

# Вплив ортезування на силу м'язів та швидкість ходьби осіб з гострим порушенням мозкового кровообігу

УДК 616.831-005.1:615.852(045)

**Р. О. Баннікова, О. О. Вороньков**

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

**Резюме.** Якщо брати щорічну статистику ВООЗ, унаслідок гострого порушення мозкового кровообігу (ГПМК) та інших судинних захворювань головного мозку вмирає близько 7,6 млн осіб, а 6 млн мають стійкі функціональні обмеження, які негативно впливають на якість життя та приводять до тяжкої інвалідизації. Тому вибір адекватних і обґрунтованих методів відновлення порушених функцій пацієнтів є обов'язковою умовою ефективної фізичної терапії. Особливе місце цей аспект займає в українській нейрореабілітації пацієнтів з ГПМК, оскільки на сьогодні згідно з офіційною статистикою МОЗ України, щорічно в країні відбувається до 130 000 інсультів. 60 % осіб, що перенесли ГПМК, мають стійкі неврологічні порушення, 23 % потребують постійної сторонньої допомоги. *Мета.* Аналіз джерел сучасної наукової літератури, де розглянуто вплив ортезування на силу м'язів та швидкість ходьби осіб з гострим порушенням мозкового кровообігу. *Методи.* Теоретичний аналіз та узагальнення вітчизняних і зарубіжних даних спеціальної науково-методичної літератури з питань використання методу ортезування у осіб з гострим порушенням мозкового кровообігу та особливостей застосування засобів фізичної терапії. *Результати.* Проведено аналіз впливу ортезів на м'язову силу нижніх кінцівок та біомеханічні параметри ходьби, в тому числі швидкість ходьби, у дослідженнях за участю пацієнтів з ортезами надп'яtkово-гомількового суглоба (AFO) та без нього. Представлені дані свідчать, що використання методу ортезування в комплексі заходів фізичної терапії, а саме використання ортезів AFO покращує швидкість ходьби, каденцію та довжину кроку пацієнтів з ГПМК. AFO вважається корисним для покращення стабільності ходьби та амбулаторних можливостей. Результати досліджень демонструють підвищення активності окремих груп м'язів нижньої кінцівки при носінні пацієнтами ортеза. Результати аналізу та узагальнення даних сучасної наукової літератури щодо імплементації методу ортезування в комплекс заходів фізичної терапії дають підставу стверджувати, що це один із перспективних напрямів відновлення порушених рухових функцій, підвищення стабільності ходьби, здатності до пересування та покращення якості життя пацієнтів, що перенесли ГПМК.

**Ключові слова:** інсульт, фізична терапія, ортез, надп'яtkово-гомільковий суглоб, ходьба, мета-аналіз.

**The effect of orthotics on muscle strength and walking speed in people with acute cerebrovascular accident**

**R. O. Bannikova, O. O. Voronkov**

National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** According to annual WHO statistics, about 7.6 million people die as a result of acute cerebrovascular accident (ACVA) and other vascular diseases of the brain, and 6 million have persistent functional limitations that negatively affect the quality of life and lead to severe disability. Therefore, the choice of adequate and reasonable methods for restoring patients' impaired functions is a prerequisite for effective physical therapy. This aspect is of particular importance in the Ukrainian neurorehabilitation of patients with ACVA, as today, according to official statistics from the Ministry of Health of Ukraine, up to 130,000 strokes occur annually in the country. 60 % of people who have suffered an ACVA have persistent neurological disorders,

and 23 % need constant outside help. *Objective.* To analyze the sources of modern scientific literature, which considers the effect of orthotics on muscle strength and walking speed of people with acute cerebrovascular accident. *Methods.* Theoretical analysis and generalization of national and foreign data of special scientific and methodological literature on the use of orthosis in people with acute cerebrovascular accident and peculiarities of physical therapy. *Results.* The effect of orthoses on lower extremity muscle strength and biomechanical parameters of walking, including walking speed, was analyzed in studies involving patients with and without ankle-foot orthoses (AFO). The presented data show that the use of the method of orthotics in a complex of physical therapy measures, namely the use of AFO orthoses, improves walking speed, cadence and stride length in patients with ACVA. AFO is considered useful for improving gait stability and ambulation. The results of studies demonstrate an increase in the activity of certain muscle groups of the lower extremity when patients wear an orthosis. The results of the analysis and synthesis of modern scientific literature on the implementation of the orthosis method in the complex of physical therapy measures give reason to believe that this is one of the promising areas for the restoration of impaired motor functions, increasing walking stability, mobility and improving the quality of life of patients with ACVA.

**Keywords:** stroke, physical therapy, orthosis, tarsometatarsal joint, walking, meta-analysis. Literature:

**Постановка проблеми.** Гострий мозковий інсульт є однією з найболючіших проблем для суспільства: його наслідки створюють несприятливу соціально-економічну та медичну проблему [1]. За щорічною статистикою ВООЗ, близько 7,6 млн людей помирають від ВПЛ (вірус папіломи людини) та інших судинних захворювань головного мозку, а 6 млн мають стійкі функціональні обмеження. За офіційною статистикою МОЗ України, щороку в країні відбувається близько 130 тис. інсультів, що супроводжується підвищенням дочасної смертності (18,6–19,8 %) та розвитком стійких довготривалих інвалідизуючих ускладнень (МОЗ, 2021).

Сьогодні лише 10–20 % тих, хто переніс інсульт, повертаються до роботи, 8 % з них залишаються працездатними, 60 % пацієнтів мають стійкі неврологічні розлади, 23 % потребують сторонньої допомоги, 25–30 % до кінця першого року починають страждати від деменції [1, 2].

Розвиток сучасних технологій дозволяє підвищити якість відновного лікування та реабілітації і значно зменшити тягар фатальних ускладнень.

Відновлення здатності ходити є основною метою реабілітації хворих на інсульт. Хоча 70 % пацієнтів відновлюють цю здатність, проте відчувають функціональні обмеження через спастичність, м'язову слабкість і погану рівновагу [13–17]. Падаюча стопа є однією з основних причин неправильної ходьби у постраждалих людей. У відповідь на цю аномалію порушується чіткість у фазі маху та стабільність у фазі опори, що призводить до зниження швидкості ходьби та збільшення ризику падіння [11, 12]. Ортези на над'яtkово-гомільковий суглоб допомагають стабілізувати стопу та над'яtkово-гомільковий

суглоб у фазі опори, утримуючи пальці піднятими під час кроків та покращуючи контакт п'ятою [8, 23]. Але в цілому, на сьогодні стратегія застосування ортезування в осіб з ГПМК викликає багато запитань. Тому основною метою цього дослідження є систематичний огляд літератури, де розглянуто вплив ортезів на над'яtkово-гомільковий суглоб та швидкість ходьби пацієнтів з інсультном.

Роботу виконано за планом науково-дослідної роботи кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету фізичного виховання і спорту України за темою 4.2 «Відновлення функціональних можливостей, діяльності та участі осіб різних нозологічних, професійних та вікових груп» (номер держреєстрації 0121U107926).

**Мета дослідження** – аналіз джерел сучасної наукової літератури, де розглянуто вплив ортезування на силу м'язів та швидкість ходьби осіб з гострим порушенням мозкового кровообігу.

**Методи дослідження:** теоретичний аналіз та узагальнення вітчизняних і зарубіжних даних спеціальної науково-методичної літератури з питань використання методу ортезування у осіб з гострим порушенням мозкового кровообігу та особливостей застосування засобів фізичної терапії.

**Результати дослідження.** Пошук літературних джерел проводили в реєстрах випробувань і основних електронних базах даних доказової медицини, включаючи MEDLINE (Онлайн-система аналізу та пошуку медичної літератури), CINAHL (Сукупний індекс медсестринської та загальної медичної літератури), PEDro та Scopus. Статті з недостатніми або відсутніми даними про біомеханічні та кінематичні параметри ходи, звіти про

випадки захворювання та неопубліковані статті були виключені. Для пошуку використовували такі ключові слова: інсульт або цереброваскулярні захворювання і ортези, або брекети, або шини, або стопа, або надп'яtkово-гомiлковий суглоб. Електронний пошук доповнений ручним пошуком у списках посилань усіх отриманих оглядових статей та первинних досліджень для виявлення інших досліджень, яких не знайдено в електронному пошуку за ключовими словами.

Стратегія пошуку базувалася на PICO (популярність, втручання, порівняння, результат) моделі таким чином:

- популярність — пацієнти з діагностованим інсультком у підгострій (від 1 до 6 міс.) або хронічній (понад 6 міс.) стадіях;
- втручання — ходьба з AFO;
- порівняння — ходьба без AFO;
- результат — параметри ходи (швидкість ходьби) і робота м'язів.

Були включені такі дослідження: клінічні дослідження за участю пацієнтів з інсультком; дослідження з порівняння результатів оцінок у пацієнтів з AFO та без нього; дослідження з пасивним AFO; перспективні дослідження; дослідження з повним текстом.

Дослідження за участю AFO з функцією електростимуляції, а також дослідження з недостатніми результатами або відсутністю даних були виключені. Відбір досліджень здійснювали шляхом перегляду назв і тез.

Вважали, що P-значення < 0,05 вказують на статистичну значущість. Мета-аналіз проводили лише тоді, коли можна було порівняти два або більше досліджень для кожного елемента опитування. У випадках, коли використовували два або більше ортезів, усі дані по кожному використаному ортезу були включені в аналіз.

Отримані та проаналізовані наукові джерела було розділено на дві групи: зарубіжні та вітчизняні. Із загальної кількості 277 статей, отриманих за допомогою ключових слів, 16 було відібрано після виключення повторюваних статей або статей, що суперечать темі, статей із неясними даними та тих, повний зміст яких неможливо ідентифікувати. Серед них ми перевіряли дизайн дослідження, використовуваний тип AFO, характеристики учасників, кількість включених учасників, змінні результати (біомеханічні та кінематичні параметри) та інструменти оцінювання. Таким чином, загалом у це дослідження було включено 16 робіт.

Першими з таких робіт були праці Corcoran P. J. et al. [5], які вимірювали споживання кисню та параметри ходи у 15 суб'єктів у се-

редньому через 40,8 міс. після інсульту. Усі параметри ходи потребували використання AFO. Дванадцять суб'єктів використовували тростину, а один милицю для передпліччя; усі могли пройти мінімум 305 м без сторонньої допомоги. Суб'єкти або мали мінімум 15° пасивного тильного згинання надп'яtkово-гомiлкового суглоба, або не мали спастичності підошовного згинача, про що свідчив стійкий клонус протягом 5 с або більше у двох з трьох досліджень. У них також спостерігався мінімальний набряк, жодних сенсорних розладів і ознак артеріальної недостатності чи ускладнюючих медичних чи фізичних проблем не відмічено. Усі суб'єкти були протестовані без AFO, а також у пластиковому та в металевому AFO. Слід відмітити, що пластикові AFO були виготовлені на замовлення з гіпсових зліпків ноги та стопи кожного суб'єкта, включаючи підйом п'яти на 2,22 см для чоловіків та 1,59 см для жінок. При цьому щиколотка повинна бути розташована таким чином, щоб дистальний відділ великогомілкової кістки був нахилений вперед на 10° відносно лінії, перпендикулярної підлозі. Для досягнення цілей дослідження металеві AFO також були виготовлені на замовлення для кожного суб'єкта індивідуально. Ці AFO мали алюмінієві стійки, що закінчувалися на 1,27 см нижче шийки малогомілкової кістки. Одинарні надп'яtkово-гомiлкові суглоби зі штифтами були відрегульовані таким чином, щоб гомілка мала такий самий нахил, як у пластикових AFO. Усі суб'єкти також мали нове взуття типу «Оксфорд» для носіння з кожним ортезом. Носіння будь-якого AFO значно зменшувало споживання кисню порівняно з відсутністю ортеза, але різниця залежно від типу ортезів була несуттєвою (11,91 мл · кг · хв<sup>-1</sup> з пластиковим ортезом порівняно з 12,13 мл · кг · хв<sup>-1</sup> з металевим). В обох умовах застосування ортезів комфортна швидкість ходьби була значно кращою порівняно з ходьбою без них. Істотних відмінностей при використанні обох ортезів не спостерігалось (0,085 мл · с<sup>-1</sup> з обома).

James M. Wakeling, Benno M. Nigg [18] у дослідженні ортезів для стопи визначили підвищення загальної інтенсивності ЕМГ (електроміографічних сигналів) більшості м'язів нижніх кінцівок під час фази бігу. При цьому вплив ортезів стопи на м'язову активність відрізнявся між трьома фазами бігу. Таким чином, враховуючи отримані результати досліджень, які показали підвищення активності окремих груп м'язів нижньої кінцівки під час носіння ортезів, можна стверджувати, що ортези на ноги не призводять до атрофії м'язів і не послаблюють стопу і гомілку.

Швидкість ходьби була виміряна в 132 учасників у 15 дослідженнях. Одиниці вимірювання всіх даних дослідження були стандартизовані в метри за секунду. Кожне з наведених нижче досліджень оцінювало два ортези. Burdett R. G. et al. [4] використовували повітряні стремена та металеві/пластикові AFO, а Corcoran et al. і Gök et al. [5, 10] оцінили пластикові та металеві AFO. Yamamoto et al. [26] використовували два типи металевих AFO: один був з опором для підошовного згинання (AFO-PS) із суглобом Клензака, а інший — з опором для підошовного згинання (AFO-OD) з масляним амортизатором. Спостерігався значний сприятливий ефект використання ортезів (табл. 1).

У своїх дослідженнях Burdett R. G. et al. [4] вимірювали час кроку та кут у сагітальній площині надп'яtkово-гомількового суглоба при початковому контакті. Згідно з отриманими даними, час кроку був довшим при використанні повітряних стремени і динамічних AFO, ніж без використання AFO. Крім того, час кроку був коротшим, коли використовувалися металеві/пластикові AFO, ніж тоді, коли AFO не використовували. На основі вимірювання кута в сагітальній площині було підтверджено, що AFO суттєво покращує тильне згинання під час початкового контакту, що значно підвищує швидкість та безпеку ходьби. Крім того, результати проведеного дослідження не виявили негативного впливу на м'язи гомілки.

Gök et al. [10] в дослідженні вимірювали параметри ходьби у 12 пацієнтів із геміпарезом, які були в середньому через 67 днів після ГПМК (діапазон 39–270 днів) за трьох умов: ходьба без ортеза, ходьба з пластиковим ортезом і ходьба з металевим ортезом. Испитований контингент до обстеження під час ходьби користувався одноопорною палицею або штативом і не використовував ортези. При цьому троє осіб мали помірну спастичність підошовних згиначів. Про спастич-

ність решти не повідомляється, але контекст дозволяє зробити припущення, що вона була менш ніж помірна. Під час проведення дослідження обидва ортези були встановлені пацієнтам на щиколотці в нейтральному положенні. Встановлено, що існують значні відмінності між ходьбою з ортезом або без нього відносно довжини кроку та ступеня тильного згинання надп'яtkово-гомількового суглоба під час фаз маху та опори. Відмінності в ходьбі також були виявлені між групами пацієнтів без ортезів та пацієнтами з металевими ортезами, а саме моментом згинання колінного суглоба та швидкістю. Довжина кроку була довшою, швидкість ходьби швидшою, а тильне згинання більшим при використанні пластикових/металевих ортезів. Під час порівняння умов кріплення були виявлені відмінності у швидкості ходьби (металевий —  $0,41 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ; пластиковий —  $0,37 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ), у тильному згинанні надп'яtkово-гомількового суглоба під час стояння (металевий —  $0,37^\circ$ ; пластиковий —  $6,48^\circ$ ), розмаху (металевий —  $3,44^\circ$ ; пластиковий —  $1,29^\circ$ ) і моменті згинання коліна (металевий —  $0,20 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$ ; пластиковий —  $0,32 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$ ). Автори припускають, що металевий AFO значно пришвидшує ходьбу в осіб із тривалим геміпарезом, які ходять повільно, оскільки його жорсткість краще протидіє силам підошовного згинання надп'яtkово-гомількового суглоба, тим самим зменшуючи момент згинання коліна у фазі серединної опори.

Заслужують на увагу дослідження [3, 4, 22–25] з 60 пацієнтами, в яких проаналізовано довжину кроку. Ці дослідження підтвердили збільшення довжини кроку з використанням AFO. Так, результатами дослідження Tyson з порівняння ходьби з шарнірним AFO та без нього продемонстровано значне покращення функціональної рухливості ( $p = 0,000$ ) та усунення деяких порушень ходьби: довжина кроку слабкої ( $p < 0,005$ , 95 % ДІ  $-8,1, -1,6$ ) та здорової ноги

ТАБЛИЦЯ 1 – Швидкість ходи (середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення)

Дослідження	З використанням AFO			Без використання AFO		
	Середнє	Стандартне відхилення	Усього	Середнє	Стандартне відхилення	Усього
Burdett повітряні стремена	0.215	0.091	11	0.191	0.082	11
Burdett металеві/пластикові AFO	0.219	0.069	11	0.191	0.082	11
Gök металеві AFO	0.41	0.16	12	0.32	0.13	12
Gök пластикові AFO	0.37	0.14	12	0.32	0.13	12
Corcoran металеві AFO	0.84	0.2	15	0.75	0.21	13
Corcoran пластикові AFO	0.85	0.2	15	0.75	0.21	13
Yamamoto (AFO-PS)	0.42	0.25	20	0.27	0.12	20
Yamamoto (AFO-OD)	0.37	0.17	20	0.25	0.12	20

( $p < 0,014$ , 95 % ДІ -8, -1), швидкість ( $p = 0,00$ , 95 % ДІ -0,1, - 0,03) і каденції ( $p < 0,002$ , 95 % ДІ -15,1, -3,8) [21]. Одночасно було проведено опитування пацієнтів. Користувачі дуже позитивно відгукнулися про шарнірний АФО. Більшість вважали ортез зручним і відчули, що він покращив їхню ходьбу, зокрема, такі функціональні аспекти, як безпека, впевненість, швидкість і відстань. При цьому вони або не хвилювалися через зовнішній вигляд АФО, або вважали, що переваги вищі за будь-які застереження. Незважаючи на серйозні вади, більшість з них змогли навчитися одягати та знімати ортез самостійно. Авторами підкреслено і функціональне значення для хворих самого реабілітаційного процесу. 88 % пацієнтів без використання шарнірного АФО потребували підтримки або нагляду під час ходьби, проте з використанням шарнірного АФО 84 % пацієнтів могли ходити самостійно. Використання АФО дозволило збільшити практику ходьби під час фізичної терапії та в палаті. Це критично важливий фактор у набутті рухових навичок, і, можливо, шарнірний АФО забезпечив їх незалежність.

Дослідження, проведене Nikamp-Simons [18], показало, що використання АФО зменшило м'язову активність під час маху порівняно з ходьбою без АФО. Проте 26-тижневе застосування АФО не вплинуло на активність переднього великогомілкового м'яза при ходьбі без АФО.

**Дискусія.** Проведений мета-аналіз дає можливість оцінити ефективність АФО щодо швидкості ходьби та сили м'язів у пацієнтів з інсультом. Встановлено, що після носіння АФО учасники відповідних досліджень продемонстрували покращення швидкості ходьби, частоти каденції та підвищення активності окремих груп м'язів нижньої кінцівки [4–9, 17–20]. У багатьох пацієнтів, які перенесли інсульт, спостерігаються порушення ходьби, включаючи повільну швидкість, уповільнений крок і довжину кроку. Крім того, волочіння стопи внаслідок ослабленого згинання надп'ятково-гомількового суглоба та розгинання нижньої кінцівки може спричинити переміщення ноги та ступінчасту ходу для компенсації опору стопи. АФО покращує функцію ходьби та виправляє її аномалії, підтримуючи дорсальне згинання

щиколотки та обмежуючи підошовне згинання та інверсію, запобігає протягуванню стопи по землі, покращує стабільність щиколотки у фазі опори, зменшуючи довжину кроку та сприяє удару п'яти.

Збільшення кута щиколотки при початковому контакті та кута коліна при розриві може свідчити про покращення моделі ходьби. Застосування АФО трохи покращує кожну функцію ходьби або біомеханічні параметри ходьби пацієнтів з інсультом. Усі вдосконалення кожного компонента ходьби покращують амбулаторні можливості пацієнтів з інсультом. Це свідчить про те, що загальна функція ходьби покращується, оскільки біомеханічні та кінематичні параметри, тісно пов'язані з ходьбою та балансом, покращуються завдяки носінню АФО. У розглянутій науково-методичній літературі припускалося, що використання АФО може збільшити м'язову слабкість і, таким чином, перешкоджати відновленню. За останніми даними продемонстровано, що ортези на ноги не призводять до атрофії м'язів і не послаблюють стопу і гомілку.

Спираючись на результати проведеного літературного аналізу можна стверджувати, що АФО є корисним для покращення швидкості ходьби, а також не призводить до атрофії м'язів у пацієнтів з інсультом. Цей мета-аналіз подає основні дані, які можна використовувати як довідкові для надання АФО пацієнтам з інсультом у клінічній практиці. Таким чином, у зазначених публікаціях представлено достатньо ефективного впровадження методу ортезування у постінсультних хворих, проте для кінцевих висновків ефективності і безпеки його застосування для цієї категорії хворих необхідно більше даних, оскільки ті, що представлені, включають відносно невелику кількість пацієнтів за неоднорідний проміжок часу.

**Висновки.** Результати аналізу та узагальнення даних сучасної наукової літератури щодо імплементації методу ортезування в комплекс заходів фізичної терапії дають підставу стверджувати, що це один із перспективних напрямів відновлення порушених рухових функцій, підвищення стабільності ходьби, здатності до пересування та покращення життя пацієнтів, що перенесли ГПМК.

## Література

1. Зозуля ІС, Зозуля АІ, Волосовець АО. Організація та надання медичної допомоги при гострих порушеннях мозкового кровообігу на догоспітальному та госпітальному етапах [Organization and provision of medical care for acute cerebrovascular disorders at the prehospital and hospital stages]. Український медичний часопис. 2016; 4 (114): 24-29.

2. Міщенко ТС, Нікішкова ІМ, Міщенко ВМ, Кутіков ДО. Тягар хвороби малих судин головного мозку. Український вісник психоневрології [The burden of small vessel disease of the brain. Ukrainian Journal of Psychoneurology]. 2016; 24 (3):11-16.

3. Abe H, Michimata A, Sugawara K, Sugaya N & Izumi S. Improving gait stability in stroke hemiplegic patients with a plastic ankle-foot orthosis. Tohoku Journal Exp. Med. 2009; 218: 193-199.

4. Burdett RG, Borello-France D, Blatchly C, Potter C. Gait comparison of subjects with hemiplegia walking unbraced, with ankle-foot orthosis, and with Air-Stirrup brace. *Phys. Ther.* 1988; 68: 1197-1203.
5. Corcoran PJ, Jebsen RH, Brengelmann GL, Simons BC. Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1970; 51: 69-77.
6. Daryabo A, Arazpour M, Aminian G. Effect of different designs of ankle-foot orthoses on gait in patients with stroke: A systematic review. *Gait Posture.* 2018; 62:268-279.
7. de Wit DC, Buurke JH, Nijlant JM, Ijzerman MJ, Hermens H. J. The effect of an ankle-foot orthosis on walking ability in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 2004; 18: 550-557.
8. Dworzynski K, Ritchie G, Fenu E, et al. Rehabilitation after stroke: summary of NICE guidance. *BMJ.* 2013; 346: f3615.
9. Gatti MA. Effects of ankle foot orthosis in stiff knee gait in adults with hemiplegia. *Journal Biomech.* 2012; 45: 2658-2661.
10. Gök H, Küçükdeveci A, Altinkaynak H, Yavuzer G. & Ergin S. Effects of ankle-foot orthoses on hemiparetic gait. *Clin. Rehabil.* 2003; 17: 137-139.
11. Graham J. Foot drop: explaining the causes, characteristics and treatment. *Br Journal Neurosci Nurs.* 2010; 6: 168-172.
12. Hung JW, Chen PC, Yu MY, Hsieh YW. Long-term effect of an anterior ankle-foot orthosis on functional walking ability of chronic stroke patients. *Am. Journal Phys. Med. Rehabil.* 2011; 90: 8-16.
13. Hyndman D, Ashburn A and Stack E. Fall events among people with stroke living in the community: circumstances of falls and characteristics of fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83(2): 165-170.
14. Karunakaran, KK. Kinematic and functional gait changes after the utilization of a foot drop stimulator in pediatrics. *Front. Neurosci.* 2019; 13: 732.
15. Marinho C, Monteiro M, Santos I, et al. Desempenho da marcha e qualidade de vida Nos sobreviventes de AVC: um estudo transversal. *Rev pesq fisio.* 2018; 8: 79-87.
16. Morshed A, Imtiaz AC, Azuddin BM. Computer aided design and fabrication of a custom articulated ankle foot orthosis. *Journal Mech Med Biol.* 2015; 15: 1-4.
17. Mundermann A, Wakeling JM, Nigg BM, Humble RN, Stefanyshyn DJ. Foot orthoses affect frequency components of muscle activity in the lower extremity. *Gait Posture.* 2006; 23(3): 295-302.
18. Nikamp-Simons CDM. The sooner the better?! - Providing ankle-foot orthoses in the rehabilitation after stroke. May 2019, ISBN: 978-90-365-4747-5
19. Shahabi S, Shabaninejad H, Kamali M, Jalali M. Ahmadi Teymourlouy, A. The effects of ankle-foot orthoses on walking speed in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin. Rehabil.* 2020; 34: 145-159.
20. Simons CD, van Asseldonk EH, van der Kooij H, Geurts AC, Buurke JH. Ankle-foot orthoses in stroke: Effects on functional balance, weight-bearing asymmetry and the contribution of each lower limb to balance control. *Clin. Biomech.* 2009; 24: 769-775.
21. Totah D, Menon M, Jones-Hershinow C, et al. The impact of ankle-foot orthosis stiffness on gait: A systematic literature review. *Gait Posture.* 2019; 69: 101-11.
22. Tyson SF, Sadeghi-Demneh E, Nester CJ. A systematic review and meta-analysis of the effect of an ankle-foot orthosis on gait biomechanics after stroke. 2013; 27(10): 879-91.
23. Tyson SF, Thornton HA. The effect of a hinged ankle foot orthosis on hemiplegic gait: Objective measures and users' opinions. *Clin. Rehabil.* 2001;15: 53-58.
24. Wang RY. et al. Effects of an ankle-foot orthosis on balance performance in patients with hemiparesis of different durations. *Clin. Rehabil.* 2005; 19: 37-44.
25. Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2016; 47:e98-e169.
26. Yamamoto S, Tanaka S, Motojima N. Comparison of ankle-foot orthoses with plantar flexion stop and plantar flexion resistance in the gait of stroke patients: A randomized controlled trial. *Prosthet. Orthot. Int.* 2018; 42: 544-553.