різниця середнього навантаження між сторонами зменшилась на 0,2 кг. Різниця максимального навантаження зменшилась на 0,5 кг. Різниця між сторонами фази стійки збільшилась на 0,01с., маху - на 0,01с. Цикл лівої ноги збільшився на 0,06 с., а цикл правої ноги збільшився на 0,06 с. Різниця

циклів сторін без змін і залишилась в нормі. Ширина кроку зменшилась на 4 см. Фаза стійки лівої ноги зменшилась на 2%, відповідно фаза маху збільшилась на 2%. Фаза стійки правої ноги зменшилась на 2%, відповідно фаза маху збільшилась на 2% - вийшла за межі норми.

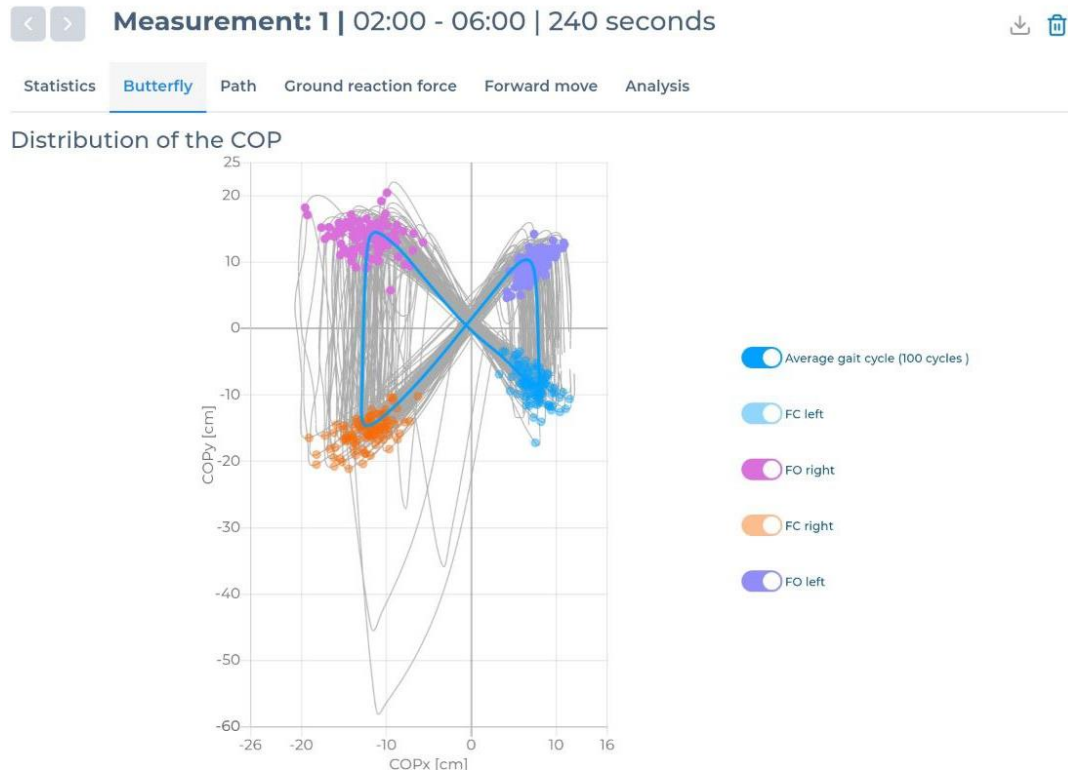


Рис.3.1.8. Графік метелик пацієнта П, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика покращились на 6% і залишились в нормі. Відстань від FO до FC правої ноги збільшилась на 8,5 см. - вийшла з норми, а від FO до FC лівої ноги збільшилась на 6,1 см. Різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги збільшилась на 2,4 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика зменшилась на 5,1 см., а FC до центра - на 6,4 см. Відстань FO лівої ноги до центру збільшилась на 0,6 см., FC до центра збільшилась на 2,5 см. і залишились в межах норми. Різниця FO правої відносно FO лівої зменшилась на 5,8 см, а FC правої відносно FC лівої зменшилась на 8,9 см. Більш детально окреслені дані по пацієнту П з транстібіальною ампутацією правої кінцівки (див. табл. 2.2)



Рис.3.1.9. Статистика по даній пробі пацієнта Б, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Час - 4 хвилини, пройдена відстань - 246 метрів. Швидкість 3,7 км/год. Різниця довжини кроку між ногами - 7 см., збільшення в сторону лівої ноги. Довжина кроку лівої ноги в нормі, правої ноги в нормі. Різниця між сторонами більша від норми на 3 см. Різниця середнього навантаження між сторонами більша від норми на 2,12 кг. в сторону правої ноги Різниця максимального навантаження більше від норми на 3,76 кг.в сторону правої ноги. Різниця між сторонами фази стійки більша від норми на 0,12 с., а фаза маху більша від норми на 0,12с..

Цикл кроку лівої ноги менше норми на 0,29с., цикл правої менше на 0,29с., різниця циклів в нормі. Ширина кроку більше від норми на 2 см. Фаза стійки лівої ноги менша за норму на 2%, відповідно фаза маху більша за норму на 2%. Фаза стійки правої ноги більше від норми на 8%, відповідно фаза маху менше від норми на 8%.

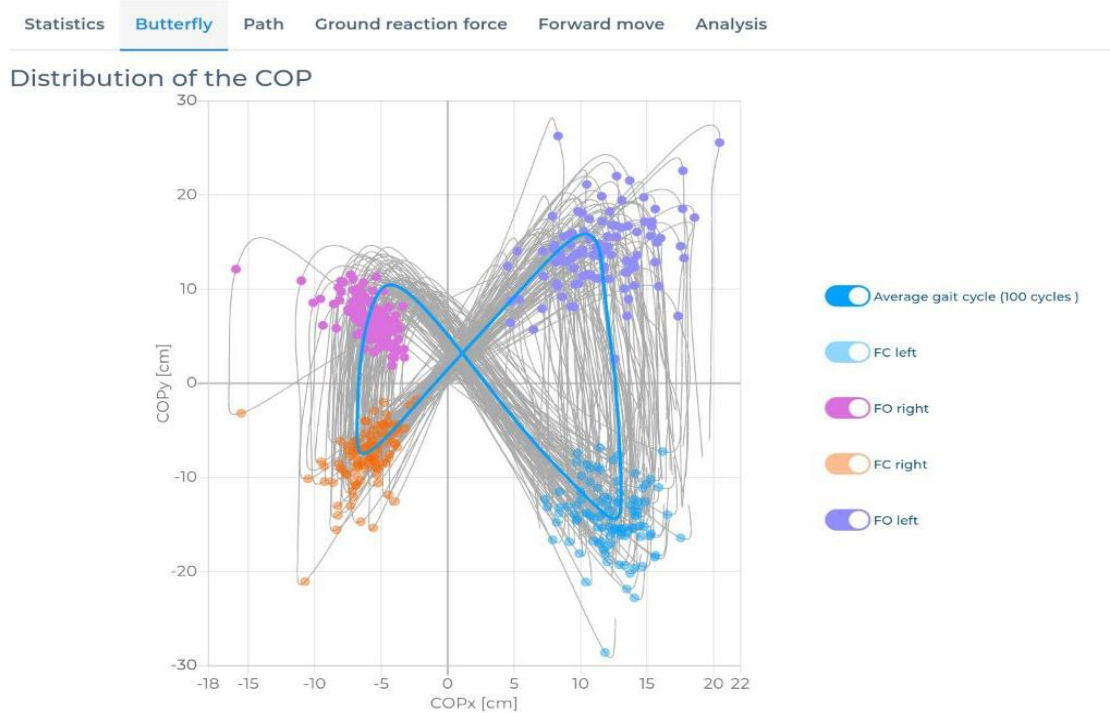


Рис.3.1.10. Графік метелик пацієнта Б, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика менша від норми на 28%. Відстань від FO до FC правої в нормі, відстань від FO до FC лівої більша від норми на 11,6 см, різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги більше відносно норми на 14,6 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика в нормі, FC до центра - в нормі. Відстань FO лівої ноги до центру більше від норми на 1,3 см., FC до центра - на 2,3 см. Різниця FO правої відносно FO лівої більше від норми на 1,2 см., а FC правої відносно FC лівої більше від норми на 1,6 см.

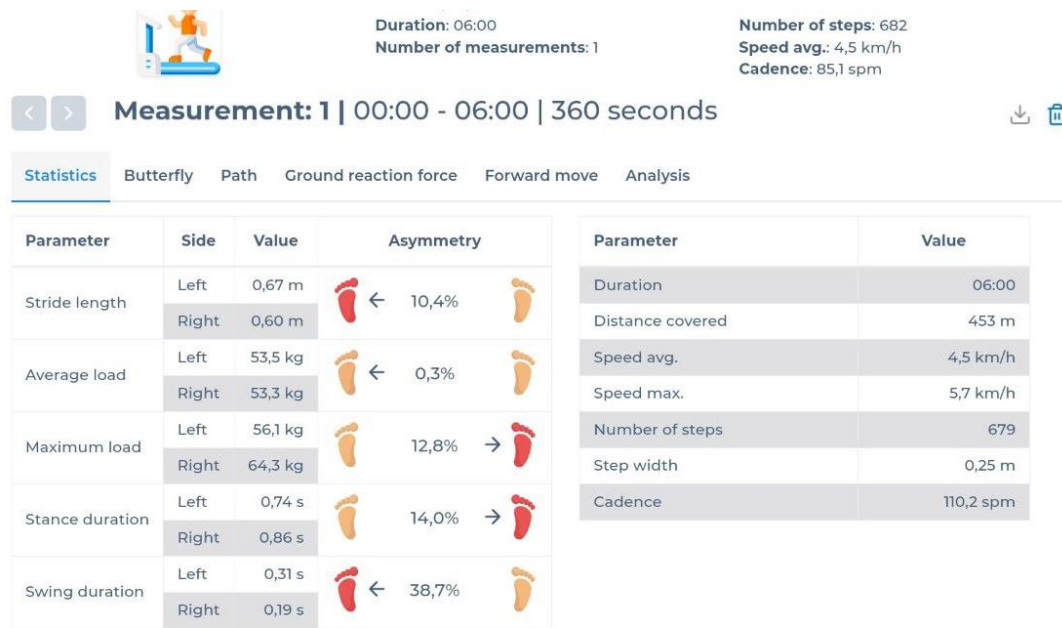


Рис.3.1.11. Статистика по даній пробі пацієнта Б через 4 тижні, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Час збільшився на 2 хвилини, відстань збільшилась на 207 метрів. Швидкість збільшилась на 0,8 км/год. Різниця довжини кроку між ногами без змін. Довжина кроку лівої ноги збільшилась на 8 см., а правої ноги - на 8 см. Різниця середнього навантаження між сторонами зменшилась на 2,3 кг і стала в норму. Різниця максимального навантаження збільшилась на 3,7 кг. Різниця між сторонами фази стійки зменшилась на 0,02с., маху - зменшилась на 0,02 с.

Цикл кроку лівої ноги зменшився на 0,11 с., а цикл правої ноги зменшився на 0,11 с. Різниця циклів сторін без змін і в нормі. Ширина кроку збільшилась на 6 см. Фаза стійки лівої ноги збільшилась на 2%, відповідно фаза маху зменшилась на 2% і стала в норму. Фаза стійки правої ноги збільшилась на 2%, відповідно фаза маху зменшилась на 2%

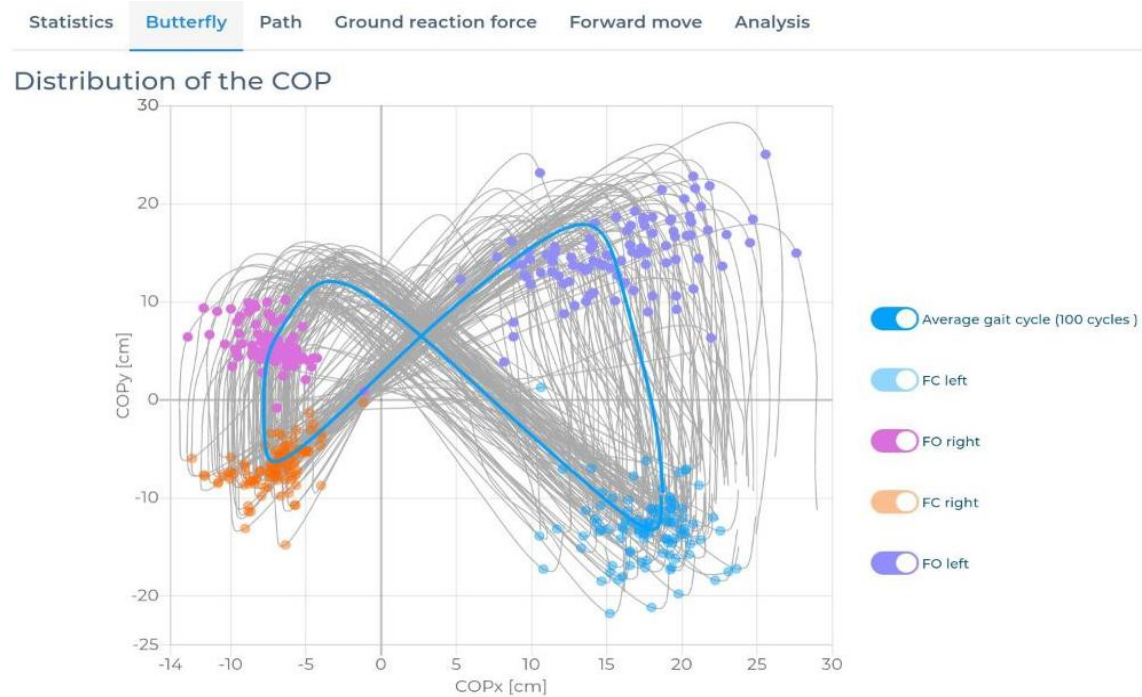


Рис.3.1.12. Графік метелик пацієнта Б через 4 тижні, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика покращились на 13%.

Відстань від FO до FC правої ноги зменшилась на 2,6 см., і відійшла від норми, а від FO до FC лівої ноги зменшилась на 0,1 см. Різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги збільшилась на 2,5 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика збільшилась на 1,8 см., а FC до центра - на 1,3 см. Відстань FO лівої ноги до центру зменшилась на 0,4 см., FC - збільшилась на 2,9 см. Різниця FO правої відносно FO лівої зменшилась на 1,9 см. і стала в норму, а FC правої відносно FC лівої збільшилась на 1,6 см. Більш детально окреслені дані по пацієнту Б з трансфеморальною ампутацією лівої кінцівки (див. табл. 2.3)

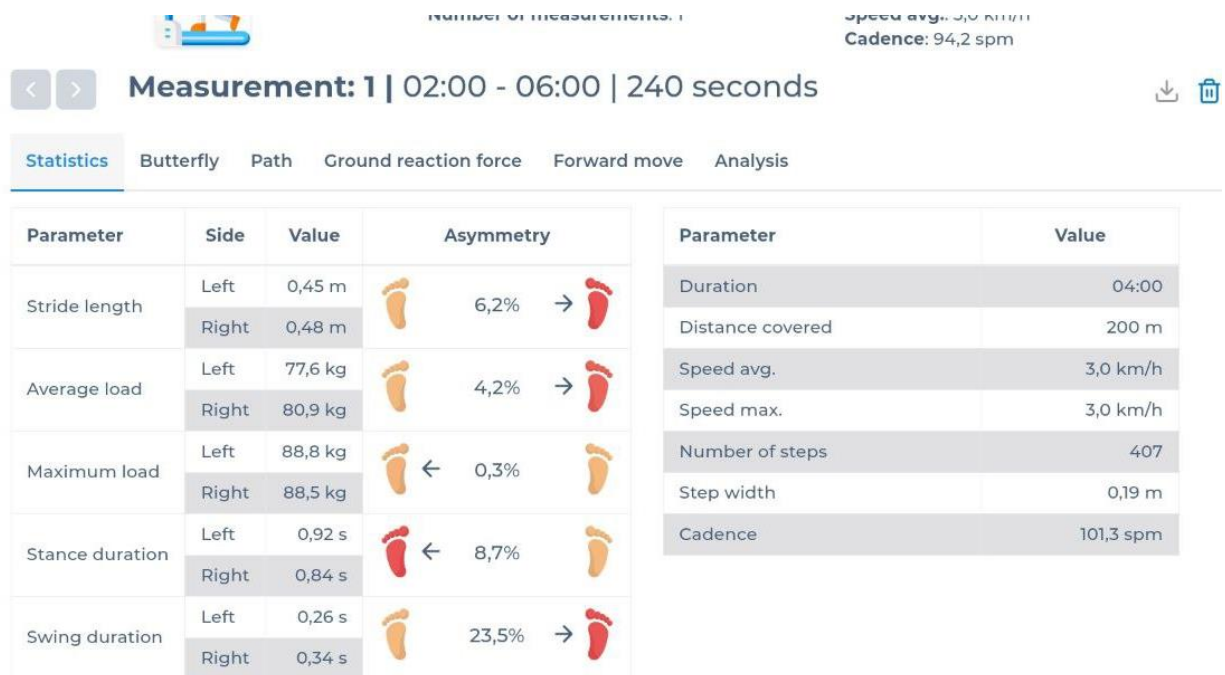


Рис.3.1.13. Статистика по даній пробі пацієнта X, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Час - 4 хвилин, відстань - 200 метрів. Швидкість 3 км/год. Різниця довжини кроку між ногами дорівнює 3 см - норма. Довжина кроку лівої ноги в нормі, правої ноги в нормі. Різниця середнього навантаження між сторонами більша від норми на 2,92 кг. в сторону правої ноги. Різниця максимального навантаження в нормі. Різниця між сторонами фази стійки більша від норми на 0,06 с., а фаза маху більша від норми на 0,06с. Цикл лівої ноги менше норми на 0,27с., цикл правої менше на 0,27с., різниця циклів в нормі. Ширина кроку більше від норми на 2 см. Фаза стійки лівої ноги більше від норми на 6%, відповідно фаза маху менше від норми на 6%. Фаза стійки правої ноги в нормі, відповідно фаза маху в нормі.

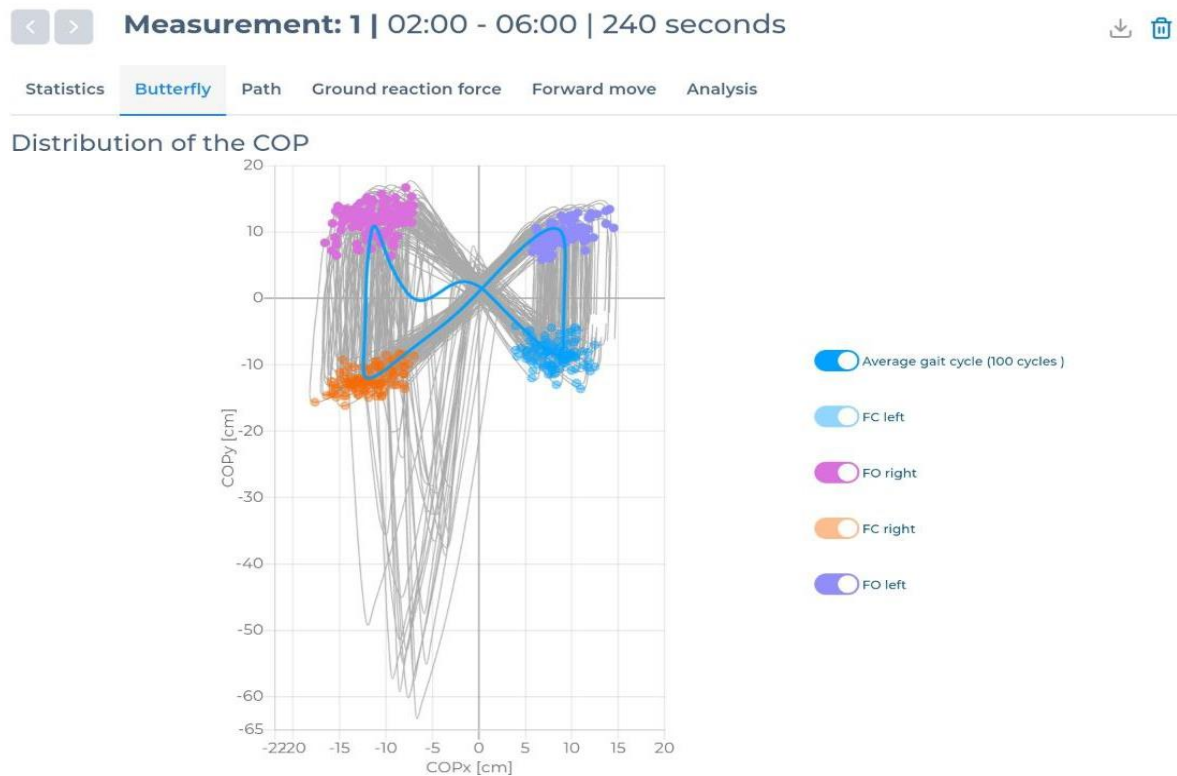


Рис.3.1.14. Графік метелик пацієнта X, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика менша від норми на 12%. Відстань від FO до FC правої більша від норми на 5,3 см, відстань від FO до FC лівої менша від норми на 0,6 см, різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги більше відносно норми на 9,5 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика більше за норму на 1,4 см., FC до центра - на 3,3 см. Відстань FO лівої ноги до центру більше від норми на 0,8 см., FC до центра - в нормі. Різниця FO правої відносно FO лівої в нормі, а FC правої відносно FC лівої більше від норми на 4,1 см



Рис.3.1.15. Статистика по даній пробі пацієнта X через 4 тижнів, в якій зібрані дані, узагальнені в цифровій формі.

Час збільшився на 2 хв, відстань збільшилась на 249 метрів. Швидкість збільшилась на 1,5 км/год. Різниця довжини кроку між ногами зменшилась на 1 см. - залишилась в межах норми. Довжина кроку лівої ноги збільшилась на 18 см., а правої ноги - на 17 см. Різниця середнього навантаження між сторонами зменшилась на 1,6 кг. Різниця максимального навантаження збільшилась на 10 кг. і вийшла за межі норми. Різниця між сторонами фази стійки зменшилась на 0,01с., маху - без змін. Цикл лівої ноги зменшився на 0,09 с., а цикл правої ноги зменшився на 0,07 с. Різниця циклів сторін зменшилась на 0,08 см і залишилась в нормі. Ширина кроку збільшилась на 2 см. Фаза стійки лівої ноги зменшилась на 1%, відповідно фаза маху збільшилась на 1%. Фаза стійки правої ноги зменшилась на 1%, відповідно фаза маху зменшилась на 1% - залишились в нормі.

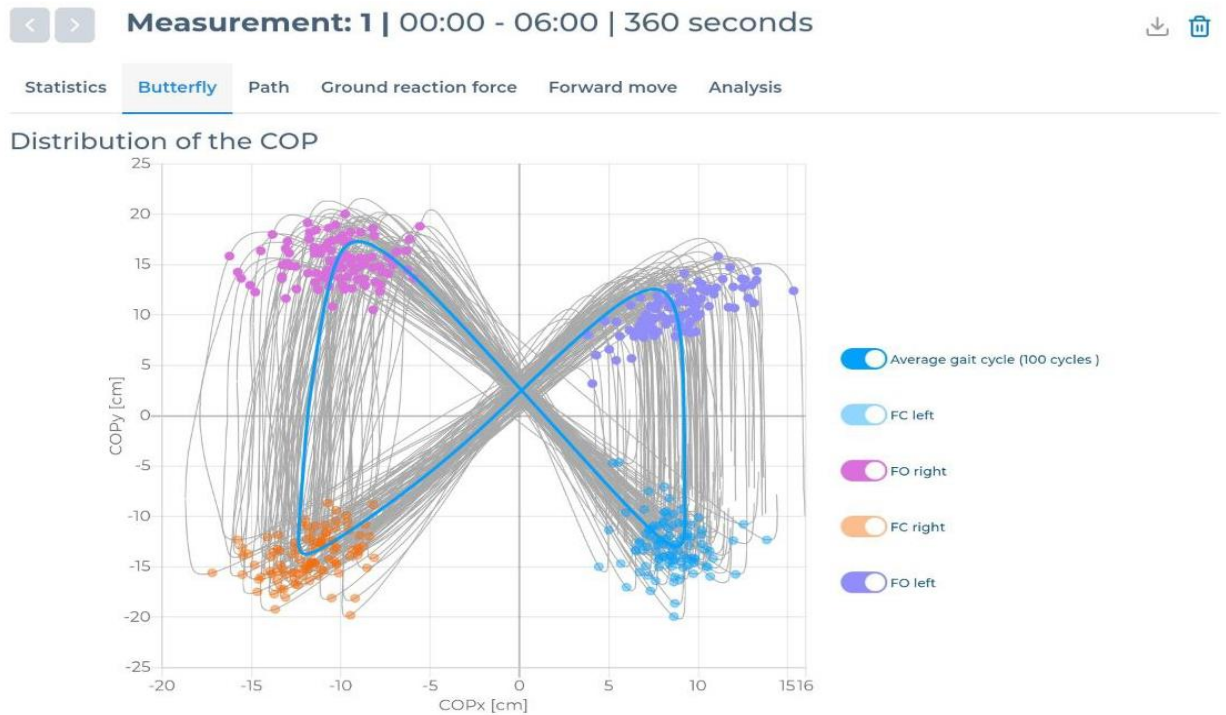


Рис.3.1.16. Графік метелик пацієнта X, який показує розподіл центру тиску протягом всього запису.

Стабільність показників метелика покращились на 5% і стали в межі норми. Відстань від FO до FC правої ноги збільшилась на 6 см., а від FO до FC лівої ноги збільшилась на 10,4 см. Різниця відстаней FO і FC правої ноги відносно FO і FC лівої ноги зменшилась на 4,4 см. Відстань FO правої ноги до центру метелика зменшилась на 0,4 см., а FC до центра - на 0,8 см. Відстань FO лівої ноги до центру зменшилась на 1,4 см., FC до центра збільшилась на 0,8 см. Різниця FO правої відносно FO лівої збільшилась на 1 см - вийшла за межі норми, а FC правої відносно FC лівої зменшилась на 1,5 см. Більш детально окреслені дані по пацієнту С з трансфеморальною ампутацією правої кінцівки (див. табл. 2.4)

Таблиця 2.1

Детальні зміни показників (статистика та метелик) пацієнта С протягом початкових та кінцевих записів ходи по біговій доріжці Axeler Gait and Balance

До	<table border="1"> <tr><td>Довжина кроку</td><td>ліва</td><td>0,41</td><td rowspan="2">m</td><td rowspan="2">0,05</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,46</td></tr> <tr><td rowspan="2">Середнє навантаження</td><td>ліва</td><td>78,8</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>79,8</td></tr> <tr><td rowspan="2">Максимальне навантаження</td><td>ліва</td><td>84,2</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">3,7</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>87,9</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза стійки</td><td>ліва</td><td>0,86</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">0,08</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,94</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза маху</td><td>ліва</td><td>0,33</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">0,07</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,26</td></tr> </table>	Довжина кроку	ліва	0,41	m	0,05			права	0,46	Середнє навантаження	ліва	78,8	kg	1			права	79,8	Максимальне навантаження	ліва	84,2	kg	3,7			права	87,9	Фаза стійки	ліва	0,86	s	0,08			права	0,94	Фаза маху	ліва	0,33	s	0,07			права	0,26	<table border="1"> <tr><td>Тривалість</td><td>00:04:00</td><td></td></tr> <tr><td>Відстань</td><td>183</td><td>m</td></tr> <tr><td>Швидкість сер</td><td>2,7</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Швидкість макс</td><td>3,1</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Кількість кроків</td><td>401</td><td></td></tr> <tr><td>Ширина кроку</td><td>0,25</td><td>m</td></tr> <tr><td>Ритм</td><td>99,5</td><td>spt</td></tr> <tr><td>Цикл лівої</td><td>1,19</td><td rowspan="2">0,01</td></tr> <tr><td>Цикл правої</td><td>1,20</td></tr> </table>	Тривалість	00:04:00		Відстань	183	m	Швидкість сер	2,7	km/h	Швидкість макс	3,1	km/h	Кількість кроків	401		Ширина кроку	0,25	m	Ритм	99,5	spt	Цикл лівої	1,19	0,01	Цикл правої	1,20	<table border="1"> <tr><td colspan="2">Ліва нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>72%</td><td>72%</td><td rowspan="2">0%</td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>28%</td><td>28%</td></tr> <tr><td colspan="2">Права нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>78%</td><td>72%</td><td rowspan="2">6%</td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>22%</td><td>28%</td></tr> </table>	Ліва нога		норма	Похибка	Фаза стійки	72%	72%	0%	Фаза маху	28%	28%	Права нога		норма	Похибка	Фаза стійки	78%	72%	6%	Фаза маху	22%	28%																																																																																																																																																																																																															
	Довжина кроку	ліва	0,41	m				0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		права	0,46																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Середнє навантаження	ліва	78,8	kg	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				79,8																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Максимальне навантаження	ліва	84,2	kg	3,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				87,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза стійки	ліва	0,86	s	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				0,94																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза маху	ліва	0,33	s	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				0,26																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Тривалість	00:04:00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Відстань	183	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість сер	2,7	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість макс	3,1	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Кількість кроків	401																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ширина кроку	0,25	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Ритм	99,5	spt																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл лівої	1,19	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл правої	1,20																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ліва нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	72%	72%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза маху	28%	28%																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Права нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	78%	72%	6%																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза маху	22%	28%																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Після	<table border="1"> <tr><td>Довжина кроку</td><td>ліва</td><td>0,61</td><td rowspan="2">m</td><td rowspan="2">0,01</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,6</td></tr> <tr><td rowspan="2">Середнє навантаження</td><td>ліва</td><td>76,2</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">0,4</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>76,6</td></tr> <tr><td rowspan="2">Максимальне навантаження</td><td>ліва</td><td>83,1</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">16,9</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>100</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза стійки</td><td>ліва</td><td>0,78</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">0,07</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,85</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза маху</td><td>ліва</td><td>0,35</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">0,07</td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,28</td></tr> </table>	Довжина кроку	ліва	0,61	m	0,01			права	0,6	Середнє навантаження	ліва	76,2	kg	0,4			права	76,6	Максимальне навантаження	ліва	83,1	kg	16,9			права	100	Фаза стійки	ліва	0,78	s	0,07			права	0,85	Фаза маху	ліва	0,35	s	0,07			права	0,28	<table border="1"> <tr><td>Тривалість</td><td>00:04:00</td><td></td></tr> <tr><td>Відстань</td><td>277</td><td>m</td></tr> <tr><td>Швидкість сер</td><td>4,2</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Швидкість макс</td><td>4,2</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Кількість кроків</td><td>424</td><td></td></tr> <tr><td>Ширина кроку</td><td>0,24</td><td>m</td></tr> <tr><td>Ритм</td><td>105,5</td><td>spt</td></tr> <tr><td>Цикл лівої</td><td>1,13</td><td rowspan="2">0</td></tr> <tr><td>Цикл правої</td><td>1,13</td></tr> </table>	Тривалість	00:04:00		Відстань	277	m	Швидкість сер	4,2	km/h	Швидкість макс	4,2	km/h	Кількість кроків	424		Ширина кроку	0,24	m	Ритм	105,5	spt	Цикл лівої	1,13	0	Цикл правої	1,13	<table border="1"> <tr><td colspan="2">Ліва нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>69%</td><td>70%</td><td rowspan="2">1%</td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>31%</td><td>28%</td></tr> <tr><td colspan="2">Права нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>75%</td><td>72%</td><td rowspan="2">3%</td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>25%</td><td>28%</td></tr> </table>	Ліва нога		норма	Похибка	Фаза стійки	69%	70%	1%	Фаза маху	31%	28%	Права нога		норма	Похибка	Фаза стійки	75%	72%	3%	Фаза маху	25%	28%																																																																																																																																																																																																															
	Довжина кроку	ліва	0,61	m				0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		права	0,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Середнє навантаження	ліва	76,2	kg	0,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				76,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Максимальне навантаження	ліва	83,1	kg	16,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				100																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза стійки	ліва	0,78	s	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				0,85																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза маху	ліва	0,35	s	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		права				0,28																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Тривалість	00:04:00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Відстань	277	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість сер	4,2	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість макс	4,2	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Кількість кроків	424																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ширина кроку	0,24	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Ритм	105,5	spt																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл лівої	1,13	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл правої	1,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ліва нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	69%	70%	1%																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза маху	31%	28%																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Права нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	75%	72%	3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза маху	25%	28%																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Різниця	<table border="1"> <tr><td>Довжина кроку</td><td>ліва</td><td>0,2</td><td rowspan="2">m</td><td rowspan="2">-0,04</td><td rowspan="2">-</td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,14</td></tr> <tr><td rowspan="2">Середнє навантаження</td><td>ліва</td><td>-2,6</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">-0,6</td><td rowspan="2">-</td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>-3,2</td></tr> <tr><td rowspan="2">Максимальне навантаження</td><td>ліва</td><td>-1,1</td><td rowspan="2">kg</td><td rowspan="2">13,2</td><td rowspan="2">-</td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>12,1</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза стійки</td><td>ліва</td><td>-0,08</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">-0,01</td><td rowspan="2">-</td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>-0,09</td></tr> <tr><td rowspan="2">Фаза маху</td><td>ліва</td><td>0,02</td><td rowspan="2">s</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">-</td></tr> <tr><td></td><td>права</td><td>0,02</td></tr> </table>	Довжина кроку	ліва	0,2	m	-0,04	-		права	0,14	Середнє навантаження	ліва	-2,6	kg	-0,6	-		права	-3,2	Максимальне навантаження	ліва	-1,1	kg	13,2	-		права	12,1	Фаза стійки	ліва	-0,08	s	-0,01	-		права	-0,09	Фаза маху	ліва	0,02	s	0	-		права	0,02	<table border="1"> <tr><td>Тривалість</td><td>00:00:00</td><td></td></tr> <tr><td>Відстань</td><td>94</td><td>m</td></tr> <tr><td>Швидкість сер</td><td>1,5</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Швидкість макс</td><td>1,1</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Кількість кроків</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>Ширина кроку</td><td>-0,01</td><td>m</td></tr> <tr><td>Ритм</td><td>6</td><td>spt</td></tr> <tr><td>Цикл лівої</td><td>-0,06</td><td rowspan="2">-0,01</td></tr> <tr><td>Цикл правої</td><td>-0,07</td></tr> </table>	Тривалість	00:00:00		Відстань	94	m	Швидкість сер	1,5	km/h	Швидкість макс	1,1	km/h	Кількість кроків	23		Ширина кроку	-0,01	m	Ритм	6	spt	Цикл лівої	-0,06	-0,01	Цикл правої	-0,07	<table border="1"> <tr><td colspan="2">Ліва нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>-3%</td><td></td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>3%</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">Права нога</td><td>норма</td><td>Похибка</td></tr> <tr><td>Фаза стійки</td><td>-3%</td><td></td><td rowspan="2"></td></tr> <tr><td>Фаза маху</td><td>3%</td><td></td></tr> </table>	Ліва нога		норма	Похибка	Фаза стійки	-3%			Фаза маху	3%		Права нога		норма	Похибка	Фаза стійки	-3%			Фаза маху	3%																																																																																																																																																																																																																
	Довжина кроку	ліва	0,2	m				-0,04	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		права	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Середнє навантаження	ліва	-2,6	kg	-0,6	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		права				-3,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Максимальне навантаження	ліва	-1,1	kg	13,2	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		права				12,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза стійки	ліва	-0,08	s	-0,01	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		права				-0,09																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Фаза маху	ліва	0,02	s	0	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		права				0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Тривалість	00:00:00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Відстань	94	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість сер	1,5	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Швидкість макс	1,1	km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Кількість кроків	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ширина кроку	-0,01	m																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Ритм	6	spt																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл лівої	-0,06	-0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Цикл правої	-0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ліва нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	-3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Фаза маху	3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Права нога		норма	Похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Фаза стійки	-3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Фаза маху	3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">Верхня</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Середні</td> <td>$\Gamma_{серX}$</td> <td>$\Gamma_{серY}$</td> <td>Середні</td> <td>$\Gamma_{серX}$</td> <td>$\Gamma_{серY}$</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td rowspan="3">Верхня</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FO right</td> <td>-11</td> <td>12</td> <td>FO left</td> <td>13</td> <td>20</td> <td>FO right</td> <td>-10,125</td> <td>5</td> <td>FO left</td> <td>12,25</td> <td>11,625</td> <td>FO right</td> <td>0,875</td> <td>7</td> <td>FO left</td> <td>0,75</td> <td>8,37</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FC right</td> <td>-14,5</td> <td>-6</td> <td>FC left</td> <td>9,5</td> <td>-2</td> <td>FC right</td> <td>-12,75</td> <td>-11,125</td> <td>FC left</td> <td>11,375</td> <td>-6,75</td> <td>FC right</td> <td>1,75</td> <td>5,125</td> <td>FC left</td> <td>1,87</td> <td>4,75</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Ліва</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Середні</td> <td>$\Gamma_{сер\Delta X}$</td> <td>$\Gamma_{сер\Delta Y}$</td> <td>Середні</td> <td>$\Gamma_{сер\Delta X}$</td> <td>$\Gamma_{сер\Delta Y}$</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td rowspan="3">Ліва</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FO right</td> <td>-17</td> <td>3,5</td> <td>FO left</td> <td>5</td> <td>8,5</td> <td>FO right</td> <td>3,875</td> <td>3,5</td> <td>FO left</td> <td>3,75</td> <td>4,875</td> <td>FO right</td> <td>6,875</td> <td>1,5</td> <td>FO left</td> <td>7,25</td> <td>3,12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FC right</td> <td>-17</td> <td>-11,5</td> <td>FC left</td> <td>6,5</td> <td>-4</td> <td>FC right</td> <td>3</td> <td>3,125</td> <td>FC left</td> <td>3,375</td> <td>3,75</td> <td>FC right</td> <td>4,25</td> <td>0,375</td> <td>FC left</td> <td>4,87</td> <td>2,75</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Нижня</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td colspan="6" rowspan="3"> <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">ДО</div> </td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td rowspan="3">Нижня</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FO right</td> <td>-6,5</td> <td>2</td> <td>FO left</td> <td>12</td> <td>5</td> <td>FO right</td> <td>3,625</td> <td>3</td> <td>FO left</td> <td>0,25</td> <td>6,62</td> <td>FO right</td> <td>0,25</td> <td>5,875</td> <td>FC left</td> <td>0,12</td> <td>6,75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FC right</td> <td>-12,5</td> <td>-17</td> <td>FC left</td> <td>11,5</td> <td>-13,5</td> <td>FC right</td> <td>0,25</td> <td>5,875</td> <td>FC left</td> <td>0,12</td> <td>6,75</td> <td>FC left</td> <td>0,12</td> <td>6,75</td> <td>FC left</td> <td>0,12</td> <td>6,75</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Права</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Координати</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td>Абсолютна</td> <td>ΔX</td> <td>ΔY</td> <td rowspan="3">Права</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FO right</td> <td>-6</td> <td>2,5</td> <td>FO left</td> <td>19</td> <td>13</td> <td>Центр метелика</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>FO right</td> <td>4,125</td> <td>2,5</td> <td>FO left</td> <td>6,75</td> <td>1,37</td> <td>FO right</td> <td>5,75</td> <td>1,125</td> <td>FC left</td> <td>6,62</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FC right</td> <td>-7</td> <td>-10</td> <td>FC left</td> <td>18</td> <td>-7,5</td> <td>FC right</td> <td>5,75</td> <td>1,125</td> <td>FC left</td> <td>6,62</td> <td>0,75</td> <td>FC left</td> <td>6,62</td> <td>0,75</td> <td>FC left</td> <td>6,62</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Відстань</td> <td>cm</td> <td colspan="2">Різниця</td> <td>cm</td> <td colspan="2">Відстань</td> <td>cm</td> <td colspan="2">Відстань</td> <td>cm</td> <td colspan="2">Різниця</td> <td>cm</td> <td colspan="2">$r_{\Delta сер}$</td> <td colspan="2">Загальна абсолютна похибка</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FO/FC right</td> <td>16,1</td> <td colspan="2">right/left</td> <td>2,3</td> <td colspan="2">FO/центр</td> <td>11,125</td> <td colspan="2">FOI/центр</td> <td>11,3</td> <td colspan="2">FOr/FOI</td> <td>0,1</td> <td colspan="2">3,7</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">FO/FC left</td> <td>18,4</td> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="2">FCr/центр</td> <td>13,8</td> <td colspan="2">FCI/центр</td> <td>10,4</td> <td colspan="2">FCr/FCI</td> <td>3,4</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>												Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$\Gamma_{серX}$	$\Gamma_{серY}$	Середні	$\Gamma_{серX}$	$\Gamma_{серY}$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня		FO right	-11	12	FO left	13	20	FO right	-10,125	5	FO left	12,25	11,625	FO right	0,875	7	FO left	0,75	8,37		FC right	-14,5	-6	FC left	9,5	-2	FC right	-12,75	-11,125	FC left	11,375	-6,75	FC right	1,75	5,125	FC left	1,87	4,75	Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$\Gamma_{сер\Delta X}$	$\Gamma_{сер\Delta Y}$	Середні	$\Gamma_{сер\Delta X}$	$\Gamma_{сер\Delta Y}$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва		FO right	-17	3,5	FO left	5	8,5	FO right	3,875	3,5	FO left	3,75	4,875	FO right	6,875	1,5	FO left	7,25	3,12		FC right	-17	-11,5	FC left	6,5	-4	FC right	3	3,125	FC left	3,375	3,75	FC right	4,25	0,375	FC left	4,87	2,75	Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">ДО</div>						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня		FO right	-6,5	2	FO left	12	5	FO right	3,625	3	FO left	0,25	6,62	FO right	0,25	5,875	FC left	0,12	6,75		FC right	-12,5	-17	FC left	11,5	-13,5	FC right	0,25	5,875	FC left	0,12	6,75	FC left	0,12	6,75	FC left	0,12	6,75	Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права		FO right	-6	2,5	FO left	19	13	Центр метелика	1	1	FO right	4,125	2,5	FO left	6,75	1,37	FO right	5,75	1,125	FC left	6,62	0,75		FC right	-7	-10	FC left	18	-7,5	FC right	5,75	1,125	FC left	6,62	0,75	FC left	6,62	0,75	FC left	6,62	0,75	Відстань		cm	Різниця		cm	Відстань		cm	Відстань		cm	Різниця		cm	$r_{\Delta сер}$		Загальна абсолютна похибка		FO/FC right		16,1	right/left		2,3	FO/центр		11,125	FOI/центр		11,3	FOr/FOI		0,1	3,7				FO/FC left		18,4				FCr/центр		13,8	FCI/центр		10,4	FCr/FCI		3,4				
Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$\Gamma_{серX}$	$\Gamma_{серY}$	Середні	$\Gamma_{серX}$		$\Gamma_{серY}$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		FO right	-11	12	FO left	13	20	FO right	-10,125	5	FO left		12,25	11,625	FO right	0,875	7	FO left	0,75		8,37																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		FC right	-14,5	-6	FC left	9,5	-2	FC right	-12,75	-11,125	FC left	11,375	-6,75	FC right	1,75	5,125	FC left	1,87	4,75																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$\Gamma_{сер\Delta X}$	$\Gamma_{сер\Delta Y}$	Середні	$\Gamma_{сер\Delta X}$	$\Gamma_{сер\Delta Y}$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		FO right	-17	3,5	FO left	5	8,5	FO right	3,875	3,5	FO left	3,75	4,875	FO right	6,875	1,5	FO left	7,25		3,12																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		FC right	-17	-11,5	FC left	6,5	-4	FC right	3	3,125	FC left	3,375	3,75	FC right	4,25	0,375	FC left	4,87		2,75																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">ДО</div>						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		FO right	-6,5	2	FO left	12							5	FO right	3,625	3	FO left	0,25		6,62	FO right	0,25	5,875	FC left	0,12	6,75																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		FC right	-12,5	-17	FC left	11,5							-13,5	FC right	0,25	5,875	FC left	0,12		6,75	FC left	0,12	6,75	FC left	0,12	6,75																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		FO right	-6	2,5	FO left	19	13	Центр метелика	1	1	FO right	4,125	2,5	FO left	6,75	1,37	FO right	5,75		1,125	FC left	6,62	0,75																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		FC right	-7	-10	FC left	18	-7,5	FC right	5,75	1,125	FC left	6,62	0,75	FC left	6,62	0,75	FC left	6,62		0,75																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Відстань		cm	Різниця		cm	Відстань		cm	Відстань		cm	Різниця		cm	$r_{\Delta сер}$		Загальна абсолютна похибка																																																																																																																																																																																																																																																																																														
FO/FC right		16,1	right/left		2,3	FO/центр		11,125	FOI/центр		11,3	FOr/FOI		0,1	3,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
FO/FC left		18,4				FCr/центр		13,8	FCI/центр		10,4	FCr/FCI		3,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня						
	FO right	-11	15	FO left	12,5	21,5	FO right	-10,625	11	FO left	10,75	15,25	FO right	0,375	4	FO left	1,75	6,25							
	FC right	-10	-9	FC left	12,5	-9	FC right	-10,5	-13,75	FC left	13,5	-14,12	FC right	0,5	4,75	FC left	1	5,12							
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва						
	FO right	-14	13,5	FO left	6	13,5	FO right	1,875	3,25	FO left	4,25	3,5	FO right	3,375	2,5	FO left	4,75	1,75							
	FC right	-14	-13	FC left	8	-12	FC right	1,75	3,625	FC left	3,25	3,625	FC right	3,5	0,75	FC left	5,5	2,12							
							ПІСЛЯ																		
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Координати						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня						
	FO right	-10	6,5	FO left	7	10							FO right	0,625	4,5	FO left	3,75	5,25		FO right	0	7,25	FO left	2,5	3,87
	FC right	-10,5	-21	FC left	16	-18							FC right			FC left				FC right			FC left		
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Центр метелика						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права						
	FO right	-7,5	9	FO left	17,5	16							FO right	3,125	2	FO left	6,75	0,75		FO right	3	1,75	FO left	4	3,37
	FC right	-7,5	-12	FC left	17,5	-17,5							FC right			FC left				FC right			FC left		
Відстань	cm	Різниця		cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця		cm	г _{Дсер}	Загальна абсолютна похибка												
FO/FC right	24,8	right/left		4,6	FOI/центр	10,625	FOI/центр	10,75	FOI/FOI		0,1	3,1													
FO/FC left	29,375				FCr/центр	10,5	FCI/центр	13,5	FCr/FCI		3,0														

Різниця	cm	Різниця	cm	г _{Дсер}	Загальна абсолютна похибка	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm
right/left	2,4	FOI/FOI	0,0	-0,5	похибка	FO/FC right	8,6	FOI/центр	-0,5	FOI/центр	-0,5	FCr/центр	-3,3
		FCr/FCI	-0,4			FO/FC left	11,0	FCI/центр		FCI/центр	3,1		

Відстань	cm	Середина	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	г _{Дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	16,36		right/left	0,8	FOI/центр	7,2	FOI/центр	6,4	FOI/FOI	0,9	3	
FO/FC left	15,575	16,0			FCr/центр	7,2	FCI/центр	6,6	FCr/FCI	0,6		
Похибка	cm	Середина	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка середня Δ	cm	г _{Дг} Дсер	Похибка загальної абсолютної похибки
FO/FC right Δ	2,36		right/left	0,2	FOI/центр	2,2	FOI/центр	1,5	Середня	0,1	0,7	
FO/FC left Δ	2,19	2,3			FCr/центр	2,6	FCI/центр	1,3		0,7		
НОРМА				Середина	6,8							
				Похибка Δ	2,2							
Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	До	18,3	9	0,8	Після	18,3	9	0,8		
Різниця контактів	Загальна абсолютна похибка	1		9	3,7							
Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	Після	18,3	9	0,8	До	18,3	9	0,8		
Різниця контактів	Загальна абсолютна похибка	1		9	3,7							
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	До	г _{Дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	-2,2	right/left	1,3	FOI/центр	2,1	FOI/центр	2,3	FOI/FOI	-0,7	1%		
FO/FC left	0,1			FCr/центр	4,8	FCI/центр	1,4	FCr/FCI	2,6			
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	Після	г _{Дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	6,5	right/left	3,6	FOI/центр	1,6	FOI/центр	1,8	FOI/FOI	-0,7	15%		
FO/FC left	11,1			FCr/центр	1,5	FCI/центр	4,5	FCr/FCI	2,2			

Таблиця 2.2

Детальні зміни показників (статистика та метелик) пацієнта П протягом початкових та кінцевих записів ходи по біговій доріжці Axelerio Gait and Balance

Доб	Довжина кроку				m	0,01		Тривалість			Ліва нога			норма	Похибка
	ліва	права	0,42	0,43				00:04:00	Відстань	Швидкість сер	Швидкість макс	Фаза стійки	Фаза маху		
До	Середнє навантаження				kg	0,6		Відстань			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	106,6	106,0				166	m	2,5	2,5	Кількість кроків	Фаза стійки		
До	Максимальне навантаження				kg	1,5		Ширини кроку			Цикл лівої			0,01	
	ліва	права	115	113,5				0,24	m	88,8	spt	Цикл правої	1,32		
До	Фаза стійки				s	0,1		Ритм			Ліва нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	1,04	0,94				88,8	spt	Фаза стійки	Фаза маху	77%	23%		
До	Фаза маху				s	0,11		Цикл лівої			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,28	0,39				1,38	0,01	Цикл правої	1,39	0,01	Фаза стійки		
Після	Довжина кроку				m	0,03		Тривалість			Ліва нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,53	0,56				00:04:00	Відстань	Швидкість сер	Швидкість макс	Фаза стійки	Фаза маху		
Після	Середнє навантаження				kg	0,4		Відстань			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	104,2	103,8				207	m	3,1	3,1	Кількість кроків	Фаза стійки		
Після	Максимальне навантаження				kg	1		Ширини кроку			Цикл лівої			0,01	
	ліва	права	116,3	115,3				0,2	m	86	spt	Цикл правої	1,38		
Після	Фаза стійки				s	0,11		Ритм			Ліва нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	1,06	0,95				86	spt	Фаза стійки	Фаза маху	77%	23%		
Після	Фаза маху				s	0,12		Цикл лівої			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,32	0,44				1,38	0,01	Цикл правої	1,39	0,01	Фаза стійки		
Різниця	Довжина кроку				m	0,02		Тривалість			Ліва нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,11	0,13				00:00:00	Відстань	Швидкість сер	Швидкість макс	Фаза стійки	Фаза маху		
Різниця	Середнє навантаження				kg	-0,2		Відстань			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	-2,4	-2,2				41	m	0,6	0,6	Кількість кроків	Фаза стійки		
Різниця	Максимальне навантаження				kg	-0,5		Ширини кроку			Цикл лівої			0,06	0
	ліва	права	1,3	1,8				-14	m	0,6	0,6	Цикл правої	0,06		
Різниця	Фаза стійки				s	0,01		Ритм			Ліва нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,02	0,01				-2,8	spt	Фаза стійки	Фаза маху	-2%	2%		
Різниця	Фаза маху				s	0,01		Цикл лівої			Права нога <th rowspan="2">норма</th> <th rowspan="2">Похибка</th>			норма	Похибка
	ліва	права	0,04	0,05				0,06	0	Цикл правої	0,06				

Верхня	Координати			X	Y	Координати	X	Y	Середні	r _{сер} X	r _{сер} Y	Середні	r _{сер} X	r _{сер} Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня									
	FO right	-8,5	13,5																			FO left	13,5	11	FO right	-13,5	10,25	FO left	8,375	6,125
Верхня	FC right			-13	-6,5	FC left			4	-1	FC right			-15,375	-10,12	FC left			7,25	-6,125	FC right			2,375	3,625	FC left			3,25	5,12
	FO right	-23	9			FO left	2	3			FO right	5	3,25			FO left	5,625	3,875			FO right	9,5	1,25			FO left	6,37	3,12		
Ліва	FC right			-23	-11	FC left			2,5	-1,5	середні			4,125	4	середні			4,75	4,437	Абсолютна			ΔX	ΔY	Абсолютна			ΔX	ΔY
	FO right	-14	5			FO left	3,5	1,5			FO right	0,5	5,25			FO left	4,87	4,62			FO right	2,625	4,875			FC left	2,25	7,37		
Ліва	FC right			-18	-15	FC left			9,5	-13,5	Координати			X	Y	Абсолютна			ΔX	ΔY	Абсолютна			ΔX	ΔY					
	FO right	-8,5	13,5			FO left	14,5	9			FO right	5	3,25			FO left	6,12	2,87			FO right	7,875	2,125			FC left	5,75	2,37		
Ліва	FC right			-7,5	-8	FC left			13	-8,5	Центр метелика			1,5	0	Абсолютна			ΔX	ΔY	Абсолютна			ΔX	ΔY					
	FO right	20,4	FO/FC left			12,3	Різниця	cm			FO/центр	15	FOI/центр			6,9	FOr/FOI	8,1			r _{Δсер}	4,3	Загальна абсолютна похибка							
Ліва	FC right			-7,5	-8	FC left			13	-8,5	Відстань			cm	Відстань	cm	Різниця			cm	r _{Δсер}	4,3	Загальна абсолютна похибка							
	FO right	20,4	FO/FC left			12,3	Різниця	cm			FO/центр	15	FOI/центр				6,9	FOr/FOI	8,1					r _{Δсер}	4,3	Загальна абсолютна похибка				
Ліва	FC right			-7,5	-8	FC left			13	-8,5	Відстань			cm	Відстань	cm	Різниця			cm	r _{Δсер}	4,3	Загальна абсолютна похибка							
	FO right	20,4	FO/FC left			12,3	Різниця	cm			FO/центр	15	FOI/центр				6,9	FOr/FOI	8,1					r _{Δсер}	4,3	Загальна абсолютна похибка				

Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня					
	FO right	-10	21	FO left	7	13,5	FO right	-10,875	14,625	FO left	6,5	8,75	FO right	0,875	6,375	FO left	0,5	4,75						
	FC right	-6,5	-10	FC left	5,5	-4	FC right	-11,5	-14,25	FC left	7,25	-9,625	FC right	5	4,25	FC left	1,75	5,62						
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Середні	г _{сер} X	г _{сер} Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва					
	FO right	-19,5	19	FO left	4	4,5	FO right	4,3125	5,375	FO left	2,5	4,25	FO right	8,625	4,375	FO left	2,5	4,25						
	FC right	-19	-16	FC left	3,5	-6,5	FC right	5	4,25	FC left	2,75	4,375	FC right	7,5	1,75	FC left	3,75	3,12						
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	ПІСЛЯ					Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня						
	FO right	-9	5	FO left	4	4,5						FO right	1,875	9,625	FO left	2,5	4,25		FC right	2,5	6,75	FC left	0,75	7,87
	FC right	-14	-21	FC left	8	-17,5						FC right	2,5	6,75	FC left	0,75	7,87							
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права								
	FO right	-5	13,5	FO left	11	12,5	Центр метелика		-1	0	FO right	5,875	1,125	FO left	4,5		3,75							
	FC right	-6,5	-10	FC left	12	-10,5	FC right	5	4,25	FC left	4,75	0,87												
Відстань	cm		Різниця	cm		Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	г _{сер}	Загальна абсолютна похибка											
FO/FC right	28,9		right/left	10,5		FOI/центр	9,875	FOI/центр	7,5	FOI/FOI	2,4	4,1												
FO/FC left	18,375					FCr/центр	10,5	FCI/центр	8,25	FCr/FCI	2,3													

Різниця	cm		Різниця	cm	г _{дсер}	Загальна абсолютна похибка	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm
right/left	2,4		FOI/FOI	-5,8	-0,2		FO/FC right	8,5	FOI/центр	-5,1	FOI/центр	0,6	FOI/центр	
			FCr/FCI	-8,9			FO/FC left	6,1	FCI/центр	-6,4	FCI/центр	2,5	FCI/центр	

Відстань	cm	Середина	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	г _{дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	16,36		right/left	0,8	FOI/центр	7,2	FOI/центр	6,4	FOI/FOI	0,9	3	
FO/FC left	15,575	16,0			FCr/центр	7,2	FCI/центр	6,6	FCr/FCI	0,6		
Похибка	cm	Середина	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка середня Δ	cm	г _{дсер}	Похибка загальної абсолютної похибки
FO/FC right Δ	2,36		right/left	0,2	FOI/центр	2,2	FOI/центр	1,5	FOI/FOI	0,1	0,7	
FO/FC left Δ	2,19	2,3			FCr/центр	2,6	FCI/центр	1,3	Середня	0,7		

НОРМА

Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	До
18,3	9	0,8	
13,7	9	0,8	Після
Різниця контактів	9	Загальна абсолютна похибка	
1	9	3,7	
Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	До
18,3	9	0,8	
18,3	9	0,8	Після
Різниця контактів	9	Загальна абсолютна похибка	
1	9	3,7	

Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	До	г _{дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	2,1	right/left	7,1	FOI/центр	6,0	FOI/центр	-2,1	FOI/FOI	7,3	17%		
FO/FC left	-1,5			FCr/центр	7,9	FCI/центр	-3,3	FCr/FCI	10,3			
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	Після	г _{дсер}	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	10,6	right/left	9,5	FOI/центр	0,9	FOI/центр	-1,5	FOI/FOI	1,6	11%		
FO/FC left	0,1			FCr/центр	1,5	FCI/центр	-0,8	FCr/FCI	1,5			

Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня						
	FO right	-6	10	FO left	11	23,5	FO right	-7,5	5	FO left	12,375	14,625	FO right	1,5	5	FO left	1,375	8,875							
	FC right	-4,5	-1,5	FC left	17,5	-7	FC right	-7,625	-6,625	FC left	16,625	-15,125	FC right	3,125	1,125	FC left	0,875	8,125							
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}\Delta X$	$r_{сер}\Delta Y$	Середні	$r_{сер}\Delta X$	$r_{сер}\Delta Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва						
	FO right	-13	6,5	FO left	5,5	12,5	FO right	2,75	3,25	FO left	6,3125	6,375	FO right	5,5	1,5	FO left	6,875	2,125							
	FC right	-13	-6,5	FC left	10,5	-14	FC right	3,375	3,4375	FC left	3,875	4,625	FC right	5,375	1,125	FC left	6,125	1,125							
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	ПІСЛЯ						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня						
	FO right	-7	-1	FO left	8	4							FO right	0,5	6	FO left	4,375	10,625		FO right	1,375	6,875	FO left	1,625	6,875
	FC right	-9	-13,5	FC left	15	-22							FC right	1,375	6,875	FC left	1,625	6,875		FC right	1,375	6,875	FC left	1,625	6,875
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права						
	FO right	-4	4,5	FO left	25	18,5	FO right	2,5	6,5	FO right	3,5	0,5	FO left	12,625	3,875	FO right	3,5	0,5		FO left	12,625	3,875			
	FC right	-4	-5	FC left	23,5	-17,5	FC right	2,5	6,5	FC right	3,625	1,625	FC left	6,875	3,375	FC right	3,625	1,625		FC left	6,875	3,375			
Відстань	cm		Різниця	cm		Відстань	cm	Відстань	cm		Різниця	cm		$r_{дсер}$	Загальна абсолютна похибка										
FO/FC right	11,6		right/left	18,1		FO/центр	10	FOI/центр	9,875		FOI/FOI	0,1		4,3											
FO/FC left	29,8					FCI/центр	10,125	FCI/центр	14,12		FCI/FCI	4,0													

Різниця	cm		Різниця	cm	$r_{дсер}$	Загальна абсолютна похибка	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm
right/left	2,5		FOI/FOI	-1,9	-0,5		FO/FC right	-2,6	FOI/центр	1,8	FOI/центр	-0,4	FOI/центр	-0,4
			FCI/FCI	1,6			FO/FC left	-0,1	FCI/центр	1,3	FCI/центр	2,9	FCI/центр	2,9

Відстань	cm	Середина	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	$r_{дсер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	16,36	16,0	right/left	0,8	FOI/центр	7,2	FOI/центр	6,4	FOI/FOI	0,9	3	
FO/FC left	15,575				FCI/центр	7,2	FCI/центр	6,6	FCI/FCI	0,6		
Похибка	cm	Середина	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка середня Δ	cm	$r_{дгдсер}$	Похибка загальної абсолютної похибки
FO/FC right Δ	2,36	2,3	right/left	0,2	FOI/центр	2,2	FOI/центр	1,5	Середня	0,7	0,7	
FO/FC left Δ	2,19				FCI/центр	2,6	FCI/центр	1,3				
НОРМА												
Середина		6,8		Похибка Δ		2,2						
Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	До	13,7	9	0,8	Після					
				18,3	9	0,8						
Різниця контактів		Загальна абсолютна похибка		1	9	3,7						
Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	Після	13,7	9	0,8	До					
				18,3	9	0,8						
Різниця контактів		Загальна абсолютна похибка		1	9	3,7						
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	До	$r_{дсер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	0,6	right/left	14,6	FOI/центр	-0,8	FOI/центр	1,3	FOI/FOI	1,2	28%		
FO/FC left	11,6			FCI/центр	-0,1	FCI/центр	2,3	FCI/FCI	1,6			
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	Після	$r_{дсер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	-2,1	right/left	17,1	FOI/центр	1,0	FOI/центр	0,9	FOI/FOI	-0,7	15%		
FO/FC left	11,5			FCI/центр	1,1	FCI/центр	5,1	FCI/FCI	3,2			

Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня						
	FO right	-8	17	FO left	14	13,5	FO right	-9,875	11,25	FO left	10,25	9	FO right	1,875	5,75	FO left	3,75	4,5							
	FC right	-8,5	-8	FC left	4	-4,5	FC right	-11,75	-12,37	FC left	7,875	-4,125	FC right	3,25	4,375	FC left	3,87	0,37							
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва						
	FO right	-16	8,5	FO left	6	7	FO right	3,0625	4	FO left	4	3	FO right	6,125	2,75	FO left	4,25	2							
	FC right	-17,5	-16	FC left	4	-8	FC right	4,25	3,875	FC left	3,875	7,0625	FC right	5,75	3,625	FC left	3,87	3,87							
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	ДО						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня						
	FO right	-8,5	6	FO left	6,5	5							FO right	1,375	5,25	FO left	3,75	4		FO right	2,75	4,125	FO left	3,12	9,87
	FC right	-14,5	-16,5	FC left	11	-14							FC right	2,75	4,125	FC left	3,12	9,87		FC right	2,75	4,125	FC left	3,12	9,87
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Центр метелика						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права						
	FO right	-7	13,5	FO left	14,5	10,5							FO right	2,875	2,25	FO left	4,25	1,5		FO right	5,25	3,375	FO left	4,62	14,1
	FC right	-6,5	-9	FC left	12,5	10							FC right	5,25	3,375	FC left	4,62	14,1		FC right	5,25	3,375	FC left	4,62	14,1
Відстань	cm			Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm			$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка										
FO/FC right	23,6			right/left	10,5	FOr/центр	10,375	FOI/центр	9,8	FOr/FOI	0,6			4,1											
FO/FC left	13,1					FCr/центр	12,3	FCI/центр	7,4	FCr/FCI	4,9														

Верхня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Верхня						
	FO right	-9,5	20	FO left	11	16	FO right	-10	15	FO left	8,375	10,375	FO right	0,5	5	FO left	2,62	5,62							
	FC right	-11	-8,5	FC left	5,5	-5	FC right	-11,5	-14,62	FC left	8,125	-13,12	FC right	0,5	8,125	FC left	2,62	8,12							
Ліва	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Середні	$r_{сер}X$	$r_{сер}Y$	Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Ліва						
	FO right	-16,5	16	FO left	4	7,5	FO right	3,25	3	FO left	3,625	4,125	FO right	6,5	1	FO left	4,37	2,87							
	FC right	-17	-16	FC left	4,5	-15	FC right	2,75	3,375	FC left	3,125	4,375	FC right	5,5	1,375	FC left	3,62	1,87							
Нижня	Координати	X	Y	Координати	X	Y	ПІСЛЯ						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Нижня						
	FO right	-8	10,5	FO left	5,5	5							FO right	2	4,5	FO left	2,87	5,37		FO right	2	5,375	FO left	0,37	6,87
	FC right	-9,5	-20	FC left	8,5	-20							FC right	2	5,375	FC left	0,37	6,87		FC right	2	5,375	FC left	0,37	6,87
Права	Координати	X	Y	Координати	X	Y	Центр метелика						Абсолютна	ΔX	ΔY	Абсолютна	ΔX	ΔY	Права						
	FO right	-6	13,5	FO left	13	13							FO right	4	1,5	FO left	4,62	2,62		FO right	4	1,5	FO left	4,62	2,62
	FC right	-8,5	-14	FC left	14	-12,5							FC right	3	0,625	FC left	5,87	0,62		FC right	3	0,625	FC left	5,87	0,62
Відстань	cm			Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm			$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка										
FO/FC right	29,6			right/left	6,1	FOr/центр	10	FOI/центр	8,375	FOr/FOI	1,6			3,5											
FO/FC left	23,5					FCr/центр	11,5	FCI/центр	8,125	FCr/FCI	3,4														

Різниця	cm	Різниця	cm	$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Відстань	cm
right/left	-4,4	FOr/FOI	1,0	-0,7		FO/FC right	6,0	FOI/центр	-0,4	FOI/центр	-1,4	FOI/центр	-1,4
		FCr/FCI	-1,5			FO/FC left	10,4	FCI/центр	-0,8	FCI/центр	0,8	FCI/центр	0,8

Відстань	cm	Середина	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	16,36	16,0	right/left	0,8	FOI/центр	7,2	FOI/центр	6,4	FOr/FOI	0,9	3	
FO/FC left	15,575				FCr/центр	7,2	FCI/центр	6,6	FCr/FCI	0,6		
Похибка	cm	Середина	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка	cm	Похибка середня Δ	cm	$r_{сер}$	Похибка загальної абсолютної похибки
FO/FC right Δ	2,36	2,3	right/left	0,2	FOI/центр	2,2	FOI/центр	1,5	0,1	0,7	0,7	
FO/FC left Δ	2,19				FCr/центр	2,6	FCI/центр	1,3	Середня	0,7		

НОРМА

Відстань контакту	Відстань між контактом і центром	Різниця відстані між контактом і центром	До
18,3	9	0,8	
13,7	9	0,8	Після
Різниця контактів	Загальна абсолютна похибка	3,7	
1	9	3,7	

Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	До	$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	5,3	right/left	9,5	FOI/центр	1,4	FOI/центр	0,8	FOr/FOI	-0,2		12%	
FO/FC left	-0,6			FCr/центр	3,3	FCI/центр	-1,6	FCr/FCI	4,1			
Відстань	cm	Різниця	cm	Відстань	cm	Відстань	cm	Різниця	cm	Після	$r_{сер}$	Загальна абсолютна похибка
FO/FC right	11,3	right/left	5,1	FOI/центр	1,0	FOI/центр	-0,6	FOr/FOI	0,8		7%	
FO/FC left	5,2			FCr/центр	2,5	FCI/центр	-0,9	FCr/FCI	2,6			

Ці результати та їх трактування цілком узгоджуються з припущеннями багатьох авторів, стосовно особливостей ходи на протезі. Отримані в ході нашого попереднього дослідження дані, дають змогу припустити, що існують фактори, які впливають на довжину кроку для осіб з ампутаціями : Люди з односторонньою трансфemorальною ампутацією, швидше за все, підсвідомо чи ні, більше покладаються на неушкоджену кінцівку. Зі збільшенням швидкості ходьби або бігу асиметрія має тенденцію посилюватися, викликаючи збільшення навантаження на інтактну кінцівку.

Отже, у рамках даної роботи було виявлено багато цікавих закономірностей, характерних як для осіб з транстібіальною ампутацією так і для осіб з трансфemorальною ампутацією. Проте ще більшим залишається поле для подальших досліджень даної теми. Зокрема, актуальним видається детальне обчислення і розбір наукових публікацій та даних, для того щоб глибше дослідити всі аспекти із застосуванням різноманітного обладнання, яке пов'язане з аналізом ходи і власне детальної класифікації норми та патології при таких пошкодженнях нижніх кінцівок. Також серед горизонтів для подальших досліджень можна перерахувати індивідуальну розробку програм реабілітації для відновлення ходи після мінно-вибухових та уламково-кульових поранень, а також удосконалення методик саме аналізу даних.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано декілька груп пацієнтів з трансфеморальною і трастібіальною ампутаціями. Дослідили фактори, які впливають на недоліки у ходьбі, завдяки моніторингу їх прогресу, аби в подальшому більш ефективніше вибудувувати програму реабілітації.

2. Показано, що графіки «Метелик» відповідали загальноприйнятим уявленням про механізми функціонування та виконання руху протезованої кінцівки відносно доріжки. Адже, однією з ключових переваг аналізу ходи, а саме графіка «метелика» є те, що він допомагає визначити слабкі місця та дисбаланс у моделі ходи людини.

3. Встановлено різницю між рівнем ампутації та розподілом навантаження на протез. Чим вище рівень ампутації, тим більша асиметрія параметрів ходи та менша вага, яка прикладається на протез в певних фазах ходи.

4. Показано необхідність врахування і важливість корегування протезу, після аналізу моделі ходи людини з метою досягнення змога якомога точніше імітувати природну ходу. Це може покращити рухливість людини, зменшити ризик падінь і травм і підвищити загальну якість життя.

5. У підсумку, тренування рівноваги та ходи є важливим аспектом реабілітації для осіб з ампутаціями нижніх кінцівок. Покращуючи рівновагу та ходу, люди можуть зменшити ризик падінь і травм, підвищити незалежність і мобільність, а також покращити загальну фізичну працездатність та якість життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al-Munajjed, A. A., Alahmari, K. A., Almuhaideb, S. A., & Alsultan, F. A. (2020). Effect of a microprocessor-controlled prosthetic knee on gait symmetry and walking speed in transfemoral amputees. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 57(2), 219-228.
2. Annandale, T. (1884). On some points in the pathology and treatment of talipes equinus varus. *British Medical Journal*, 1(1218), 681-682.
3. Aslani, N., Noroozi, S., Yee, K. S., Chao, A. O. Z., & Maggs, C. (2016). Simulation of gait asymmetry and energy transfer efficiency between unilateral and bilateral amputees. *Sports Engineering*, 19(3), 163–170. doi:10.1007/s12283-016-0202-1
4. Balasubramanian, C. K., Neptune, R. R., & Kautz, S. A. (2009). Variability in spatiotemporal step characteristics and its relationship to walking performance post-stroke. *Gait & posture*, 29(3), 408-414.
5. Bauer, W. (1906). Untersuchungen über die gangarten bei erkrankungen des bewegungsapparates [Studies on gait in musculoskeletal disorders]. *Archiv für Klinische Chirurgie*, 81(1-2), 138-174.
6. Beauchet, O., Freiburger, E., Annweiler, C., Kressig, R. W., Herrmann, F. R., & Allali, G. (2011). Test- retest reliability of stride time variability while dual tasking in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 8(1), 37.
7. Buckley JG (1999) Sprint kinematics of athletes with lower-limb amputations. *Arch Phys Med Rehabil* 80(5):501–508
8. Carpinella, I., Rabuffetti, M., Ferrarin, M., & Villa, F. (2017). Gait analysis in transfemoral amputees: 3D vs. 2D. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 53.

9. Chen, J. K., Ding, J., Zhou, Y. Q., Wang, Y. Q., & Chen, J. J. (2021). Comparison of prosthetic foot ankle kinematics during stair ascent between trans-tibial amputees and non-amputees. *Clinical Biomechanics*, 82, 105300.
10. Coleman, R. N., Childress, D. S., James, C. R., Klenow, T. D., & Yocum, A. M. (2021). A comparison of gait patterns in individuals with unilateral transtibial amputation during overground and treadmill walking. *Prosthetics and Orthotics International*, 45(1), 39-47.
11. Costa, M. P., Ferreira, A. S., Rocha, P. M., Fernandes, O., & Pinho, D. F. (2021). Gait analysis in lower-limb amputees: a systematic review and meta-analysis of spatiotemporal, kinematic, and kinetic parameters. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16(1), 126.
12. Danion, F., Varraine, E., Bonnard, M., & Pailhous, J. (2003). Stride variability in human gait: the effect of stride frequency and stride length. *Gait & posture*, 18(1), 69-77.
13. Ferrari, A., Benedetti, M. G., Pavan, E., Frigo, C., Bettinelli, D., Rabuffetti, M., Leardini, A. (2008). Quantitative comparison of five current protocols in gait analysis. *Gait & Posture*, 28(2), 207–216.
14. Guillaume, L. (1897). *La marche et ses irrégularités [Walking and its irregularities]*. Masson et cie.
15. Jones, R. H. (1902). The goniometer and its application to surgery. *British Medical Journal*, 1(2162), 1045-1048.
16. Khak, M., Moztarzadeh, H., Etemadi, H., Khosravi, M., & Rahimi, A. (2019). Comparison of gait between children with unilateral transfemoral amputation and able-bodied children. *Prosthetics and Orthotics International*, 43(6), 621-627.
17. Kim, H. J., Kim, Y. J., Lee, K. H., & Lee, J. (2016). Comparison of gait symmetry between transfemoral amputees with unilateral and bilateral lower limb amputation. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 40(2), 314-321.
18. Kozanek, M., Hosseini, A., Liu, F., Van de Velde, S. K., Gill, T. J., Rubash, H. E., & Li, G. (2009). Tibiofemoral kinematics and condylar motion

during the stance phase of gait. *Journal of biomechanics*, 42(12), 1877-1884.

19. Krishnamurthy, A., Srinivasan, K. K., Chawla, A., & Rao, B. K. (2020). Comparative evaluation of gait characteristics between traumatic and non-traumatic unilateral lower limb amputees. *Archives of Trauma Research*, 9(3), 137-144.
20. Kuo, A. D. (2001). A simple model of bipedal walking predicts the preferred speed–step length relationship. *Journal of biomechanical engineering*, 123(3), 264-269.
21. Liu, J., Su, Y. L., Wang, T. J., Wu, C. Y., & Chen, Y. J. (2018). A comparison of gait patterns between traumatic and non-traumatic unilateral lower-limb amputees. *Disability and Rehabilitation*, 40(2), 189-196.
22. Loudon J, et al. *The clinical orthopedic assessment guide*. 2nd ed. Kansas: Human Kinetics, 2008. p.395-408.
23. Mackenzie, J. (1905). On the electrical phenomena observed in the muscles of the lower extremity during walking. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 76(510), 170-184.
24. Moissenet, F., & Armand, S. (2015). Qualitative and quantitative methods of assessing gait disorders. *Journal of medical engineering & technology*, 39(5), 286-293.
25. Moutier, E. (1929). Note sur la marche des arthritiques [Note on the gait of arthritics]. *Bulletin de la Société Française d'Orthopédie*, 3, 229-230.
26. Nolan, L. (2012). A training programme to improve hip strength in persons with lower limb amputation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(3), 241–248. doi:10.2340/16501977-0921
27. Pai, T. R., Murthy, G. N., Bhat, A. K., & Ramachandran, M. (2020). Effect of perturbation on gait stability in individuals with unilateral transfemoral amputation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 57(4), 443-450.
28. Perry, J. (1963). *Gait analysis: Normal and pathological function*. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 45(2), 335-360.

29. Pirker, W., & Katzenschlager, R. (2016). Gait disorders in adults and the elderly. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 129(3-4), 81–95. doi:10.1007/s00508-016-1096-4
30. Raya, R., & Gailey, R. S. (2018). Gait analysis in transtibial and transfemoral amputees: A review. *Prosthetics and Orthotics International*, 42(1), 14-21.
31. Robertson, H. M. (1903). The mechanical conditions of walking. *The Lancet*, 162(4182), 1112-1113.
32. Rossion B. and Caharel S. (2011). ERP evidence for the speed of face categorization in the human brain: Disentangling the contribution of low-level visual cues from face perception. *Vision Research*, 51(3), pp. 1297–1311.
33. Schmorl, G. (1900). Die messung der länge der einzelnen schritte beim gehen [Measuring the length of individual steps during walking]. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, 55(1-2), 71-82.
34. Segal, A. D., & Orendurff, M. S. (2019). The effect of an ankle-foot prosthesis on gait mechanics and metabolic cost in individuals with unilateral transtibial amputation. *Prosthetics and Orthotics International*, 43(2), 135-142.
35. Selles, L. H., Becher, J. G., Franssen, E. H., Stam, H. J., & Bussmann, J. B. (2019). Gait patterns and muscle activation during stair ascent in individuals with unilateral transfemoral amputation. *PloS one*, 14(7), e0220216.
36. Souza, K. M., Zalewski, K. R., Wright, T. W., & Hafner, B. J. (2021). The impact of targeted muscle reinnervation on gait and quality of life in lower-limb amputees. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 102(6), 1126-1133.
37. Sutherland, D. H., Li, L., & Chambers, H. G. (2016). New developments in gait analysis for cerebral palsy. *Current opinion in pediatrics*, 28(1), 40-46.
38. Tarsusluş, Ö., Bayar, Ü., Özdiñler, A. R., & Yılmaz, B. (2021). Comparison of gait parameters between transtibial and transfemoral amputees: A cross-sectional study. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 33(3), 167-172.

39. Vrieling, A. H., Grootenboer, H. J., van der Woude, L. H., de Groot, S., & Hollander, A. P. (2015). Dynamic balance control (DBC) in lower leg amputees during prosthetic walking: A comparison study of microprocessor controlled versus non-microprocessor controlled knees. *Clinical Biomechanics*, 30(8), 784-791.
40. Whittle, M. W. (2007). *Gait analysis: an introduction*. Butterworth-Heinemann.
41. Zhao, Y., Zhao, J., Wang, J., Zhao, B., & Tian, L. (2018). Gait characteristics of prosthetic feet used by transtibial amputees in China. *Prosthetics and Orthotics International*, 42(4), 426-433.