

Міністерство охорони здоров'я України
Вінницький національний медичний університет
ім. М. І. Пирогова

ТИЩЕНКО ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК: 612.766:612.01+612.661

ВІКОВІ ТА СТАТЕВІ ОСОБЛИВОСТІ ПАТЕРНУ ХОДЬБИ ЛЮДИНИ В
УМОВАХ РІЗНИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПАРАДИГМ

14.03.03 – нормальна фізіологія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата медичних наук

Вінниця – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному медичному університеті ім. М. І. Пирогова МОЗ України.

Науковий керівник: доктор медичних наук, професор
Йолтухівський Михайло Володимирович,
Вінницький національний медичний університет
ім. М. І. Пирогова, завідувач кафедри нормальної
фізіології.

Офіційні опоненти:

– доктор біологічних наук, професор **Василенко Дмитро Артурович**,
Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, провідний науковий
співробітник відділу фізіології рухів;

– доктор медичних наук, професор **Сливко Емануїл Ілліч**, Запорізький
державний медичний університет, завідувач кафедри медичної фізики, біофізики та
вищої математики.

Захист відбудеться «14» вересня 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 05.600.02 при Вінницькому національному
медичному університеті ім. М. І. Пирогова (21018, м. Вінниця, вул. Пирогова, 56).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вінницького національного
медичного університету ім. М. І. Пирогова (21018, м. Вінниця, вул. Пирогова, 56).

Автореферат розісланий “10” серпня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 05.600.02

Кириченко І. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Якість життя людини в значній мірі забезпечується можливістю вільно пересуватись у просторі та виконувати свої поточні потреби з допомогою локомоцій [Колесниченко В. А., Фищенко А. В., Днепровская А. В., 2015]. Локомоція – сукупність компонентів моторної поведінки, що забезпечують переміщення організму в просторі. Для людини як біологічного виду при переміщеннях по твердому субстрату характерною є біпедальна локомоція з вертикальним положенням тіла, і основним видом такої локомоції є ходьба. Ходьба в біологічному аспекті – це серія ініціації падінь вперед, які попереджає винос неопорної ноги вперед і перетворення її в опорну.

Керування ходьбою, як і іншими видами локомоції, в людини реалізується значною мірою на основі активності складних нейронних мереж, котрі здатні генерувати складні циклічні моторні команди до всієї сукупності м'язів, задіяних у локалізації локомоторних рухів – центральних генераторів локомоторних рухів (ЦГЛР). Основним центром, котрий керує патерном локомоції є сегментарний (спінальний) ЦГЛР. Пускові команди, щодо останнього і модуляція його активності, котра визначає фінальний патерн локомоції (в тому числі ходьби) реалізується низкою надсегментарних структур, аж до кори великих півкуль.

Управління ходьбою інтегрує ресурси багатьох відділів ЦНС, а саме: моторні центри, що безпосередньо керують локомоцією, структурні центри контролю пози, балансу, довільних рухів, когнітивних процесів та м'язово-скелетних функцій [Dickson M. H., Farley C. T., Full R. J., 2000].

Дослідження ходьби як метод оцінки стану рухової функції людини часто використовується при різноманітних порушеннях опорно-рухового апарату, неврологічних розладах та в перебігу вивчення процесу фізіологічного старіння [Коршунов С. Д. Давлетьярова К. В., Капилевич Л. В., 2014; Doi T. et al., 2014]. Порушення ходьби виникають внаслідок впливу численних уражень як неврологічної, так і не неврологічної природи. Вони проявляються у вигляді прогресуючих запальних, судинних та нейродегенеративних розладів нервової системи [Armstrong G., Armstrong D. M., 1988; Sweeting K., Mock M., 2007]. Ймовірно тому дослідження механізмів управління ходьбою як такою та параметрами цього процесу в людини, переважно стосуються впливів патологічних станів на ходьбу [Ochi F. et al., 1999; Voermans N. C. et al., 2007; Neamtu M. C. et al., 2014].

Зрозуміло, що ходьба може реалізуватися людьми різного віку, статі конституції та ін., в умовах паралельного виконання інших поведінкових актів, відсутності або наявності когнітивних або моторних навантажень. Вивчення механізмів керування ходьбою в умовах фізіологічних парадигм, у ряді наукових досліджень, надало певну інформацію щодо характеру зрушень просторово-часової організації ходьби, зокрема в умовах виконання додаткових завдань. Але ці дослідження були спрямовані на неврологічних пацієнтів [Yogev G. et al., 2005; Yang Y. R. et al., 2007; Hausdorff J. M. et al., 2008], торкались переважно людей похилого віку [Dubost V. et al., 2006; Shumway-Cook A. et al., 2007; Jahn K., Zwergal A., Schniepp R., 2010] або вивчали досить вузькі контингенти людей у

гендерно-віковому аспекті [Йолтухівський М. В., Богомаз О. В., 2009; Богомаз О. В., 2010].

Вказувалось на те, що в здорових осіб при ходьбі в умовах наявності додаткових завдань збільшується час подвійного кроку й зменшується довжина подвійного кроку [O'Shea S., Morris M. E., Iansek R., 2002; Verghese J. et al., 2002; Shkuratova N., Morris M. E., Huxham F., 2004], знижується швидкість ходьби [Priest A. W., Salamon K. B., Hollman J. H., 2008; Hall C. D. et al., 2011; Plotnik M. et al., 2013; Hagmann-von Arx P. et al., 2015], збільшується середнє значення часу подвійного кроку, але не виникає значних змін у просторових параметрах кроку [Plotnik M. et al., 2013].

Механізми керування ходьбою людини та їх порушення є одними з найскладніших розділів нейрофізіології та неврології, враховуючи як складність цих механізмів, так і інструментально-методологічні проблеми дослідження акту ходьби. Поява в останній час новітнього електронного обладнання, яке дозволяє зареєструвати просторово-часові параметри ходьби людини в реальному часі та дослідити зміни цих параметрів в умовах різноманітних експериментальних парадигм, дає можливість для порівняльного аналізу параметрів та механізмів цього виду локомоції [Veilleux L. N. et al., 2013].

Таким чином, встановлення просторово-часових параметрів ходьби людини в умовах довільно обраного темпу, вивчення змін цих параметрів в умовах виконання додаткових моторних і когнітивних завдань людьми різного віку й статі потребує подальшого вивчення даної проблеми. Результати дослідження будуть актуальними в галузях проблем геронтології, у діагностичній практиці, як метод оцінки стану нервової та опорно-рухової систем, у фізіології спорту, у практиці реабілітаційного лікування неврологічних хворих.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації затверджена вченою радою медичних факультетів № 1 та № 2 Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова (протокол №2 від 11.12.2014 р.).

Дана робота є фрагментом комплексної науково-дослідної роботи кафедри нормальної фізіології Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова «Просторово-часова організація рухів людини і тварин», номер державної реєстрації 0112U001065.

Мета дослідження: встановити вікові та статеві особливості просторово-часових параметрів ходьби людини та визначити напрямки та залежності їх змін в умовах виконання додаткових моторних та когнітивних завдань.

Завдання дослідження:

1. Визначити основні просторово-часові показники нормальної ходьби в групах практично здорових чоловіків та жінок, розподілених за віковими групами (підлітків, юнаків та осіб середнього віку).

2. Визначити зміни просторово-часових параметрів ходьби та встановити гендерні та вікові відмінності в умовах виконання додаткового моторного завдання.

3. Визначити зміни просторово-часових параметрів ходьби та встановити гендерні та вікові відмінності в умовах виконання додаткового когнітивного завдання.

4. Порівняти параметри ходьби **в** досліджуваних групах при додатковому моторному та когнітивному завданнях.

5. Встановити параметри, що характеризуються найбільшою стабільністю **та** відіграють ключову роль у виконанні локомоторного завдання при ускладненні умов ходьби.

6. Провести інтегративну оцінку якості ходьби при виконанні додаткових моторного та когнітивного завдань.

Об'єкт дослідження – фізіологічні складові формування патерну ходьби людини.

Предмет дослідження – просторові та часові параметри ходьби в практично здорових чоловіків та жінок підліткового, юного та середнього віку в довільно обраному темпі та при виконанні додаткових моторного і когнітивного завдань.

Методи дослідження: біомеханічний – для дослідження просторових та часових параметрів ходьби людини; антропометричний – для врахування залежності біомеханіки ходьби людини від антропологічних параметрів досліджуваних визначали масу тіла (кг), ріст (см), довжину ноги (см); анкетування – щоб встановити відсутність у досліджуваних факторів, які можуть змінити показники нормальної ходьби (хвороби, шкідливі звички тощо); статистичний аналіз використовували для об'єктивізації отриманих результатів та порівняльного аналізу параметрів ходьби при різних фізіологічних парадигмах.

Наукова новизна одержаних результатів. За допомогою сучасного комп'ютеризованого обладнання, встановлено та описано просторово-часові параметри ходьби в практично здорових людей в умовах ходьби в довільному темпі та ходьби з додатковими завданнями (моторним й когнітивним). Вперше діапазон дослідження охопив декілька вікових (підліткову, юнацьку та середнього віку) та статевих груп (чоловіки й жінки), з подальшим міжвіковим і міжстатевим порівнянням отриманих параметрів. Встановлено наявність достовірних відмінностей більшості просторових показників при міжстатевому порівнянні даних ходьби в довільному темпі.

Вперше встановлено напрямки змін просторово-часових параметрів ходьби в умовах виконання додаткових завдань у межах кожної гендерно-вікової групи. Виявлено, що додаткове моторне завдання спричиняє зменшення довжини одиночного та подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини ноги, зменшує швидкість ходьби та темп ходьби, подовжує час проходження. Виконання когнітивного завдання призводить до збільшення тривалості кроку, крокового циклу, часу переносу стопи, часу опори та подвійної опори, при цьому зменшуються швидкість ходьби та кількість кроків за хвилину.

Встановлено, що реалізація додаткового моторного завдання змінює більшість просторових показників, проте практично не змінює часові показники (окрім швидкості та темпу ходьби). Зміни ж при когнітивному навантаженні мають протилежний характер, а саме – змінюється значна частина часових показників, а просторові показники достовірно не модулюються.

Практичне значення одержаних результатів. Визначено просторово-часові параметри звичайної ходьби в практично здорових чоловіків та жінок розподілених за віковими і гендерними ознаками, проаналізовано зміни патерну ходьби при

виконанні моторного й когнітивного завдань. Ці дані мають певну цінність у нормографічному аспекті.

Отримані результати використовуються в навчальному та науковому процесах на кафедрах нормальної фізіології та нервових хвороб Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова, на кафедрах нормальної фізіології Одеського національного медичного університету і Тернопільського державного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського.

Особистий внесок дисертанта. Автором самостійно здійснено інформаційний пошук та проаналізовано наукову літературу та патентну інформацію з питань біомеханіки та нейрофізіології ходьби в умовах норми і патології, розроблена програма досліджень, виконано збір фактичного матеріалу дослідження. Сформовані групи обстежуваних, проведено їх анамнестичне та інструментальне обстеження. Особисто дисертантом проведено кількісний аналіз результатів дослідження, написаний текст всіх розділів дисертації. Здобувачем самостійно написано одну статтю, опубліковану в науковому фаховому виданні. Вибір теми дисертаційної роботи, постановка мети й завдань, вибір адекватних встановленим завданням методів, формулювання висновків та практичних рекомендацій виконані спільно з науковим керівником. У наукових працях, що опубліковані у співавторстві з науковим керівником та колегами, а також у тій частині актів впровадження, що стосується наукової новизни, використано фактичний матеріал здобувача.

У публікації № 1 (далі – згідно зі списком опублікованих праць) автор особисто брав участь у проведенні дослідження, реферуванні та аналізі літературних джерел, статистичній обробці отриманих результатів та їх інтерпретації, підготовці статті до друку. У публікаціях № 2, 4 та 6 здобувач особисто зібрав матеріал, провів його статистичну обробку та описав результати. У публікації № 5 автор особисто зібрав, опрацював літературні джерела та узагальнив результати. У публікації № 7 здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, статистичній обробці отриманих результатів та їх аналізі. У публікаціях № 8 та 9 автор особисто брав участь у проведенні дослідження, статистичній обробці отриманих результатів, реферуванні та аналізі літературних джерел, підготовці тез до друку. У публікації № 10 здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, реферуванні та аналізі літературних джерел, статистичній обробці отриманих результатів та їх інтерпретації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації були представлені й обговорені на III міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених (Вінниця, 2012 р.), IV міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених (Вінниця, 2013 р.), VI конгресі Українського товариства нейронаук (Київ, 2014 р.), XIV з'їзді Українського фізіологічного товариства (Львів, 2015 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових робіт (із них одна персональна), які повністю відображають зміст дослідження. Шість статей опубліковано в наукових фахових виданнях, що рекомендовані ДАК МОН України (із яких одна у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз), й чотири – у збірниках наукових праць та тезах доповідей на конференціях.

Обсяг та структура роботи. Дисертація викладена українською мовою на 184 сторінках друкованого тексту і складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, огляду літератури, опису загальної методики та основних методів дослідження, двох розділів опису власних досліджень, аналізу та узагальнення отриманих результатів, висновків, списку використаних літературних джерел, з яких 29 викладені кирилицею та 138 – латиницею, а також шести додатків. Робота містить 34 таблиці та 34 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Матеріал і методи дослідження. Просторово-часові параметри ходьби було досліджено у 215 практично здорових добровольців обох статей: 127 практично здорових жінок 15-43 років (середній вік $19,7 \pm 6,55$ роки) та 88 практично здорових чоловіків 13-21 років (середній вік $17,03 \pm 1,25$ роки). Обстежуваних жінок було поділено на три вікові групи: група підліткового віку – 36 жінок 15 річного віку; група юнацького віку – 54 жінки 16-20 років (середній вік $17,37 \pm 0,99$ роки); група середнього віку – 37 жінок 21-43 років (середній вік $27,7 \pm 7,27$ роки). Обстежуваних чоловіків було поділено на дві вікові групи: група підліткового віку – 33 чоловіки 13-16 річного віку (середній вік $15,82 \pm 0,39$ роки); група юнацького віку – 55 чоловіків 17-21 річного віку (середній вік $17,76 \pm 0,99$ роки).

На момент дослідження обстежувані не мали рухових та нейрофізіологічних розладів, що могли б вплинути на формування патерну ходьби. Комісією з питань біоетики Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова (протокол № 5 від 1 березня 2012 р.) було встановлено, що проведені дослідження виконано згідно з міжнародними правовими та етичними нормами проведення наукових досліджень з біологічних наук із залученням людей.

Дослідження параметрів ходьби проводили за допомогою автоматизованої системи GAITRite®, виробництва США (CIR Systems Inc., Clifton, NJ). Ця система включає в себе полімерну тетс-доріжку довжиною 4,2 та шириною 1,5 метра, в яку вбудовано більше 22000 сенсорних елементів, що реагують на тиск. При проході доріжкою за будь-яких умов дослідження система безперервно сканує сенсорну матрицю з метою отримання сигналів тиску в окремих точках відбитків стоп об'єкту, що рухається. Дані від сенсорів, які було активовано, скануються з частотою 80 s^{-1} та передаються на комп'ютер для подальшої обробки та зберігання. Програмне забезпечення (GAITRite® Gold Software), що постачається в комплекті з системою GAIT-Rite®, дає можливість у реальному часі отримувати графічне зображення відбитків стоп на площині, з вимірюванням сили тиску кожній точці стопи, а також інтегральні просторові та часові параметри ходьби обстежуваного.

Визначали наступні параметри: швидкість ходьби, кількість кроків при проході доріжкою, кількість кроків за хвилину, довжину кроку, довжину подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини ноги, ширину бази опори, кут розвороту стопи, тривалість кроку, тривалість крокового циклу, тривалість переносу ноги, тривалість опори, тривалість одиночної опори, тривалість опори на обидві ноги, інтегральний показник загальної якості (Functional Ambulation Performance Score, FAP). Довжину кроку (см) вимірювали уздовж

горизонтальної осі від п'яtkової точки попереднього кроку однієї стопи до п'яtkової точки поточного кроку іншої стопи. Співвідношення довжини кроку до довжини ноги – це довжина кроку, поділена на довжину відповідної ноги. Довжину подвійного кроку (см) вимірювали як відстань між п'яtkовими точками двох послідовних кроків однієї стопи. Ширину бази опори (см) вимірювали уздовж перпендикулярної осі від п'яtkової точки однієї стопи до лінії руху протилежної стопи. Кут розвороту стопи (°) вимірювали між лінією руху й поздовжньою віссю однойменної стопи. Тривалість кроку (с) – час від першого контакту з опорою однієї стопи до першого контакту протилежної стопи. Тривалість крокового циклу (с) – час між першими контактами у двох послідовних кроках однієї стопи. Тривалість переносу ноги (с) – час від останнього контакту поточного кроку до першого контакту наступного кроку однієї стопи. Тривалість опори (с) – час між першим та останнім контактом однієї стопи з опорою (доріжкою). Тривалість одиночної опори (с) – частина тривалості опори на одну стопу в межах інтервалу знаходження протилежної ноги у фазі переносу. Тривалість подвійної опори (с) – час між першим контактом даного відбитку стопи й останнім контактом попереднього відбитку, який додається до часу між останнім контактом даного відбитку й першим контактом наступного відбитку стопи. Швидкість (см/с) отримували поділом пройденної відстані на тривалість проходу. Тривалість проходу (с) – час між першими контактами першого й останнього кроку при проході доріжкою. Відстань (см) вимірювали уздовж горизонтальної осі від п'яtkової точки першого кроку до п'яtkової точки останнього кроку. Інтегральний показник загальної якості («нормальності») ходьби (FAP) автоматично обчислюється системою GAITRite® з показників тривалості кроку, співвідношення довжини кроку до довжини ноги, середньої нормованої швидкості (нормовану швидкість отримували поділом швидкості на середню довжину ноги, а середню довжину ноги обчислювали як середнє арифметичне суми довжини правої й лівої ніг). На величину цього показника також впливають наявність асистенції при ходьбі, допоміжних засобів, а також динаміка ширини бази опори. У нормі величина FAP складає 95-100 %. FAP дозволяє оцінити якість («нормальність») ходьби, яка є інтегральним відображенням рівня підтримання рівноваги та збереження стабільності під час руху. Обстежувані здійснювали два проходи доріжкою. Дані двох проходів об'єднували й оцінювали ходьбу на відстані в середньому 8,4 метри в кожній серії. Просторово-часові параметри ходьби визначали окремо для правої та лівої ноги.

Просторово-часові параметри ходьби досліджуваних оцінювали в межах двох фізіологічних парадигм: звичайної ходьби з довільною індивідуально зручною швидкістю (звичайна ходьба) та ходьби з додатковими завданнями. Кожен обстежуваний тестувався в наступній послідовності:

- 1) звичайна ходьба;
- 2) ходьба з одночасним виконанням моторного завдання;
- 3) ходьба з одночасним виконанням когнітивного завдання.

Для вивчення впливу додаткового моторного завдання на просторово-часові параметри ходьби людини використовувався пристрій для оцінки здатності стабілізувати положення рук [Богомаз О. В., 2014]. Цей пристрій складається з

дерев'яної основи з двома металевими перекладами, на яких вільно розташовується пластмасова куля. Перед ходьбою з одночасним моторним завданням досліджуваних інструктували наступним чином: «Ви повинні йти доріжкою зі зручною для Вас швидкістю, утримуючи перед собою обома руками пристрій таким чином, щоб куля завжди знаходилась посередині його перекладин».

Додатковим когнітивним завданням було обрано послідовне (без повторень) проговорення назв будь-яких відомих досліджуваним тварин. Перед тестуванням ходьби з одночасним когнітивним завданням досліджуваним добровольцям надавали наступну інструкцію: «Ви маєте йти доріжкою з довільно зручною швидкістю й одночасно голосно проговорювати назви відомих Вам тварин, намагаючись не повторювати вже названих».

Статистичну обробку отриманих даних проводили в пакеті “STATISTICA 5.5” (належить ЦНІТ ВНМУ ім. М. І. Пирогова, ліцензійний № AXXR910A374605FA) з використанням дисперсійного аналізу та методів непараметричної статистики – визначення критерію Ньюмана-Кеулса для незалежних вибірок та критерію Уїлкоксона для пов'язаних вибірок.

Результати дослідження та їх аналіз. На першому етапі дослідження вивчали основні просторово-часові показники нормальної ходьби в групах практично здорових чоловіків та жінок, розподілених за віковими групами - підлітків, юнаків та осіб середнього віку. Просторово-часові параметри в обраних групах досліджували в умовах звичайної ходьби з довільною індивідуально зручною швидкістю.

Якість ходьби, оцінена за показником FAP, у всіх групах обстежуваних знаходилась у межах нормативних параметрів (95-100 %), що вказувало на досить високий рівень підтримки рівноваги та збереження стабільності під час довільної ходьби.

Просторово-часові показники ходьби в довільному темпі порівнювали у гендерному та у віковому аспектах. При міжстатевому порівнянні просторово-часових параметрів звичайної ходьби в досліджуваних групах виявились наступні закономірності. Чоловіки в порівнянні з жінками демонстрували більші довжини кроку та подвійного кроку, ширину бази опори, кути розвороту стоп. На відміну від просторових, часові параметри у гендерному аспекті не розрізнялися. Виявлена статеві специфіка просторових параметрів ходьби, вірогідно, відбиває морфологічні відмінності тілобудови (більша довжина тіла, а відповідно, й довжина ноги в чоловіків порівняно з жінками) [Yamasaki M., Sasaki T., Torii M., 1991]. Проте не можна виключати й певну відмінність нейрофізіологічних механізмів, що регулюють ходьбу у чоловіків і жінок.

Сталість часових параметрів довільної ходьби, при міжстатевому порівнянні можна пояснити тим, що програмування цих параметрів реалізується з формуванням автоматичних моторних синергій [Noga V. R., 2003]. Еволюційно сформовані оптимальні часові параметри крокового циклу, що не мають статевих відмінностей і спрямовані на підтримання рівноваги, покращення стійкості та запобігання падінь при ходьбі як у чоловіків, так і в жінок.

Виявлена в наших дослідженнях гендерна специфіка просторових параметрів довільної ходьби не суперечить літературним даним паралельних

нейрофізіологічних досліджень [Йолтухівський М. В., Богомаз О. В., 2009; Богомаз О. В., 2010]. Подібність часових показників узгоджується з раніше висловленим припущенням, що часові параметри крокового циклу звичайної ходьби не залежать від статі [Московко Г. С., 2007].

Аналіз вікових відмінностей довільної ходьби виявив, що для досліджуваних середнього віку характерна більша тривалість фази опори (час опори на одну стопу довший у середньому на $4,0 \pm 1,5$ % зліва та $6,7 \pm 2,0$ % справа, ніж у підлітків, та на $3,1 \pm 1,6$ % зліва та $4,7 \pm 1,6$ % справа у юнаків; час подвійної опори на $9,5 \pm 4,8$ % зліва та $10,0 \pm 5,0$ % справа в підлітків та на $15,0 \pm 5,0$ % з обох боків у юнаків). Просторові показники кроку в осіб середнього віку менші (співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки менше на $4,0 \pm 1,5$ % зліва та $6,7 \pm 2,0$ % справа ніж у підлітків). Виявлені вікові відмінності дозволяють припустити, що вікові зміни нейрофізіологічних механізмів підтримки рівноваги й стабільності тіла під час ходьби, які призводять до збільшення тривалості опори та скорочення довжини кроків, можуть призвести до формування у середньому віці «обережної» ходьби, а в подальшому – до появи сенільних дисбазій у похилому віці [Деревцова С. Н., Капустенская Ж. И., Медведева Н. Н., 2013].

Просторово-часові параметри ходьби та їх гендерні й вікові відмінності в умовах виконання додаткового моторного завдання.

Щоб дослідити вплив виконання додаткового моторного завдання на просторово-часову організацію ходьби людини, ми використовували пристрій для оцінки здатності стабілізувати положення рук [Богомаз О. В., 2014]. В основу подібної методики поставлено завдання утримання кулі в центрі пристрою на двох перекладинах. Таким чином задіюються значні об'єми ресурсів вестибулярної, зорової, пропріоцептивної сенсорних систем та моторних центрів, що забезпечують підтримання рівноваги тіла в цілому, стабілізацію плечового пояса й верхніх кінцівок. Для нервових центрів, залучених до керування ходьбою, створюються умови роботи з недостатністю ресурсів або в ускладненій ситуації.

Коли одночасно контролюється процес звичайної ходьби й оцінюється здатність стабілізувати положення та рухи рук, фізіологічно первинним завданням є регуляція та утримання рівноваги й стабільності тіла під час ходьби, а вторинним (додатковим) – утримання перед собою обома руками пристрою таким чином, щоб куля пристрою завжди знаходилась посередині його перекладин.

Згідно з інструкцією, наданою досліджуваним перед виконанням ходьби з одночасним моторним завданням, вони, проте, мали виконувати обидва завдання однаково якісно без встановлення пріоритету.

Загалом напрямок перебудови параметрів ходьби в усіх досліджуваних вікових та гендерних групах під час ходьби з виконанням додаткового моторного завдання був подібним. Виконання додаткового моторного завдання призводило до зменшення основних показників крокового циклу – довжини кроку, подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини ноги. Це, відповідно, призводило до зменшення швидкості ходьби (з $118,65 \pm 3,12$ до $97,19 \pm 4,50$ см/с у жінок підлітково віку; з $117,91 \pm 2,28$ до $113,22 \pm 3,85$ см/с у жінок юнацького віку; з $112,26 \pm 2,80$ до $92,82 \pm 4,75$ см/с у жінок середнього віку; з $129,40 \pm 3,27$ до $108,45 \pm 4,08$ см/с у чоловіків підліткового віку; з $126,26 \pm 2,98$ до $110,78 \pm 3,32$ см/с у

чоловіків юнацького віку). Вібувалося також подовження загального часу проходу. Подібну тенденцію у вигляді зменшення швидкості руху під час виконання додаткового моторного завдання спостерігали інші автори при дослідженні ходьби за допомогою GAITRite®, де в загальній групі чоловіків ($n=7$) і жінок ($n=8$) (середній вік складав $62,73 \pm 9,02$ роки) швидкість руху зменшувалась із 112,51 й 110,06 см/с при звичайній ходьбі до 103,67 й 108,81 см/с при ходьбі з утриманням підноса зі склянками та до 101,15 й 103,47 см/с при ходьбі з одночасним застібанням гудзиків сорочки [Yea-Ru Yang et al., 2007]. У той же час у іншому дослідженні, в якому швидкість ходьби визначали за тривалістю прохода стандартної відстані 7 метрів, було продемонстровано відсутність впливу одночасного утримання легкого пакунку на швидкість звичайної ходьби в обстежуваних людей віком від 20 до 65 років ($n=277$) [Shumway-Cook A. et al., 2007]. Такі суперечливі дані літератури можуть бути пов'язані з тим, що у згаданих роботах кількість досліджених суб'єктів була обмеженою, а результати отримували в загальній групі обстежуваних, не поділяючи їх за статтю, віком, станом здоров'я, а також з деякими відмінностями методики дослідження.

Загалом усі обстежені нами успішно виконали запропоноване їм додаткове моторне завдання (утримання кулі, що перебуває на двох горизонтальних направляючих від падіння). Іншими словами, одночасно з ходьбою здійснювалась й тонка координація рухів рук. Успішній реалізації цього, ймовірно, сприяв достатній об'єм ресурсів пропріоцептивної, вестибулярної, зорової сенсорних систем та моторних центрів і, крім того, відповідний перерозподіл ресурсу уваги між завданнями (ходьбою та утриманням кулі на перекладинах пристрою). Проте слід відмітити, що троє обстежуваних (дві жінки та один чоловік) не змогли утримати кулю на перекладинах пристрою під час ходьби з першої спроби; лише друга спроба була успішною. Це вказує на те, що при ходьбі з одночасним виконанням додаткового моторного завдання для механізмів контролю ходьби та перерозподілу уваги потрібен певний час для вироблення налаштування й співпраці, необхідних для здійснення більш складної регуляції.

Таким чином, щоб йти повільніше, виконуючи додаткове моторне завдання, обстежувані зменшували довжину звичайного кроку (тобто складову подвійного кроку). Більшість часових параметрів ходьби з виконанням додаткового моторного завдання в порівнянні з довільною ходьбою залишались сталими.

Очевидно, що ходьба з виконанням додаткового моторного завдання потребує додаткових зусиль у підтримці рівноваги, координації рухів, додержанні стабільності під час руху. Логічно припустити, що зміни ходьби при додатковому моторному навантаженні, зумовлені задіянням нейрофізіологічного «ресурсу» в площині автоматичних моторних синергій (на рівні спинного мозку, стовбура мозку та мозочка). Ці синергії не отримують у випадку виконання додаткового моторного завдання суттєвого корегуючого впливу ієрархічно вищих відділів головного мозку [Yogev G., Hausdorff J. M., Giladi N., 2005]. Таким чином, виявлені зміни параметрів ходьби під час виконання додаткового моторного завдання, вказують на те, що спинний мозок, стовбур мозку та мозочок продовжують визначати просторові параметри ходьби в умовах даної фізіологічної парадигми.

Сталість часових параметрів, ймовірно, є важливим елементом забезпечення стабільності ходьби під час дії додаткового моторного навантаження.

При гендерному порівнянні просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням моторного завдання було встановлено, що довжина кроку, довжина подвійного кроку та співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки з обох боків та кути розвороту обох стоп у жінок були меншими ніж у чоловіків. Стабільною виявилась ширина бази опори з обох сторін. Подібні співвідношення можна пояснити певними антропометричними відмінностями (переважанням росту, а відповідно, й довжини ноги в чоловіків порівняно з жінками). Під час крокування відбувається переміщення в просторі центра маси тіла людини [Бернштейн Н. А., 2009]; при вищому рості центр маси переміщується на більшій відстані від опори. Відповідно довшою стає траєкторія його руху. Цілком логічно, що біомеханіка переміщення фізичного тіла, яке має вище розташований центр маси та довжину крокуючої кінцівки, для більшої стабільності та уникнення ризику падінь потребує й збільшення просторових параметрів крокового циклу. На відміну від просторових, усі часові показники при порівнянні параметрів ходьби з одночасним виконанням моторного завдання у групах чоловіків та жінок не мали статистично значущих відмінностей.

При міжвіковому порівнянні просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням моторного завдання в чоловіків та жінок статистично достовірних відмінностей виявлено не було.

Важливо відмітити, що показник якості ходьби з виконанням додаткового моторного завдання мав тенденцію до зниження у всіх досліджуваних групах. На це вказували результати порівняння показника FAP довільної ходьби та ходьби з виконанням додаткового моторного завдання. FAP знижувався: у чоловіків підліткового віку з $96,42 \pm 4,04$ до $83,12 \pm 4,67$ %; у чоловіків юнацького віку з $96,69 \pm 4,94$ до $82,82 \pm 3,15$ %; у жінок підліткового віку з $97,06 \pm 3,87$ до $83,18 \pm 3,26$ %; у жінок юнацького віку з $96,67 \pm 3,97$ до $82,82 \pm 2,13$ %; у жінок середнього віку з $96,84 \pm 5,26$ до $81,83 \pm 4,04$ %. Таке зниження FAP вказує на те, що виконання моторного завдання під час ходьби призводить в цілому до зниження рівня підтримки рівноваги та зниження стабільності тіла під час руху, а, відповідно – збільшує ризик падінь. Суттєво, що таке зниження ресурсу рівноваги й виведення досліджуваного із «зони комфорту», можна використовувати, як діагностичний критерій у неврологічних хворих з високим ризиком падінь.

Ширина бази опори виявилась незмінною при порівнянні показників ходьби з додатковим моторним завданням та довільної ходьби в усіх досліджуваних групах. Цей факт підтверджує важливість даного параметра в підтримці рівноваги та стабільності ходьби [Йолтухівський М. В., Величко Т. О., 2009; Богомаз О. В., 2010].

Таким чином, результати нашого дослідження показують, що при ходьбі з одночасним виконанням додаткового моторного завдання обстежувані долали відстань доріжки з меншою швидкістю та коротшими кроками порівняно з такими при звичайній ходьбі, але часові параметри такої локомоції залишались сталими. Під час утримання пристрою для оцінки здатності стабілізувати положення рук та

підтримання рівноваги тіла за таких умов ходьби ширина бази опори не змінювалася, що має суттєве значення для забезпечення стабільності ходьби.

Просторово-часові параметри ходьби та їх гендерні й вікові відмінності в умовах виконання додаткового когнітивного завдання.

Всупереч традиційним уявленням про анатомічну й функціональну відокремленість моторних систем від когнітивних, результати сучасних досліджень дозволяють аргументовано стверджувати, що ці системи взаємопов'язані між собою [Hausdorff J. M. et al., 2016]. Базою побудови рухів є координована діяльність різних систем мозку (як тих, що безпосередньо контролюють реалізацію рухового акту, так і тих, що пов'язані з процесами сприйняття, уваги й пам'яті) [Priest A. W., Salamon K. B., Hollman J. H., 2008].

З метою вивчення впливу виконання когнітивного завдання на просторово-часові параметри ходьби людини ми використали послідовне (без повторень) називання вголос будь-яких відомих досліджуваному тварин. Згідно з інструкцією, досліджуваний повинен був здійснювати ходьбу й називати тварин, не надаючи пріоритет тому чи іншому завданню.

Міжгрупові порівняння виявили схожі зміни параметрів. Суттєво, що просторові показники ходьби в даному випадку не демонстрували вірогідних змін. На відміну від просторових, більшість часових параметрів в усіх досліджуваних групах статистично змінювались. Збільшувалась загальна тривалість крокового циклу, тривалість переносу кожної ноги, тривалість періодів одиночної та подвійної опори. Зміна цих параметрів, цілком логічно, призводила до зниження швидкості ходьби та подовження часу проходу. Отже, утримати рівновагу при ходьбі з одночасним називанням вголос тварин допомагає більш тривалий загальний період опори в кроковому циклі такої ходьби, певні зниження темпу і швидкості ходьби та збільшення загального часу проходу доріжкою.

Незмінність ширини бази опори та кутів розвороту стоп в усіх досліджуваних групах може свідчити про те, що значення функціональної бази опори та кутів розвороту стоп при звичайній ходьбі є цілком достатніми для збереження пози та рівноваги й при ходьбі з одночасним виконанням когнітивного завдання, а також про більш жорсткі механізми регуляції цих двох параметрів [Йолтухівський М. В., Величко Т. О., 2009; Богомаз О. В., 2010].

В усіх досліджуваних вікових групах, зменшення швидкості ходьби при називанні тварин відбулося внаслідок збільшення часових параметрів і, у першу чергу, за рахунок збільшення тривалості фази опори та тривалості переносу ноги. У подібних дослідженнях з використанням дещо іншої методики також було виявлено збільшення тривалості крокового циклу в групі здорових людей похилого віку при ходьбі з одночасним рахуванням [Yogev G., Hausdorff J. M., Giladi N., 2005]. Інша група дослідників, проте, при вивченні ходьби з когнітивним навантаженням у здорових людей похилого віку встановила зменшення тривалості переносу ноги [Hausdorff J. M. et al., 2008].

Гендерні відмінності параметрів ходьби з виконанням додаткового когнітивного завдання, мали подібні напрямки в усіх досліджуваних вікових групах. У чоловіків були більшими довжина кроку та подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки, ширина бази опори, кути

розвороту стоп. Як і в попередніх випадках, це ймовірно пов'язано з антропометричними відмінностями. Відмінності часових параметрів ходьби з виконанням додаткового когнітивного завдання при порівнянні підліткових статевих груп не були виявлені. При гендерному порівнянні часових параметрів ходьби з виконанням додаткового когнітивного завдання в групах юнацького віку, було виявлено відмінності більшості параметрів. У жінок були більшими тривалості кроку, крокового циклу, одиночної опори, час переносу, час опори, час проходу і нижчою була швидкість ходьби при порівнянні з групою чоловіків юнацького віку. Ймовірно, такі зміни в юнацькому віці пов'язані з появою не лише антропометричних гендерних відмінностей (як у підлітків), а й значних нейрогуморальних змін [Рижов Б. Н., 2012].

При міжвіковому порівнянні просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням когнітивного завдання в чоловіків та жінок статистично достовірних відмінностей не було виявлено.

Не було також встановлено відмінностей в показниках якості виконання когнітивного завдання як між статевими, так і між віковими групами.

Якість ходьби під час виконання додаткового когнітивного завдання, мала тенденцію до зниження в усіх досліджуваних групах. Відповідно FAP знижувався: у чоловіків підліткового віку з $96,42 \pm 4,04$ до $83,14 \pm 3,87$ %; у чоловіків юнацького віку з $96,69 \pm 4,94$ до $82,12 \pm 2,18$ %; у жінок підліткового віку з $97,06 \pm 3,87$ до $81,75 \pm 1,76$ %; у жінок юнацького віку з $96,67 \pm 3,97$ до $82,26 \pm 1,12$ %; у жінок середнього віку з $96,84 \pm 5,26$ до $89,49 \pm 4,72$. Подібне зниження FAP свідчить про те, що виконання когнітивного завдання під час ходьби зумовлює зниження рівня підтримки рівноваги та зниження стабільності тіла під час руху, а, значить, збільшує ризик падінь. Тому подібні випадки зниження FAP можна використовувати як діагностичний критерій у неврологічній практиці.

Порівняння напрямків змін параметрів ходьби в досліджуваних групах при додатковому моторному та когнітивному завданнях.

Потрібно відмітити, що результати досліджень ефекту когнітивних завдань на параметри ходьби людини є досить суперечливими. Є повідомлення про відсутність впливу когнітивних завдань на ходьбу як у молодих здорових людей, так і у здорових людей похилого віку [Schrodt L. A. et al., 2004]. Треба зауважити, що автори використовували доволі легкі когнітивні завдання в якості додаткових (вербальна відповідь на звуковий подразник, вербальна відповідь на зоровий подразник тощо). Це потребувало незначних когнітивних витрат. Можливо, пріоритет під час дослідження надавався виключно ходьбі, яку досліджували з невеликою точністю, здебільшого за допомогою системи електронних перемикачів для ніг.

Результати деяких досліджень вказують на те, що при одночасному досить складному когнітивному завданні при ходьбі (арифметичне завдання - віднімання від ста по сім) [Йолтухівський М. В., Богомаз О. В., 2011], переважна більшість як часових, так і просторових параметрів ходьби змінюється. У нашому випадку когнітивний компонент, очевидно, за силою впливу призводив до зміни не всіх параметрів ходьби, як у попередніх дослідників [Йолтухівський М. В., Богомаз О. В., 2011], а лише до зміни певної низки часових параметрів. Ми

використовували відносно нескладне когнітивне завдання (називання вголос відомих досліджуваному тварин). Таким чином, можна дійти висновку, що часові показники ходьби з додатковим когнітивним завданням починають змінюються вже під час виконання найпростіших когнітивних завдань. Отже, часові параметри ходьби є більш лабільними, ніж просторові, які істотно змінюються лише при підвищенні складності когнітивного завдання. У подальших дослідженнях, можливо потрібно звернути увагу на значення складності когнітивного завдання щодо змін патерну ходьби.

На відміну від додаткового когнітивного завдання, додаткове моторне завдання змінювало більшість просторових показників ходьби, проте практично не змінювало часові показники (крім швидкості й темпу ходьби, які зменшувались у всіх групах досліджуваних). Це вказує на різні нейрофізіологічні механізми підтримання стабільності ходьби при наявності додаткового моторного або когнітивного компоненту, що ускладнює контроль руху. Дане спостереження відкриває певні перспективи подальших досліджень механізмів керування ходьбою та впливу виду додаткових завдань на контроль стабільності локомоцій людини.

При оцінці змін параметрів ходьби, до яких призводить виконання додаткового моторного або когнітивного завдання, слід взяти до уваги той факт, що за просторовими та часовими показниками ходьби можна опосередковано, але обґрунтовано оцінити стан структур ЦНС, які відповідають за формування параметрів ходьби.

Відомо, що механізм локомоції, який базується на роботі локомоторного спінального генератора, може генерувати різні ритми, котрі відповідають різним швидкостям локомоції. Він може в різну мірою активувати м'язи кінцівок та тазового поясу, що призводить до зміни темпу крокування. У певних умовах спінальний генератор може зумовлювати локомоції різних типів, тобто встановлювати різні фазові співвідношення рухів кінцівок [Takakusaki K., 2013].

Динамічний контроль процесу ходьби включає в себе ряд критичних критеріїв взаємодії, таких, як зовнішні дані оточуючого середовища, цілі, біомеханічні обмеження і сенсорна інтеграція. В основі динамічного контролю ходьби лежить скоординований руховий нейрофізіологічний шаблон, в якому відповідна взаємодія сегментів тіла та їх взаємодія з навколишнім середовищем виробляється для забезпечення адекватності та стабільності під час ходьби. Стан реалізації такого скоординованого рухового шаблону від кроку до кроку й через тривалі проміжки часу також є ключовим фактором, оскільки мінливість ходьби є унікальною сферою, яка забезпечує даними інтелектуального усвідомлення щодо ризику падіння та можливості зниження мобільності суб'єкта. Динамічний контроль ходьби більш високого рівня потребує забезпечення адаптивності в умовах додаткових запропонованих завдань. Оцінка отриманих даних щодо ходьби є ключем до комплексної оцінки й вивчення динамічного контролю цього процесу [Earhart G. M., 2013; Van Wezel B. M., Ottenhof F. A., Duysens J., 1997].

Функцію контролю локомоторної активності виконує мозочково-спінальна петля, яка включає в себе спинний мозок, мозочково-спінальні шляхи, мозочок і низхідні шляхи від стовбура мозку. Кожен з цих низхідних трактів несе як тонічні (непатерновані), так і фазичні (патерновані) сигнали в спинний мозок. Ці сигнали

регулюють рухи верхніх і нижніх кінцівок шляхом збудження й гальмування активності спінальних інтернейронів і мотонейронів. Неадекватні зміни таких просторових параметрів ходьби, як довжина кроку та довжина подвійного кроку, можуть слугувати ознаками патології мозочка [Takakusaki K., 2013].

Замкнені мозочково-спинальні ланцюги виконують роль системи контролю фаз локомоції. При цьому клітини понтомедулярної ретикулярної формації впливають не лише на ритм, але й на силу й фазу поточних локомоторних рухів. При цьому для контролю локомоції виключно важливу роль відіграє діяльність вентромедіальної низхідної системи, волокна якої йдуть в першу чергу від вестибулярних ядер клітин покрівлі й ретикулярної формації моста та довгастого мозку [Earhart G. M., 2013]. Враховуючи відповідні дані, можна передбачати, що зміна певних параметрів ходьби, а також порушення фаз в загальному патерні ходьби можуть свідчити про зрушення в вентромедіальній системі контролю локомоції.

Дані нашого дослідження підтверджують можливість використання додаткових завдань як інструменту ізольованого впливу на часові (когнітивні завдання, аналогічні нашому за типом) та просторові (моторне завдання) параметри ходьби. Такі впливи дозволяють селективно оцінити функціональний стан різних відділів нервової системи.

Параметри, що характеризуються найбільшою стабільністю і відіграють ключову роль у виконанні локомоторного завдання при ускладненні умов ходьби.

База опори – це той просторовий параметр, стабільність якого потрібна для підтримки медіо-латеральної та передньо-задньої стабільності ходьби [Йолтухівський М. В., Богомаз О. В., 2009]. Показано, що саме база опори є найстабільнішим параметром, який не змінюється при різних парадигмах ходьби. У нашому дослідженні вищезгаданий параметр не змінювався при виконанні всіх додаткових завдань.

Таким чином, при ходьбі з одночасним виконанням додаткових завдань утримання рівноваги й запобігання падінь (що і є кардинальним завданням у ходьбі) може забезпечуватися шляхом підтримання сталості ширини бази опори – одного з найважливіших компонентів у механізмі контролю рівноваги й стабільності ходьби [Йолтухівський М. В., Величко Т. О., 2009; Богомаз О. В., 2010].

Інтегративна оцінка якості ходьби при виконанні додаткових моторного та когнітивного завдань.

Як ми встановили, якість виконання ходьби знижується (про що свідчить зменшення показника FAP) при наявності додаткових завдань порівняно з аналогічними показниками звичайної ходьби в усіх досліджуваних групах. Це можна пояснити за допомогою нейропсихологічної теорії «розподілу ресурсів». Згідно з цією теорією, якщо обидва завдання, котрі виконуються одночасно, потребують використання ресурсів, які перевищують загальний центральний ресурс, то виконання одного завдання (або навіть обох) буде погіршуватись, незважаючи на специфічну природу таких завдань. Згідно з модифікованою версією теорії «розподілу ресурсів», внаслідок здатності уваги до розподілення,

одночасне виконання двох завдань, що потребують уваги, може погіршуватись, навіть якщо ємність загального ресурсу ще не перевищена [Yogev G. et al., 2005].

Оскільки використане нами когнітивне завдання потребує координації між процесами артикуляції, фонації і дихання, таке додаткове завдання у певному аспекті є також складним моторним. Згідно з теорією «горла пляшки», виконання двох подібних за своєю природою завдань знижує показники якості їх виконання [Hausdorff J. M. et al., 2008]. Важлива та обставина, що виконання когнітивних завдань впливає на процес ходьби навіть коли когнітивне завдання не має явного моторного компонента [Dubost V. et al., 2006]. Називання тварин під час ходьби може бути кваліфіковано як ритмічна діяльність. Очевидно, що при одночасному виконанні двох ритмічних завдань різної частоти може відбуватись їх потужна інтерференція [Montero-Odasso M. et al., 2012]. У нашому дослідженні ритмічний характер називання тварин міг інтерферувати з ритмом ходьби й, таким чином, провокувати суттєво інші зміни параметрів ходьби, ніж при реалізації моторного завдання, що не мало ритмічного характеру (утриманні перед собою обома руками пристрою для оцінки здатності стабілізувати положення рук).

Необхідно зазначити, що при ходьбі з одночасним виконанням додаткових завдань досліджувані надавали пріоритет саме ходьбі. Це узгоджується з положенням про «першу стратегію пози», висунутим А. Shumway-Cook. Згідно з цим положенням у ситуації зростаючої загрози падіння суб'єкт віддає перевагу позному контролю або стабільності ходьби над виконанням додаткового, вторинного завдання, щоб знизити ризик падіння та ушкодження [Shumway-Cook A., Woollacott M., Kerns K. A., Baldwin M., 1997].

Отже, регуляція просторово-часових параметрів ходьби залежить від роботи усіх рівнів нервової системи. Базовий просторово-часовий патерн визначається ЦГЛР спинного мозку, робота яких задається та модулюється надсегментарними структурами. Нашаровані над сегментарні команди, включаючи такі з кори головного мозку можуть досить істотно змінити базовий малюнок, створивши відповідну ситуації просторово-часову модель ходьби.

Враховуючи наявність змін кількісних та якісних показників ходьби в умовах різних фізіологічних парадигм, можна з впевненістю стверджувати, що ходьба не є цілком автоматизованим процесом, а потребує використання різноманітних додаткових ресурсів ЦНС, насамперед уваги та когнітивних ресурсів. Тому всі вищевикладені дані й міркування бажано враховувати в подальших теоретичних та клінічних дослідженнях.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі дано теоретичне узагальнення та вирішення науково-практичної задачі щодо визначення просторово-часових параметрів звичайної ходьби в практично здорових чоловіків і жінок, розподілених за віковими та гендерними групами та аналізу змін патерну ходьби при виконанні додаткових моторного й когнітивного завдань.

1. При міжстатевому порівнянні показників довільної ходьби виявлено, що в чоловіків у порівнянні з жінками є більшими довжина кроку та подвійного

кроку, ширина бази опори та кути розвороту стоп з обох сторін. При ходьбі в довільному темпі в старших вікових групах для збереження стабільності ходьби та підтримки рівноваги формуються триваліші час опори й коротші кроки. При цьому тривалість опори на обидві стопи та опори на праву стопу в жінок середнього віку є більшою, ніж у жінок підліткового віку та юнацького віку.

2. Виконання додаткового моторного завдання (здіяння тонкої бімануальної моторної діяльності) призводить до зменшення основних просторових показників ходьби – довжини кроку, подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини ноги. Наслідком таких змін є зменшення швидкості ходьби та подовження загального часу тест-проходу. При гендерному порівнянні параметрів ходьби з виконанням додаткового моторного завдання встановлено, що у групах підліткового віку в жінок менші ніж у чоловіків-однолітків довжина кроку, довжина подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки та кути розвороту стоп; у групах юнацького віку в жінок менші ніж у чоловіків аналогічного віку, довжина кроку, довжина подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки, ширина бази опори та кути розвороту стоп.
3. При виконанні додаткового когнітивного завдання (проговорення назв тварин), в порівнянні з довільною ходьбою, у всіх досліджуваних групах стають більшими тривалості кроку й крокового циклу, час опори та одиночної опори, час переносу, зменшується швидкість та темп ходьби, подовжується загальний час проходу. Міжстатеві відмінності параметрів ходьби з виконанням додаткового когнітивного завдання мали подібну спрямованість у всіх досліджуваних вікових групах – у чоловіків ставали більшими довжина кроку та подвійного кроку, співвідношення довжини кроку до довжини кінцівки, ширина бази опори, кути розвороту стоп.
4. Виконання додаткового моторного завдання призводить до змін більшості просторових показників ходьби, але практично не змінює часових показників. Реалізація додаткового когнітивного завдання зумовлює зміни більшості часових показників ходьби й практично не впливає на просторові показники. Отже, природа модуляцій параметрів ходьби при різних фізіологічних парадигмах є специфічною, і така модуляція здійснюється різними центральними механізмами.
5. Ширина бази опори є найстабільнішим параметром ходьби, який не змінювало виконання додаткових моторних та когнітивних завдань. Це підтверджує важливість даного параметра в підтримці рівноваги та стабільності ходьби, перш за все в попередженні бокового падіння.
6. Інтегральний показник якості ходьби (FAP) під час виконання додаткових завдань вірогідно знижується, порівняно з таким при звичайній ходьбі в усіх досліджуваних групах, що свідчить про зниження рівня підтримки рівноваги та стабільності тіла під час руху й збільшення ризику падінь.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Просторово-часові параметри ходьби у чоловіків підліткового та юного віку / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, І. В. Тищенко, О.В. Богомаз, Г. С. Московко // Вісник Вінницького національного медичного університету. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 6–11. *(Здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, реферуванні та аналізі літературних джерел, статистичній обробці отриманих результатів та їх інтерпретації, підготовці статті до друку).*

2. Просторово-часові параметри ходьби у жінок підліткового, юного та середнього віку / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, І. В. Тищенко, О.В. Богомаз, Г. С. Московко // Вісник морфології. – 2015. – Т. 21, № 1. – С. 184–189. *(Здобувач особисто зібрав матеріал, провів його статистичну обробку та описав результати).*

3. Тищенко І. В. Організація просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням додаткового моторного завдання у чоловіків підліткового та юного віку / І. В. Тищенко // Вісник морфології. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 410–414.

4. Організація просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням додаткового когнітивного завдання у жінок підліткового, юного та середнього віку / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, І. В. Тищенко, О.В. Богомаз, Г. С. Московко // Biomedical and biosocial anthropology. – 2015. – № 24. – С. 6–10. *(Здобувач особисто зібрав матеріал, провів його статистичну обробку та описав результати).*

5. Тищенко І. В. Сучасні уявлення про когнітивну складову формування патерну ходьби людини / І. В. Тищенко, І. М. Кириченко // Вісник морфології. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 202–205. *(Здобувач особисто зібрав, опрацював літературні джерела та узагальнив результати).*

6. Вплив додаткового когнітивного навантаження на просторово-часові параметри ходьби у жінок різних вікових груп / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, І. В. Тищенко, О. В. Богомаз, Г. С. Московко, С. О. Кривов'яз // Нейрофізіологія. – 2016. – Т. 48, № 2. – С. 162–166. *(Видання включено до міжнародних наукометричних баз. Здобувач особисто зібрав матеріал, провів його статистичну обробку та описав результати).*

7. Відмінності просторово-часової організації ходи з одночасним виконанням моторного завдання у жінок підліткового, юного і середнього віку / І. В. Тищенко, В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, Г. С. Московко // Матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 17-18 квітня 2012 р. : зб. наук. статей. – Вінниця, 2012. – С. 105. *(Здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, статистичній обробці отриманих результатів та їх аналізі).*

8. Аналіз просторово-часової організації ходи з одночасним виконанням когнітивного завдання у чоловіків підліткового та юнацького віку / І. В. Тищенко, О. В. Богомаз, Т. О. Величко, Л. П. Дем'яненко // Матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 17-18 травня 2013 р. – Вінниця, 2013. – С. 109. *(Здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, статистичній обробці отриманих результатів, реферуванні та аналізі літературних джерел, підготовці тез до друку).*

9. Стабільність і мінливість просторово-часових параметрів ходьби людини / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, Г. С. Московко, О. В. Богомаз, Т. О. Величко //

Фізіологічний журнал. Додаток. – 2014. – Т. 60, № 3. – С. 156–157. (*Здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, статистичній обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку*).

10. Порівняння просторово-часової організації ходьби з когнітивним навантаженням в осіб підліткового та юнацького віку / В. М. Мороз, М. В. Йолтухівський, І. В. Тищенко, О. В. Богомаз // VI Конгрес Українського товариства нейронаук : матеріали конгресу, 4-8 червня 2014 р. – Київ, 2014. – С. 92–93. (*Здобувач особисто брав участь у проведенні дослідження, реферуванні та аналізі літературних джерел, статистичній обробці отриманих результатів та їх інтерпретації*).

АНОТАЦІЯ

Тищенко І. В. Вікові та статеві особливості патерну ходьби людини в умовах різних фізіологічних парадигм. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.03.03 – нормальна фізіологія. – Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова МОЗ України, Вінниця, 2017.

У роботі вивчені вікові та статеві особливості просторово-часових параметрів ходьби людини та визначені напрямки та залежності їх змін в умовах виконання додаткових моторних та когнітивних завдань. Дослідження параметрів ходьби проводили за допомогою високоінформативної автоматизованої системи GAITRite®, виробництва США, яка дозволяє в режимі реального часу кількісно оцінити параметри ходьби людини.

Встановлено, що під час ходьби в довільному темпі у старших вікових групах для збереження стабільності ходьби та підтримки рівноваги формуються триваліші час опори й коротші кроки.

Досліджено напрямок змін просторово-часових параметрів ходьби з одночасним виконанням моторного завдання та ходьби з одночасним виконанням когнітивного завдання. Встановлено, що додаткове моторне завдання змінює більшість просторових показників ходьби й практично не змінює часові показники, а додаткове когнітивне завдання навпаки – змінює більшість часових показники ходьби й практично не змінює просторові показники. Виявлено найстабільніший параметр ходьби – ширину бази опори, який не змінювали додаткові завдання ходьби. Доведено, що зниження показника якості ходьби (FAP) при виконанні додаткових завдань свідчить про зниження рівня підтримки рівноваги та стабільності тіла під час руху й збільшення ризику падінь.

Ключові слова: просторові та часові параметри ходьби, різні вікові групи, різні гендерні групи, довільна ходьба, ходьба з додатковим моторним завданням, ходьба з додатковим когнітивним завданням.

АННОТАЦИЯ

Тищенко И. В. Возрастные и половые особенности паттерна ходьбы человека в условиях различных физиологических парадигм. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 14.03.03 – нормальная физиология. – Винницкий национальный медицинский университет им. Н. И. Пирогова МЗ Украины, Винница, 2017.

В работе изучены возрастные и половые особенности пространственно-временных параметров ходьбы человека и определены направления и зависимости их изменений в условиях выполнения дополнительных моторных и когнитивных заданий. Исследование параметров ходьбы проводили с помощью высокоинформативной автоматизированной системы GAITRite®, производства США, которая позволяет в режиме реального времени количественно оценить параметры ходьбы человека.

Установлено, что во время ходьбы в свободном темпе в старших возрастных группах для сохранения стабильности ходьбы и поддержания равновесия увеличивается время опоры и сокращаются шаги.

Исследовано направление изменений пространственно-временных параметров ходьбы с одновременным выполнением моторного задания и ходьбы с выполнением когнитивного задания. Установлено, что дополнительное моторное задание изменяет большинство пространственных показателей ходьбы и практически не изменяет временные показатели, а дополнительное когнитивное задание наоборот – меняет большинство временных показателей и практически не меняет пространственные показатели. Определен самый стабильный параметр ходьбы – ширина базы опоры, который не изменяли дополнительные задания ходьбы. Доказано, что снижение показателя качества ходьбы (FAP) при выполнении дополнительных заданий свидетельствует о снижении уровня поддержания равновесия и стабильности тела во время движения и увеличении риска падений.

Ключевые слова: пространственно-временные параметры ходьбы, разные возрастные группы, разные гендерные группы, свободная ходьба, ходьба с дополнительным когнитивным заданием, ходьба с дополнительным моторным заданием.

SUMMARY

Tyshchenko I.V. Age and gender gait pattern features under various physiological paradigms. – The manuscript.

Dissertation for a candidate's degree by specialty 14.03.03 – "Normal physiology". – National Pirogov Memorial Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Vinnytsya, 2017.

The age and gender characteristics of the space-time parameters of human gait have been studied and the directions and dependencies of their changes have been determined in the context of additional motor and cognitive tasks. Researches of the gait

parameters were carried out by the high-quality automated electronic walkway system GAITRite®, production of the USA, which allows in real time to quantify the parameters of human gait.

It was found that while walking at a free pace in older age groups, to maintain gait stability and maintain equilibrium, lengthening the support time and shortening the steps.

The direction of changes in the space-time parameters of gait while performing a motor task and gait with the performance of a cognitive task has been studied. It is established that the additional motor task changes most of the spatial parameters of gait and practically does not change the time indices, while the additional cognitive task on the contrary changes most of the time indices and practically does not change the spatial indices. The most stable parameter of gait is determined - the width of the support base, which did not change additional gait tasks.

It has been proven that the decrease in the walking quality index (FAP) when additional tasks are being drawn indicates a decrease in the level of balance maintenance and stability of the body during the movement and an increase in the risk of falls.

Key words: spatial and temporal parameters of gait, different ages, different genders, random gait, gait with an additional cognitive task, gait with an additional motor task.

Підписано до друку 24.07.2017 р. Замовл. № 204.
Формат 60x90 1/16 Ум. друк. арк. 0,8 Друк офсетний.
Тираж 100 примірників.

Вінниця. Друкарня ВНМУ ім. М. І. Пирогова, Пирогова, 56.

