

Efectividad de la estimulación eléctrica funcional en comparación a otras terapias de rehabilitación para mejorar la marcha en pacientes con accidente cerebrovascular: Una revisión sistemática y metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados

CAROLINA VARNAVA ZOLEZZI¹, RAÚL SMITH PLAZA^{2,3}, JUAN PABLO APPELGREN GONZÁLEZ^{4,5}, PAULA NAHUELHUAL CARES²

ABSTRACT

Effectiveness of functional electrical stimulation compared to other rehabilitation therapies to improve gait in stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials

Introduction: In patients with Stroke, recovering gait is one of the main rehabilitation goals. Functional Electrical Stimulation (FES) is a modality used for this purpose. **Objective:** To quantify the effectiveness of FES compared to other rehabilitation therapies in improving gait in patients over 14 years of age with Stroke. **Material or Patients and Methods:** Systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials (RCTs). Articles in English or Spanish were selected. The primary outcomes analyzed were walking speed, step length, cadence, aerobic capacity, balance, and spasticity. The risk of bias was assessed using RoB-2. **Results:** A total of 57 articles were selected, including 1163 patients who received FES. Of these, 30 articles were meta-analyzed. FES showed significant improvement in the 10-meter walking speed test for acute and subacute Stroke, step length in chronic Stroke, and the Berg Balance Scale, regardless of the time since Stroke onset. The Modified Ashworth Scale for Spasticity also showed significant differences, independent of the time since Stroke onset. **Conclusion:** FES is more effective than other rehabilitation therapies in improving walking speed in acute and subacute Stroke, step length in chronic Stroke, and balance, regardless of the time since Stroke onset. However, the variability in ages, times since onset, types and severity of Stroke, as well as different types and durations of intervention, suggests caution in interpreting the results.

Keywords: Stroke, gait, functional electric stimulation, systematic review, meta-analysis, adults.

¹Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Clínico Magallanes.

²Facultad de Medicina Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo.

³Subdirección de Desarrollo Académico e Investigación, Teletón Chile.

⁴Translational Research Unit, TrainHealth, CA, US.

⁵Centro de Imágenes Biomédicas, Escuela de Medicina e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Systematic review registry number: PROSPERO CRD42020184682.

Número de registro de revisión sistemática: PROSPERO CRD42020184682.

Recibido: 15-05-2024

Aceptado: 02-12-2024

Correspondencia:

Carolina Varnava Zolezzi
carolina.varnava@gmail.com

RESUMEN

Introducción: En pacientes con Accidente Cerebro Vascular (ACV), recuperar la marcha es uno de los principales objetivos de rehabilitación. La estimulación eléctrica funcional (EEF) es una modalidad utilizada para este propósito. **Objetivo:** Cuantificar la efectividad de la EEF en comparación con otras terapias de rehabilitación para mejorar la marcha en pacientes mayores de 14 años con ACV. **Material o Pacientes y Métodos:** Revisión sistemática y metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados (ECA). Se seleccionaron artículos en inglés o español. Los resultados primarios analizados fueron velocidad de marcha, longitud del paso, cadencia, capacidad aeróbica, balance y espasticidad. El riesgo de sesgo se evaluó con RoB-2. **Resultados:** Se seleccionaron 57 artículos, que incluyeron en total a 1.163 pacientes que recibieron EEF. De estos, se metaanalizaron 30 artículos. La EEF mostró una mejora significativa en el Test de velocidad de marcha en 10 metros para ACV agudo y subagudo, en la longitud del paso en ACV crónico y en la Escala de Equilibrio de Berg, independientemente del tiempo de evolución. La Escala de Espasticidad de Ashworth modificada logró diferencia estadística independiente del tiempo de evolución del ACV. **Conclusión:** La EEF es más efectiva que otras terapias de rehabilitación para mejorar la velocidad de marcha en ACV agudo y subagudo, la longitud del paso en ACV crónico y el balance, independientemente del tiempo de evolución del ACV. Sin embargo, la variabilidad en edades, tiempos de evolución, tipos y severidad de ACV, así como los distintos tipos y tiempos de intervención, sugieren cautela en la interpretación de los resultados.

Palabras clave: Accidente cerebro vascular, marcha, estimulación eléctrica funcional, revisión sistemática, metaanálisis, adultos.

Introducción

A nivel mundial el accidente cerebrovascular (ACV) es la principal causa de discapacidad severa permanente en la población adulta¹, siendo el trastorno motor su principal deficiencia², el cual puede ocasionar trastornos en la marcha que alteran las actividades de la vida diaria (AVD) y/o participación social. Por lo anterior, la marcha pasa a ser uno de los principales objetivos de rehabilitación para los pacientes y sus terapeutas³.

Los principales determinantes de la capacidad de marcha posterior a un ACV son el control motor, fuerza muscular de los miembros inferiores, balance, acondicionamiento cardiovascular y espasticidad, los que, dentro de una marcha funcional, pueden afectar su cadencia, balance, velocidad y distancia máxima recorrida⁴. Para la rehabilitación de estas

variables se han incorporado múltiples tipos de tecnología, siendo uno de estos avances la estimulación eléctrica funcional (EEF)⁵.

La EEF es una modalidad de estimulación neuromuscular (ENM), que mediante estímulos eléctricos bifásicos compensados, activa externamente el sistema neuromuscular luego de una lesión del sistema nervioso central (SNC)⁶, ayudando a restablecer un movimiento funcional específico y/o a disminuir deficiencias secundarias. Los equipos de EEF se diferencian entre ellos según el número de canales, tipos de electrodos (superficiales, percutáneos o implantados), sincronización con otros sistemas aferentes de información (electromiografía de superficie, sensores inerciales y/o sensores de presión) y/o software de interfaz para su programación⁷.

La EEF se utiliza en pacientes con ACV desde los años 70 como neuro-órtesis para

mejorar la función de la marcha⁸. En pacientes con ACV crónico la EEF puede aumentar la calidad de vida, las capacidades motoras y la funcionalidad de la marcha⁹, interviniendo específicamente sobre la fuerza muscular, velocidad de marcha, control de tronco y balance. En cuanto a los pacientes con ACV subagudo, se describe una mejoría en la cadencia del paso, longitud del paso y espasticidad¹⁰.

En los últimos años, han aumentado significativamente los estudios primarios y secundarios que investigan la efectividad de la EEF en pacientes con trastornos de la marcha posterior a un ACV, enfocándose en el pie caído¹¹, uso de ayudas técnicas^{12,13}, velocidad de marcha y estabilidad de la misma¹⁴, pero no existen metaanálisis recientes de ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) que analicen la efectividad de la EEF en comparación a otras terapias de rehabilitación para mejorar la marcha. Considerando lo anterior, el objetivo de esta revisión sistemática y metaanálisis de ECAs, es cuantificar la efectividad de la EEF en comparación a otras terapias de rehabilitación, para mejorar la marcha en pacientes mayores de 14 años con secuelas de ACV.

Material o Pacientes y Métodos

La presente revisión sistemática se realizó siguiendo las recomendaciones de la Colaboración Cochrane¹⁵ y la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) para la publicación de revisiones sistemáticas¹⁶. Su protocolo fue publicado en PROSPERO con el número de registro CRD42020184682.

a) Criterios de selección de los estudios

Tipos de estudios

Los estudios incluidos corresponden a estudios primarios de tipo Ensayo Clínico Aleatorizados (ECAs).

Población

Humanos mayores de 14 años con ACV, independiente de su tiempo de evolución y/o tipo de ACV. Aquellos estudios que presentaron

poblaciones mixtas en edad, o en el tipo de patología, sólo fueron incluidos si el análisis de los datos permitía separar a los mayores de 14 años con ACV. Se considera esta edad por los cambios en la madurez neuromuscular, biomecánicos y menor plasticidad neuronal sobre los 14 años.

Tipos de intervención

Cualquier modalidad de EEF en extremidades inferiores con o sin otra intervención de rehabilitación.

Comparación

Cualquier intervención de rehabilitación de la marcha.

Resultados principales

Se consideraron los registros pre y post intervención para las variables de la marcha: velocidad mediante el Test de velocidad de marcha en 10 metros (TM10mt)¹⁷, longitud del paso (metros), cadencia (pasos/minuto), capacidad aeróbica mediante el Test de marcha en 6 minutos (TM6min)¹⁷, balance mediante la Escala de Equilibrio de Berg (EEB)¹⁸ y Time up and go (TUG)¹⁹, la espasticidad se evaluó por medio de la Escala de Espasticidad Modificada de Ashworth (EEMash)²⁰. Como resultados secundarios se registraron las modalidades de EEF y los efectos adversos. En el caso de los estudios que reportaron mediciones intermedias durante la intervención, solo se consideraron las mediciones iniciales y finales.

b) Estrategia de búsqueda

La búsqueda sistemática se realizó en las siguientes bases de datos biomédicas: MEDLINE (vía PubMed), EMBASE, LILACS, CINAHL, PEDro, OT Seeker, y Web of Science. Además, se revisaron los protocolos de ensayos clínicos registrados en el registro de ensayos clínicos de EE.UU., registro de ensayos clínicos de la Unión Europea, registro de ensayos clínicos de BioMed Central y el registro de ensayos clínicos de la Organización Mundial de la Salud.

Los términos de búsqueda se desarrollaron en Medline, usando una combinación de

términos MeSH (Medical Subject Heading Terms) y texto libre que fue adaptado para las distintas bases de datos en las que se realizó la búsqueda. La estrategia de búsqueda incluyó términos relacionados con accidente cerebro vascular (stroke) y estimulación eléctrica funcional (functional electrical stimulation). La búsqueda se llevó a cabo en mayo/2020.

c) Recolección de datos

Se consideró incluir artículos indexados desde el inicio de cada base de datos hasta la fecha de cierre de la revisión, en los idiomas inglés y español, con un estado de publicación in-press, publicado o literatura gris. Posterior a la búsqueda se eliminaron duplicados mediante el programa Endnote X7.

Los títulos y/o resúmenes de los estudios fueron evaluados de forma independiente por dos revisores para identificar aquellos que cumplían con los criterios de elegibilidad mediante el software Abstrackr²¹. Las discrepancias se resolvieron por un tercer revisor. Posteriormente, los estudios seleccionados fueron leídos a texto completo por dos investigadores independientes para verificar su elegibilidad, los desacuerdos se resolvieron por un tercero.

d) Extracción y análisis de datos

La información fue extraída por dos investigadores independientes, utilizando una planilla de Microsoft Excel. Se recolectó información sobre los participantes del estudio (edad, género, país de origen, entre otros), variables estudiadas, tipo de intervenciones, efectos adversos e información para la evaluación del riesgo de sesgo. Como definición operacional, según el tiempo de evolución del ACV se consideró ACV agudo/subagudo a los pacientes con evolución menor de 6 meses y ACV crónico a los con evolución mayor de 6 meses.

e) Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo se realizó por dos revisores de forma independiente mediante el instrumento Risk of bias in randomised

trials 2 (RoB-2)²² para estudios aleatorizados. Las discrepancias se solucionaron a través de un tercer revisor.

f) Análisis de resultados

Para los resultados principales se realizó análisis cuantitativo de tipo meta-análisis con el Software Review Manager 5.4.1, considerando el tiempo de evolución del ACV. Para las variables no metaanalizables y variables secundarias, se realizó una síntesis narrativa de los hallazgos, estructurados en torno al tipo y características de la intervención, el tipo de resultado, efectos adversos reportados y el riesgo de sesgo.

Resultados

Selección de estudios

La búsqueda electrónica arrojó 3.541 artículos. Posterior a eliminar los artículos duplicados, 1.721 artículos se sometieron a revisión de título y resumen. De estos, 305 artículos resultaron ser potencialmente elegibles y se revisaron a texto completo; 57 artículos cumplieron con los criterios de elegibilidad para su análisis cualitativo y/o cuantitativo, sumando un total de 1.163 pacientes que recibieron alguna intervención con EEF. Finalmente, 30 artículos cumplieron criterios para análisis cuantitativo de tipo metaanálisis (Figura 1), los que finalmente fueron clasificados en subgrupos según el tiempo de evolución del ACV.

Análisis de sesgo

El análisis de riesgo de sesgo de los estudios clasificados se muestra consolidado en la Figura 2. Adicionalmente, cada comparación metaanalizada incluye análisis de sesgo al costado derecho de su respectivo Forest Plot. Para mayor detalle de la evaluación de sesgo, se adjunta una tabulación para todos los estudios clasificados en esta revisión.

Velocidad de marcha

Treinta y nueve artículos analizaron la variable velocidad de marcha²³⁻⁶¹, de los cuales, 30 artículos reportaron mejoría

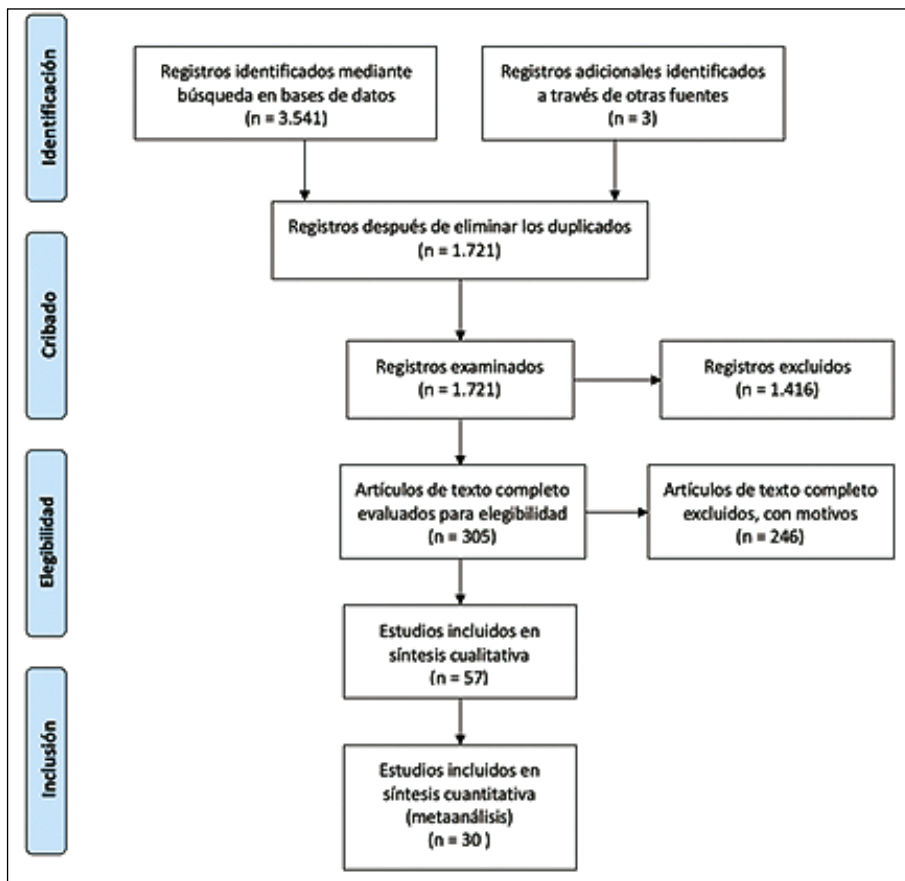


Figura 1. Diagrama de flujo de trabajo según declaración PRISMA.

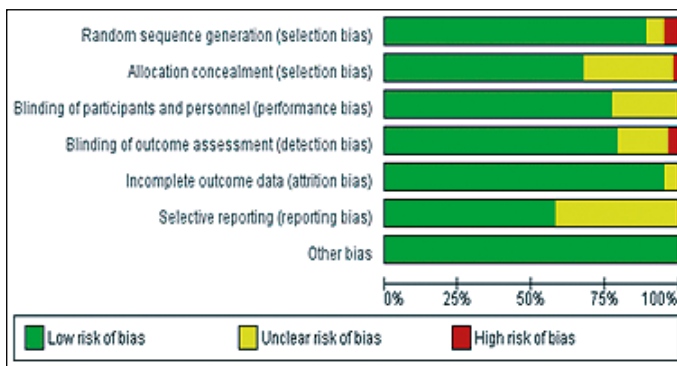


Figura 2. Análisis de riesgo de sesgo de los estudios clasificados.

con significancia estadística posterior a la intervención con EEF, 7 no demostraron significancia estadística^{27,40,45,46,49,52,56} y 2 no reportaron el dato^{30,55}. Los 11 artículos metaanalizados (Figura 3) incluyeron un total de 662 pacientes. Comparando la EEF con

cualquier otro tipo de intervención (grupo control), no se observa una diferencia estadísticamente significativa, a excepción del subgrupo con ACV agudo/subagudo, donde se reporta significancia estadística a favor del grupo intervenido con EEF.

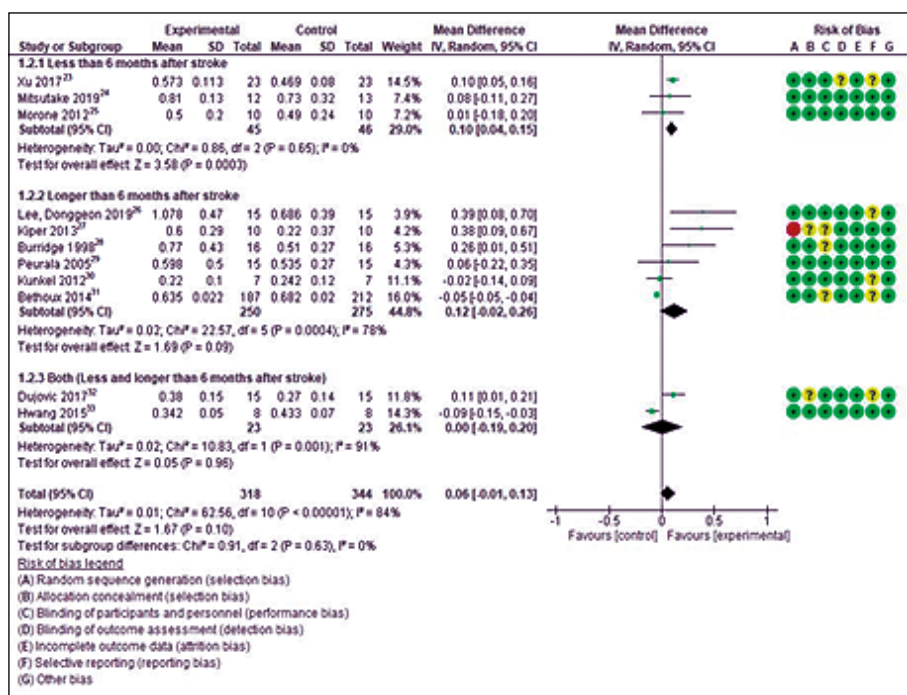


Figura 3. Metaanálisis de la variable velocidad de marcha, evaluado con la prueba Test de Marcha en 6 minutos.

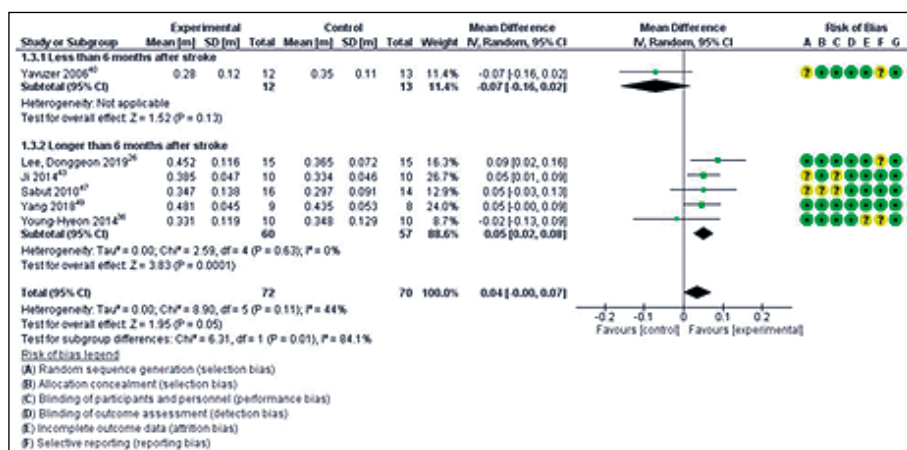


Figura 4. Metaanálisis de la variable longitud de paso.

Longitud del paso

Ocho artículos analizaron la variable longitud de paso^{26,36,40,43,47,49,52,54}, de los cuales 5 artículos reportaron mejoría con significancia estadística posterior a la intervención con EEF^{26,36,43,47,49}. Los 6 artículos metaanalizados (Figura 4) incluyeron

142 pacientes. Al comparar la EEF con cualquier otro tipo de intervención (grupo control) no se observa una diferencia estadísticamente significativa, a excepción del subgrupo con ACV crónico, donde se cuantifica significancia estadística a favor del grupo intervenido con EEF.

Cadencia

Diez artículos analizaron la variable cadencia^{26,36,38,43,47-49,52,54,55}, de los cuales 5 artículos reportaron mejoría con significancia estadística posterior a la intervención con EEF^{26,38,43,47,48} y 2 artículos no reportaron el dato^{54,55}. Los 7 artículos metaanalizados (Figura 5) incluyeron un total de 248 pacientes. Comparando la EEF con cualquier otro tipo de intervención no se observa una diferencia estadísticamente significativa.

Capacidad aeróbica

Catorce artículos analizaron la variable capacidad aeróbica^{27,29,31,34,38,41,44,53,54,57,59,62-64}, de los cuales, 12 artículos reportaron mejoría con significancia estadística posterior a la intervención con EEF y 2 artículos no demostraron significancia estadística en su mejoría^{62,63}. Los 5 artículos metaanalizados (Figura 6) incluyeron un total de 511 pacientes. Al comparar la EEF con cualquier otro tipo de intervención no se observa una diferencia estadísticamente significativa.

Balance

Veintitres artículos analizaron la variable balance^{26,30-34,36,38,42,44-46,54,60,64-72}, de los cuales 18 artículos objetivaron mejoría con significancia estadística posterior a la intervención con EEF, 4 artículos no demostraron significancia estadística^{30,34,38,46} y 1 artículo no reportó el dato⁴⁵.

Comparando la EEF con cualquier otro tipo de intervención se realizaron dos metaanálisis. El metaanálisis de los 16 artículos que utilizaron la EEB (Figura 7) incluyó un total de 807 pacientes y reportó significancia estadística a favor del grupo con EEF independiente del tiempo de evolución del ACV.

El metaanálisis de los 7 artículos que utilizaron la prueba TUG (Figura 8) incluyó un total de 577 pacientes y no observó una diferencia estadísticamente significativa.

Espasticidad

Doce artículos analizaron la variable espasticidad^{23,25,26,37,39,49,52,54,60,67,72,73}, de los cuales 7 artículos reportaron mejoría con significancia estadística posterior a la intervención con EEF, 4 artículos no demostraron significancia estadística^{25,37,39,52} y 1 artículo no reportó el dato⁵⁴. Los 6 artículos metaanalizados utilizaron EEASHM e incluyeron un total de 194 pacientes (Figura 9). Al comparar la EEF con cualquier otro tipo de intervención, se reporta significancia estadística a favor del grupo con EEF, a excepción del subgrupo con ACV crónico, donde no se observa una diferencia estadísticamente significativa.

Del total de ECAs analizados, la EEF se utilizó en las siguientes modalidades: Estimulación del nervio peroneo común y/o músculo tibial anterior (NPC-MTA)^{23,26,27,28,32,40,47,48,53,54,56,59,67,72,74}, NPC-MTA

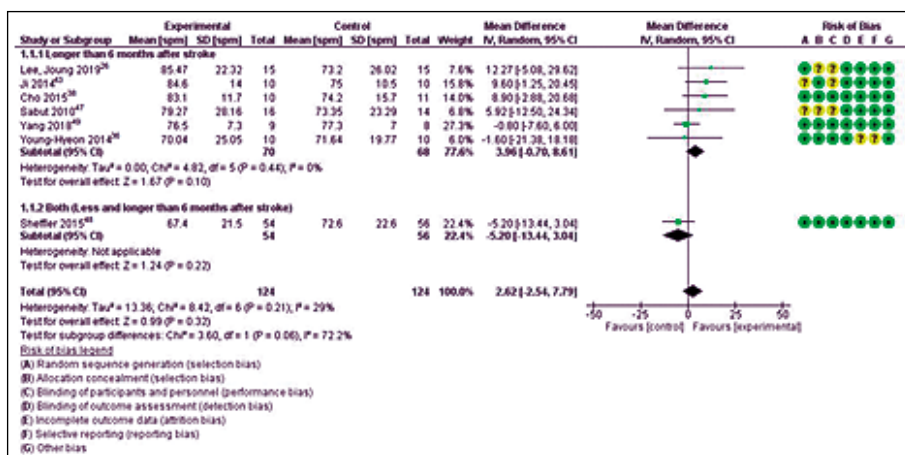


Figura 5. Metaanálisis de la variable cadencia.

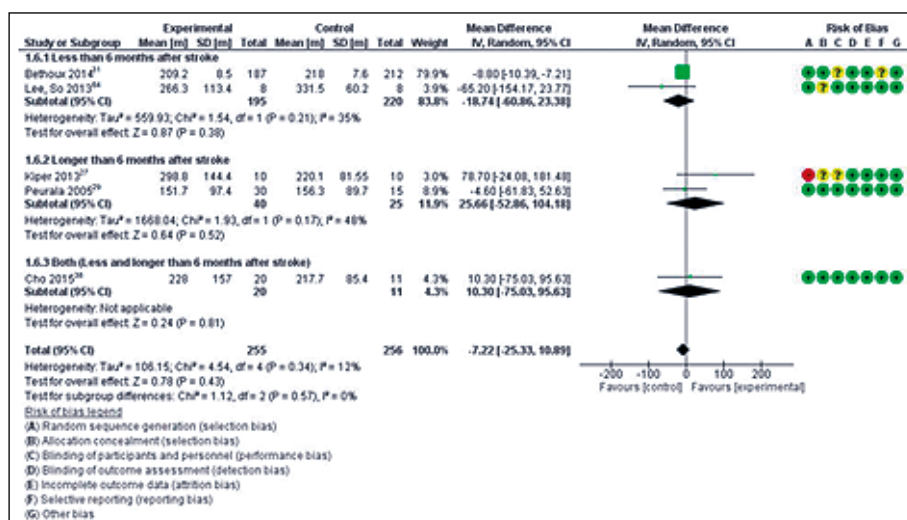


Figura 6. Metaanálisis de la capacidad aeróbica.

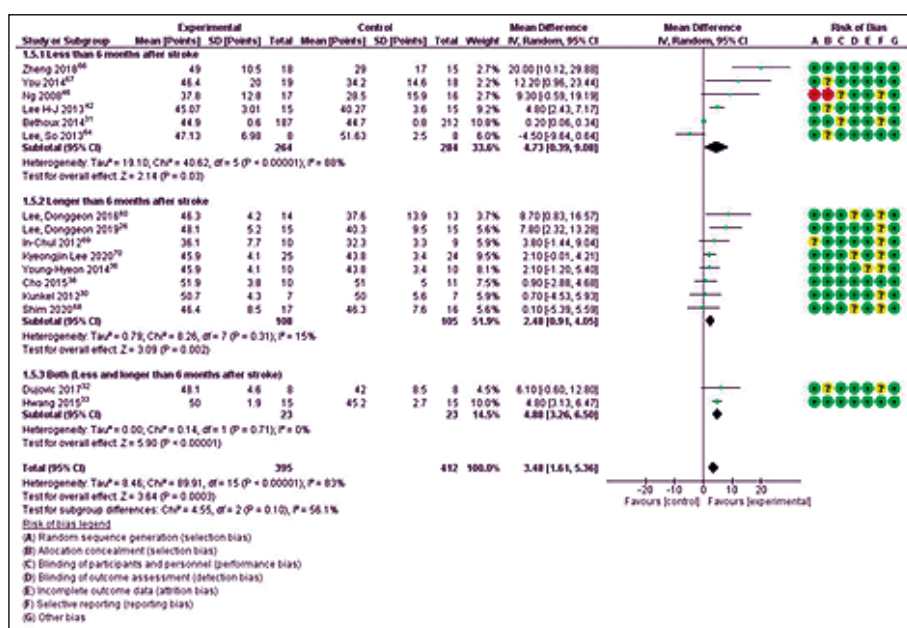


Figura 7. Metaanálisis de la variable Balance (Escala de equilibrio de Berg).

asociado a sensor inercial^{24,25,31,33,34,36,39,43,52,54,61}, asociado a electromiografía de superficie (EMGs)^{24,42,49,61,68,73,75}, combinado con soporte de peso^{29,41,42,45,46,63,76}, cicloergómetro de miembros inferiores^{35,57,64,77,78}, terapias del neurodesarrollo^{47,65,66,71}, terapia en espejo^{23,26,43,60}, sensor en el talón^{44,55,62} entrenamiento específico de la marcha^{45,61,69}, asociado a toxina botulínica^{37,51},

cinta caminadora^{38,33}, entrenamiento específico del equilibrio^{30,39}, EEF aplicado en el arco del pie⁵⁸, Tilt table⁷⁹, asociado a realidad aumentada⁶⁹ y entrenamiento de marcha robotizada³⁶.

En comparación a la EEF, los grupos controles describen las siguientes intervenciones: rehabilitación convencional (n = 22), órtesis de tobillo y pie (OTP) (n = 9), entrenamiento

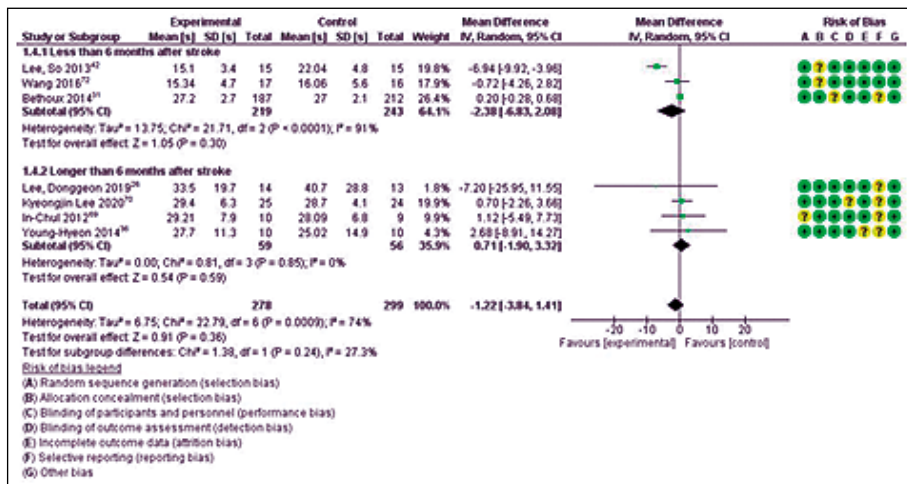


Figura 8. Metaanálisis de la variable Balance (Prueba Timed Up and Go).

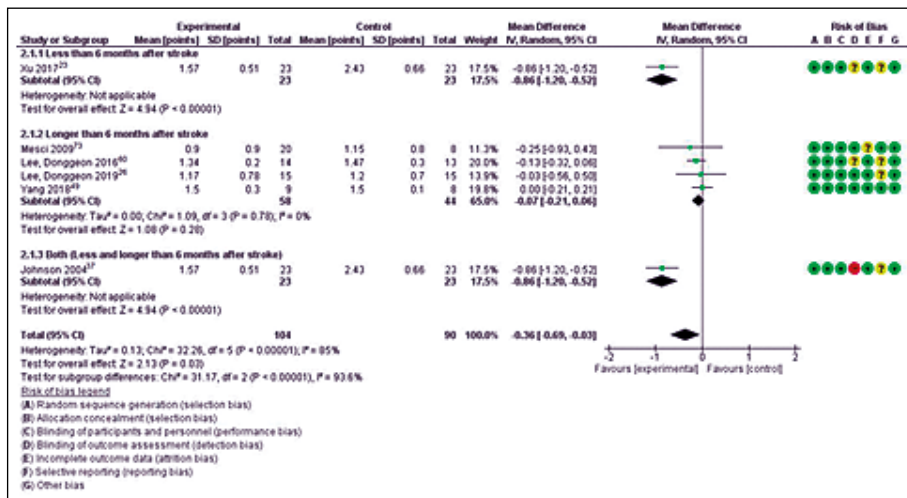


Figura 9. Metaanálisis de la variable espasticidad.

específico de la marcha ($n = 9$), soporte de peso asociado a rehabilitación convencional ($n = 7$), terapias del neurodesarrollo ($n = 3$), rehabilitación asociada a cicloergómetro de extremidades inferiores ($n = 3$), terapia en espejo ($n = 3$), cinta caminadora ($n = 2$), diferentes modalidades de velocidad de marcha (marcha normal y marcha rápida) ($n = 2$), entrenamiento de marcha motorizada ($n = 1$) y entrenamiento específico del equilibrio ($n = 1$).

Respecto al tipo de electrodos, 4 artículos

declararon haber utilizado electrodos implantables^{56,59,63,76}.

En relación a los efectos adversos durante la intervención, 16 artículos declararon haber analizado esta variable. No se reportó ningún efecto adverso grave ni permanente en los grupos intervenidos con EEF o grupo control. En cuanto a los efectos adversos leves tanto el grupo control³⁷ como el intervenido con EEF⁴⁹ presentaron 1 paciente con cefalea, la cual fue atribuida a la intervención específica,

representando el 0,15% y 0,16% de la población intervenida, respectivamente.

Discusión

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF)⁸⁰ considera el trastorno de la marcha como una deficiencia y como una limitación en la actividad de la vida diaria. En nuestro estudio quisimos abordar los componentes y deficiencias que afectan la marcha, ya que, esta es un predictor de riesgo para caídas, fragilidad, institucionalización e incluso mayor mortalidad en personas mayores^{4,81} y, considerando que a nivel mundial el ACV ha aumentado su incidencia en 16.1% entre los años 2007-2017, en su conjunto, el trastorno de la marcha en personas con ACV pasa a ser un problema de salud pública, con deterioro de la calidad de vida y altos costos económicos y sociales⁸².

Se describe que los resultados de la rehabilitación en pacientes con ACV, en cuanto a la capacidad de marcha, marcha funcional y AVD, mejoran al realizar entrenamientos con tareas funcionales de alta intensidad, repetitivas y enfocadas a una actividad específica⁸¹, por lo anterior, al analizar la literatura científica no solamente se debe considerar la metodología y tipos de estudio, sino también si los resultados descritos corresponden a resultados primarios o secundarios de una intervención específica, y si esta diferencia estadísticamente significativa se traduce en una mejoría clínicamente significativa.

En personas con ACV se considera que una intervención realiza un cambio clínicamente significativo en la velocidad de marcha cuando esta aumenta $\geq 0,1$ m/s⁸³, en nuestro estudio para los pacientes con ACV agudo/subagudo la EEF muestra resultados clínicamente significativos 0,1 m/s (IC 95%, 0,04-0,15) en comparación a las otras intervenciones, destacando el estudio de Xu²³ donde se utiliza la EEF en la modalidad estimulación del NPC-MTA combinada con terapia en espejo. A su vez, nuestro estudio no reporta resultados estadísticamente significativos 0,06m/s (IC 95%, -0,01-0,13) al no

considerar el tiempo de evolución del ACV, teniendo un gran peso en esos resultados los estudios de Bethoux³¹ y Hwang³³ que utilizaron la EEF en las modalidades de estimulación de NPC-MTA asociada a sensor inercial y NPC-MTA combinada con entrenamiento en cinta caminadora, respectivamente. Acorde a nuestros resultados, Howlett⁸⁴ describe que la EEF sólo alcanza una mejoría de 0,08 m/s (IC 95%, 0,02-0,15) al analizar ACV subagudos y crónicos en comparación con los grupos de control, este metaanálisis considera 7 estudios ECAs para esta variable. Y, en contraste a lo anterior, el metaanálisis de Busk⁸⁵ objetiva que la EEF en miembros inferiores comparada con rehabilitación activa en cualquier modalidad sin uso de EEF, mejora clínicamente la velocidad de marcha en 0,15m/s (IC 95%, 0,08-0,21).

Dentro de la modalidad específica de EEF para estimular el nervio peroneo en forma no supervisada, un metanálisis de 2020⁸⁶ reporta que la EEF no mejoró la velocidad de la marcha en comparación con los tratamientos convencionales 0,092 m/s (IC 95%, -0,34-0,53), pero sí al utilizarla de forma combinada con fisioterapia supervisada, siendo mejor que los ejercicios supervisados sin EEF 0,51 m/s (IC 95%, 0,16-0,86).

Respecto a otras intervenciones específicas sobre la velocidad de marcha en pacientes con ACV, cabe mencionar los resultados de diferentes metaanálisis al utilizar: cicloergómetro de miembros inferiores, 0,30 m/s (IC 95%: 0,05-0,55)⁸⁷; terapia de espejo 0,1 m/s (IC 95%: 0,08-0,12)⁸⁸; entrenamiento de la marcha sobre el suelo 0,12 m/s (IC 95%, 0,05-0,18)⁸⁹ y ejercicios de estabilidad del tronco 0,27 m/s (IC 95% 0,1-0,52)⁹⁰.

Llama la atención los resultados contradictorios respecto al uso de OTP, donde Nascimento⁹¹ reporta que las OTP y la EEF aumentaron significativamente la velocidad al caminar en pacientes con ACV, en comparación con ninguna intervención/placebo, 0,24 m/s (IC 95%, 0,06-0,41) y 0,09 m/s (IC 95%, 0,03-0,14) respectivamente; pero Shahabi⁹² reporta la no existencia de beneficios de las OTP sobre la velocidad de marcha en pacientes con ACV 0,41 m/s (IC 95%, -0,15-0,96).

Para la variable longitud de paso, consi-

derando como valores normales una longitud media de 67cm en mujeres y 76,2cm en hombres⁹³, en pacientes con ACV se estima que una intervención genera cambios clínicamente significativos cuando la longitud del paso aumenta por sobre los 0,25 cm (0,025 m)⁹⁴. Nuestro estudio reporta cambios estadísticos y clínicamente significativos en los pacientes con ACV crónico (SMD 0,05; IC 95%, 0,02-0,08). Al analizar nuestro reporte global de esta variable, no se alcanza significancia estadística debido al único artículo que estudió esta variable en pacientes con ACV subagudo⁴⁰, en la cual, la terapia convencional en comparación a la estimulación del nervio peroneo con EEF, mostró mejores resultados sin significancia estadística.

Para la cadencia del paso, ninguno de los estudios metaanalizados mostró diferencias estadísticamente significativas entre las intervenciones con EEF y los grupos control, destacando la variabilidad en el tipo de intervenciones utilizadas, tanto los grupos controles como para las modalidades de EEF.

En relación a la capacidad de marcha, para realizar marcha comunitaria se considera como predictor positivo el lograr una velocidad mayor a 25 m/min (0,416m/seg), lo que se relaciona con una mayor resistencia aeróbica, fuerza muscular de la extremidades inferiores, equilibrio y menor miedo a las caídas^{4,95}. Respecto a la resistencia aeróbica, el TM6min considera para los pacientes con ACV el incrementar en 13% el registro basal y/o lograr una mejora de 54 a 80 metros como la mínima diferencia que representa una mejora clínica real⁹⁶. En nuestro estudio, cinco de los ECAs analizados para esta variable lograron mejoría clínica según la definición descrita^{29,64}, pero al comparar su efectividad con los grupos control no se observó superioridad por ninguna de las intervenciones. En contraste a lo anterior, el metaanálisis realizado por Nindorera⁸⁹ reportó que el entrenamiento de la marcha sobre el suelo (sin EEF) mejora significativamente la resistencia al caminar, la participación y calidad de vida.

Múltiples autores han analizado cómo diferentes intervenciones podrían mejorar el balance en personas con ACV, destacando

los metaanálisis con resultados favorables al realizar intervenciones con cicloergómetro de miembros inferiores⁸⁷, terapia de espejo⁸⁸, entrenamiento de caminata en cinta⁸⁹ y entrenamiento acuático⁹⁷. Gamble⁹⁰ reportó que adicionar ejercicios de estabilidad del core a la fisioterapia habitual mejora el control del tronco (SMD 0,94; IC 95%, 0,44-1,44) y el equilibrio dinámico funcional (SMD 1,23; IC 95%, 0,5-1,97) en personas con ACV agudo y crónico.

Respecto al uso de la EEF en el balance de pacientes con ACV, Shariat⁸⁷ reportó que la EEF combinada con cicloergómetro tiene efectos positivos por sobre los beneficios observados con el cicloergómetro aplicado en forma aislada. Del mismo modo, cuando se comparó la FES con los tratamientos convencionales para mejorar el equilibrio⁸⁶, se observó una mejoría en la dorsiflexión del tobillo, el equilibrio y la movilidad funcional a favor de la EEF. Pero al comparar específicamente el uso de OTP y la EEF por separado, ninguna intervención demostró ser mejor que la otra⁹¹. En contraste a lo anterior, Busk⁸⁵ reportó que la EEF en miembros inferiores no genera diferencias en la escala de equilibrio de Berg (SMD 1,73; IC 95%, -2,8-6,27). Este metaanálisis incluyó sólo estudios de tipo ECA.

Respecto a nuestro estudio, al evaluar la EEB, se observó que la EEF es estadísticamente superior a las otras intervenciones (SMD 3,48; IC 95%, 1,61-5,36) destacando dentro de los 16 ECA metaanalizados los artículos de Zheng⁶⁶ y You⁶⁷, que lograron una mejoría clínicamente significativa, lo cual se define para personas con ACV como una mejoría en 12,5 puntos en la escala de equilibrio de Berg⁹⁸. Por otra parte, nuestro estudio al analizar el TUG, el cual para personas con ACV es clínicamente significativo al disminuir en 23% el tiempo de la prueba⁹⁶, identificó 4 artículos que obtuvieron resultados clínicamente significativos^{33,42,69,72}, pese a lo anterior, no se encontraron diferencias significativas en la efectividad de la EEF al compararlas con los grupos control.

Metaanálisis recientes han reportado resultados beneficiosos al utilizar ondas de choque⁹⁹, estimulación eléctrica transcutánea¹⁰⁰ y punción seca¹⁰¹ para reducir la espasticidad

en los miembros inferiores de los pacientes con ACV. Por el contrario, la terapia de espejo no ha demostrado disminuir la espasticidad en los músculos del tobillo (MD -0,14, IC 95%, -0,43-0,15⁸⁸). Respecto al uso combinado de la EEF con otras terapias de rehabilitación para el manejo de la espasticidad Ambrosini¹⁰² reportó no encontrar diferencias significativas al utilizar cicloergómetro asistido con EEF en comparación con la rehabilitación habitual. Por otra parte, se describe que la estimulación eléctrica como terapia adyuvante a la toxina botulínica tipo A (BTX-A) puede potenciar la acción de la BTX-A en la reducción de la espasticidad del adulto, pero la variabilidad de las intervenciones con estimulación eléctrica dificulta recomendar la terapia combinada en la práctica clínica¹⁰³.

Para la EEASHM, las diferencias de promedio mínimamente significativas para obtener un efecto clínico real son entre 0,45 y 0,73 puntos¹⁰⁴, por lo tanto, si bien nuestro estudio reporta un beneficio estadísticamente significativo respecto a la superioridad de la EEF por sobre los grupos control para el manejo de la espasticidad en pacientes con ACV independiente de su tiempo de evolución (SMD -0,36; IC 95%, -0,69, -0,33), esta diferencia no logra beneficios clínicamente significativos por sobre los grupos control. Pese a lo anterior, se puede objetivar que 2 de los ECA metaanalizados obtuvieron beneficios clínicamente significativos para el manejo de la espasticidad^{23,37}.

Respecto al reporte de efectos adversos solamente 16 ECAs reportaron haber realizado seguimiento de esta variable, lo cual es un número muy bajo considerando que tanto la EEF como algunos tipos de intervención utilizados en los grupos control pueden considerarse invasivos.

En cuanto al análisis y evaluación de sesgo, los autores reconocen tres puntos de importancia, en primer lugar, la mayoría de los estudios no realizaron análisis por intención de tratar, este concepto busca garantizar lo logrado con la randomización de los pacientes: un adecuado equilibrio de los factores confundentes. Si bien es razonable analizar sólo aquellos pacientes que cumplieron con el protocolo,

en rehabilitación es bien sabido que uno de los factores más importantes, es la adherencia a la terapia, por lo tanto, no mostrar aquellos que no cumplieron el 100% del protocolo de estudio nos aleja de la realidad; por otra parte, el mismo seguimiento de los pacientes que no cumplen a cabalidad sus protocolos (tanto de control como de intervención) o que se retiran anticipadamente por diversas razones debe ser reportado por los autores con los detalles suficientes para entender el comportamiento de los participantes; por último, un ítem relevante a la hora de analizar el sesgo es el de un adecuado cegamiento de las partes (pacientes, terapeutas y evaluadores externos). En general, en los estudios sometidos a revisión, el cegamiento de participantes y terapeutas se hace impracticable, dado que el estímulo eléctrico genera dorsiflexión del tobillo, o al menos una contracción visible del vientre muscular estimulado. A nuestro juicio, y en consideración de lo expuesto, creemos que la parte más relevante que debe ser necesariamente “ciega” en este tipo de estudios, es quien evalúa a los participantes en cada etapa del proceso.

Considerando que en pacientes con ACV la tele-rehabilitación no es inferior a la terapia convencional presencial¹⁰⁵ y que se valoran los múltiples usos posible de la EEF dentro de terapias domiciliarias, específicamente para pacientes con trastornos neurológicos y músculo esqueléticos¹⁰⁶, futuros estudios deberían evaluar el impacto de la EEF domiciliaria en comparación a otras terapias de rehabilitación a distancia, lo cual podría aclarar posibles beneficios para los pacientes con mayor dificultad para realizar sus traslados, sea por motivos de deficiencias motoras, económicos y/o geográficos.

En el ámbito hospitalario, es de esperar que otros avances tecnológicos que ya han demostrado su eficacia clínica en pacientes con ACV, como por ejemplo las interfaces cerebro-computador¹⁰⁷ o la realidad virtual¹⁰⁹ puedan integrar a la EEF como un coadyuvante en el proceso de rehabilitación.

Pese a los buenos resultados reportados en nuestra revisión a favor de la EEF, la decisión clínica de emplear EEF en un paciente con ACV debe ser tomada considerando la indi-

vidualidad e integralidad del paciente, el cual puede presentar barreras/facilitadores u otras deficiencias (cognitivas, sensitivas, sensoriales o del lenguaje) las cuales no fueron abordadas en los estudios analizados.

En conclusión, la efectividad de la EEF, en comparación a otras terapias de rehabilitación, es superior estadística y clínicamente significativa para mejorar la velocidad de marcha en pacientes con ACV agudo/subagudo, la longitud del paso para pacientes con ACV crónico y para el balance (en la EEB). Para la variable espasticidad la EEF sólo logró resultados estadísticamente significativos, independiente del tiempo de evolución del ACV. Sin embargo, la enorme variabilidad en las edades, tiempos de evolución, tipos y severidad de ACV, así como los distintos tipos y tiempos de intervención, hacen que cualquier conclusión, por mayor que sea la significancia del resultado, sea objeto de cuestionamiento.

Limitantes del estudio

Como limitantes de esta revisión sistemática y metaanálisis reconocemos el tiempo transcurrido entre la búsqueda sistemática y presentación (publicación) del trabajo y el haber incluido sólo ECA en los idiomas inglés y español.

Referencias Bibliográficas

1. Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, Delling FN, Djousse L, Elkind MSV, Ferguson JF, Fornage M, Khan SS, Kissela BM, Knutson KL, Kwan TW, Lackland DT, Lewis TT, Lichtman JH, Longenecker CT, Loop MS, Lutsey PL, Martin SS, Matsushita K, Moran AE, Mussolino ME, Perak AM, Rosamond WD, Roth GA, Sampson UKA, Satou GM, Schroeder EB, Shah SH, Shay CM, Spartano NL, Stokes A, Tirschwell DL, VanWagner LB, Tsao CW; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2020;141(9):e139-e596.
2. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol* 2009; 8: 741–54.
3. Bohannon RW, Andrews AW, Smith MB. Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res*. 1988;11(2):181–183
4. Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: A synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother*. 2007;7(10):1417–36.
5. Kafri M, Laufer Y. Therapeutic effects of functional electrical stimulation on gait in individuals post-stroke. *Ann Biomed Eng*. 2015;43(2):451–66.
6. Bosch PR, Harris JE, Wing K. Review of therapeutic electrical stimulation for dorsiflexion assist and orthotic substitution from the american congress of rehabilitation medicine stroke movement interventions subcommittee. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(2):390–6.
7. Peckham PH, Knutson JS. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. *Annu Rev Biomed Eng*. 2005;7:327–60.
8. Waters R, Rhoades M, Montgomery J. Improvement of physical function after stroke: surgical and orthotic management. *J Am Geriatr Soc*. 1975;23(6):248–53.
9. Romera-De Francisco L, Jimenez-Del Barrio S. Effectiveness of functional electrical stimulation in stroke patients: a systematic review. *Rev Neurol*. 2016;63(3):109–18.
10. You G, Liang H, Yan T. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(3):381–9.
11. Prenton S, Hollands KL, Kenney LP. Functional electrical stimulation versus ankle foot orthoses for foot-drop: A meta-analysis of orthotic effects. *J Rehabil Med*. 2016;5;48(8):646–56.
12. Nascimento LR, da Silva LA, Araújo Barcellos JVM, Teixeira-Salmela LF. Ankle-foot orthoses and continuous functional electrical stimulation improve walking speed after stroke: a systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials. *Physiotherapy*. 2020;109:43–53.
13. 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(2):145–59.
14. Nindorera F, Nduwimana I, Thonnard JL, Kossi O. Effectiveness of walking training on balance, motor functions, activity, participation and quality of life in people with chronic stroke: a systematic review with meta-analysis and meta-regression of recent randomized controlled trials. *Disabil Rehabil*. 2021;14:1–12.

15. Cumpston M, Li T, Page MJ, Chandler J, Welch VA, Higgins JP, Thomas J. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;10:ED000142.
16. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement *BMJ*. 2009;339:b2535.
17. Tyson S, Connell L. The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2009;23(11):1018-33.
18. Mao HF, Hsueh IP, Tang PF, Sheu CF, Hsieh CL. Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients. *Stroke*. 2002;33(4):1022-27.
19. Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, Patten C, Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. 2005;37(2):75-82.
20. Katz RT, Rovai GP, Brait C, Rymer WZ. Objective quantification of spastic hypertonia: correlation with clinical findings. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(4):339-47.
21. Wallace BC, Small K, Brodley CE, Lau J, Trikalinos TA, editors. Deploying an interactive machine learning system in an evidence-based practice center: abstract. *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*; 2012: ACM
22. Higgins JP, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, Savovic J, Schulz KF, Weeks L, Sterne JA; Cochrane Bias Methods Group; Cochrane Statistical Methods Group. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011;343:d5928.
23. Xu Q, Guo F, Salem HMA, Chen H, Huang X. Effects of mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation on motor recovery of lower limbs and walking ability of patients with stroke: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*. 2017;31(12):1583-91.
24. Mitsutake T, Sakamoto M, Horikawa E. The effects of electromyography-triggered neuromuscular electrical stimulation plus tilt sensor functional electrical stimulation training on gait performance in patients with subacute stroke: a randomized controlled pilot trial. *Int J Rehabil Res*. 2019;42(4):358-64.
25. Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: A randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:1-5.
26. Lee D, Lee G. Effect of afferent electrical stimulation with mirror therapy on motor function, balance, and gait in chronic stroke survivors: A randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2019;55(4):442-9.
27. Kiper P, Baba A, Rossi S, Piccione F. Functional electrical stimulation for foot drop syndrome: The effect on velocity and gait endurance - Preliminary data Functional electrical stimulation for foot drop syndrome : The effect on velocity and gait endurance – preliminary data *Elektrostym. Med Rehabil*. 2013;17(3):23-8.
28. Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA, Wood DE, Swain ID. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking. A randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil*. 1998;12(2):163.
29. Peurala SH, Tarkka IM, Pitkänen K, Sivenius J. The effectiveness of body weight-supported gait training and floor walking in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1557-64.
30. Kunkel D, Pickering RM, Burnett M, Littlewood J, Burridge JH, Ashburn A. Functional electrical stimulation with exercises for standing balance and weight transfer in acute stroke patients: A feasibility randomized controlled trial. *Neuromodulation*. 2013;16(2):168-77.
31. Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, Abrams GM, Annaswamy TM, Brandstater M, et al. The effects of peroneal nerve functional electrical stimulation versus ankle-foot orthosis in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(7):688-97.
32. Dujović SD, Malešević J, Malešević N, Vidaković AS, Bijelić G, Keller T, et al. Novel multi-pad functional electrical stimulation in stroke patients: A single-blind randomized study. *NeuroRehabilitation*. 2017;41(4):791-800.
33. Hwang DY, Lee HJ, Lee GC, Lee SM. Treadmill training with tilt sensor functional electrical stimulation for improving balance, gait, and muscle architecture of tibialis anterior of survivors with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Technol Heal Care*. 2015;23(4):443-52.
34. Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, Abrams GM, Annaswamy T, Brandstater M, et al. Long-Term Follow-up to a Randomized Controlled Trial Comparing Peroneal Nerve Functional Electrical Stimulation to an Ankle Foot Orthosis for Patients with Chronic Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(10):911-22.
35. Ambrosini E, Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F. Cycling induced by electrical stimulation impro-

- ves motor recovery in postacute hemiparetic patients: A randomized controlled trial. *Stroke*. 2011;42(4):1068–73.
36. Bae YH, Ko YJ, Chang WH, Lee JH, Lee KB, Park YJ, et al. Effects of robot-assisted gait training combined with functional electrical stimulation on recovery of locomotor mobility in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(12):1949–53.
37. BurrIDGE JH, Strike PW, Wood DE, Swain ID. The effect of combined use of botulinum toxin type A and functional electric stimulation in the treatment of spastic drop foot after stroke: A preliminary investigation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):902–9.
38. Cho MK, Kim JH, Chung Y, Hwang S. Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis. *Gait Posture*. 2015;42(1):73–8.
39. Cheng JS, Yang YR, Cheng SJ, Lin PY, Wang RY. Effects of Combining Electric Stimulation With Active Ankle Dorsiflexion While Standing on a Rocker Board: A Pilot Study for Subjects With Spastic Foot After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(4):505–12.
40. Yavuzer G, Geler-Külcü D, Sonel-Tur B, Kutlay S, Ergin S, Stam HJ. Neuromuscular electric stimulation effect on lower-extremity motor recovery and gait kinematics of patients with stroke: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(4):536–40.
41. Daly JJ, Zimbelman J, Roenigk KL, McCabe JP, Rogers JM, Butler K, et al. Recovery of coordinated gait: Randomized controlled stroke trial of functional electrical stimulation (FES) versus no FES, with weight-supported treadmill and over-ground training. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25(7):588–96.
42. Lee HJ, Cho KH, Lee WH. The effects of body weight support treadmill training with power-assisted functional electrical stimulation on functional movement and gait in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013;92(12):1051–9.
43. Ji SG, Cha HG, Kim MK, Lee CR. The effect of mirror therapy integrating functional electrical stimulation on the gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(4):497–9.
44. Kluding PM, Dunning K, O'Dell MW, Wu SS, Ginosian J, Feld J, et al. Foot drop stimulation versus ankle foot orthosis after stroke: 30-week outcomes. *Stroke*. 2013;44(6):1660–9.
45. Tong RK, Ng MF, Li LS. 214, 219 Effectiveness of Gait Training Using an Electromechanical Gait Trainer, With and Without Functional Electric Stimulation, in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(10):1298–304.
46. Ng MFW, Tong RKY, Li LSW. A pilot study of randomized clinical controlled trial of gait training in subacute stroke patients with partial body-weight support electromechanical gait trainer and functional electrical stimulation: Six-month follow-up. *Stroke*. 2008;39(1):154–60.
47. Sabut SK, Sikdar C, Mondal R, Kumar R, Mahadevappa M. Restoration of gait and motor recovery by functional electrical stimulation therapy in persons with stroke. *Disabil Rehabil*. 2010;32(19):1594–603.
48. Sheffler L, Taylor PN, Bailey SN, Gunzler DD, Buurke JH. Surface Peroneal Nerve Stimulation in Lower Limb Hemiparesis Effect on Quantitative Gait Parameters Authors : Affiliations : *Am J Phys Med Rehabil*. 2015;94(5):341–57.
49. Yang YR, Mi PL, Huang SF, Chiu SL, Liu YC, Wang RY. Effects of neuromuscular electrical stimulation on gait performance in chronic stroke with inadequate ankle control - A randomized controlled trial. *PLoS One*. 2018;13(12):1–13.
50. Gould A, Ashburn A, Taylor P. The use of functional electrical stimulation as a treatment intervention to improve walking ability in a sub-acute stroke population. *Int J Stroke*. 2015;10:49.
51. Johnson CA, Wood DE, Swain ID, Tromans AM, Strike P, BurrIDGE JH. A pilot study to investigate the combined use of botulinum neurotoxin type A and functional electrical stimulation, with physiotherapy, in the treatment of spastic dropped foot in subacute stroke. *Artif Organs*. 2002;26(3):263–6.
52. Ghédira M, Albertsen IM, Mardale V, Gracies JM, Bayle N, Hutin É. Wireless, accelerometry-triggered functional electrical stimulation of the peroneal nerve in spastic paresis: A randomized, controlled pilot study. *Assist Technol*. 2017;29(2):99–105.
53. Wilkinson I, BurrIDGE J, Taylor P SP. Feasibility of combining physiotherapy and electrical stimulation to improve gait in patients less than 6 months post stroke. *Int J stroke*. 2011;6:12.
54. Karniel N, Raveh E, Schwartz I, Portnoy S. Functional electrical stimulation compared with ankle-foot orthosis in subacute post stroke patients with foot drop: A pilot study. *Assist Technol*. 2019;1–8.
55. Salisbury L, Shiels J, Todd I, Dennis M. A feasibility study to investigate the clinical application of functional electrical stimulation (FES), for dropped foot, during the sub-acute phase of stroke – A randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract*. 2013;29(1):31–40.

56. Kottink AIR, Hermens HJ, Nene A V., Tenniglo MJ, Groothuis-Oudshoorn CG, Ijzerman MJ. Therapeutic effect of an implantable peroneal nerve stimulator in subjects with chronic stroke and footdrop: A randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2008;88(4):437–48.
57. Peri E, Ambrosini E, Pedrocchi A, Ferrigno G, Nava C, Longoni V, et al. Can FES-augmented active cycling training improve locomotion in post-acute elderly stroke patients? *Eur J Transl Myol.* 2016;26(3):187–92.
58. Spaich EG, Svaneborg N, Jørgensen HRM, Andersen OK. Rehabilitation of the hemiparetic gait by nociceptive withdrawal reflex-based functional electrical therapy: A randomized, single-blinded study. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;11(1):1–10.
59. Kottink AI, Hermens HJ, Nene A V., Tenniglo MJ, van der Aa HE, Buschman HP, et al. A Randomized Controlled Trial of an Implantable 2-Channel Peroneal Nerve Stimulator on Walking Speed and Activity in Poststroke Hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(8):971–8.
60. Lee D, Lee G, Jeong J. Mirror therapy with neuromuscular electrical stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technol Heal Care.* 2016;24(4):503–11.
61. Kojović J, Djurić-Jovičić M, Došen S, Popović MB, Popović DB. Sensor-driven four-channel stimulation of paretic leg: Functional electrical walking therapy. *J Neurosci Methods.* 2009;181(1):100–5.
62. Block TM, Rawat S, Brosnart CL, Francisco S. Reducing the cost of transport and increasing walking distance after stroke: A randomized controlled trial on fast locomotor training combined with functional electrical stimulation. *Neurorehabil Neural Repair.* 2017;30(7):69–81.
63. Daly JJ, Roenigk K, Holcomb J, Rogers JM, Butler K, Gansen J, et al. A randomized controlled trial of functional neuromuscular stimulation in chronic stroke subjects. *Stroke.* 2006;37(1):172–8.
64. Lee SY, Kang SY, Im SH, Kim BR, Kim SM, Yoon HM, et al. The effects of assisted ergometer training with a functional electrical stimulation on exercise capacity and functional ability in subacute stroke patients. *Ann Rehabil Med.* 2013;37(5):619–27.
65. Tan Z, Liu H, Yan T, Jin D, He X, Zheng X, et al. The effectiveness of functional electrical stimulation based on a normal gait pattern on subjects with early stroke: A randomized controlled trial. *Biomed Res Int.* 2014;2014:1–9.
66. Zheng X, Chen D, Yan T, Jin D, Zhuang Z, Tan Z, et al. A randomized clinical trial of a functional electrical stimulation mimic to gait promotes motor recovery and brain remodeling in acute stroke. *Behav Neurol.* 2018;2018:1–10.
67. You G, Liang H, Yan T. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. *NeuroRehabilitation.* 2014;35(3):381–9.
68. Shim J, Hwang S, Ki K, Woo Y. Effects of EMG-triggered FES during trunk pattern in PNF on balance and gait performance in persons with stroke. *Restor Neurol Neurosci.* 2020;38(2):141–50.
69. Kim IC, Lee BH. Effects of augmented reality with functional electric stimulation on muscle strength, balance and gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(8):755–62.
70. Lee K. Balance training with electromyogram-triggered functional electrical stimulation in the rehabilitation of stroke patients. *Brain Sci.* 2020;10(2):80.
71. Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: A randomized placebo-controlled trial. *Stroke.* 2005;36(1):80–5.
72. Wang YH, Meng F, Zhang Y, Xu MY, Yue SW. Full-movement neuromuscular electrical stimulation improves plantar flexor spasticity and ankle active dorsiflexion in stroke patients: A randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2016;30(6):577–86.
73. Mesci N, Ozdemir F, Kabayel DD, Tokuc B. The effects of neuromuscular electrical stimulation on clinical improvement in hemiplegic lower extremity rehabilitation in chronic stroke: A single-blind, randomised, controlled trial. *Disabil Rehabil.* 2009;31(24):2047–54.
74. Macdonell RAL, Triggs WJ, Leikaukas J, Bourque M, Robb K, Day BJ, et al. Functional electrical stimulation to the affected lower limb and recovery after cerebral infarction. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 1994;4(3):155–60.
75. Kawakami K, Miyasaka H, Nonoyama S, Hayashi K, Tonogai Y, Tanino G, et al. Randomized controlled comparative study on effect of training to improve lower limb motor paralysis in convalescent patients with post-stroke hemiplegia. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(9):2947–50.
76. Daly JJ, Roenigk KL, Butler KM, Gansen JL, Fredrickson E, Marsolais EB, et al. Response of sagittal plane gait kinematics to weight-supported treadmill training and functional neuromuscular stimulation following stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2004;41(6 A):807–20.
77. Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F. Cycling induced by functional electrical stimulation improves

- the muscular strength and the motor control of individuals with post-acute stroke. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2008;44(2):159–67.
78. Bauer P, Krewer C, Golaszewski S, Koenig E, Müller F. Functional electrical stimulation-assisted active cycling - Therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: A randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(2):188–96.
 79. Solopova IA, Tihonova DY, Grishin AA, Ivanenko YP. Assisted leg displacements and progressive loading by a tilt table combined with FES promote gait recovery in acute stroke. *NeuroRehabilitation*. 2011;29(1):67–77.
 80. WHO. Clasificación Internacional del Funcionamiento. World Heal Organ. 2001;1–1189
 81. Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: A synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother*. 2007;7(10):1417–36.
 82. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016;47: 98–169.
 83. Evers SM, Struijs JN, Ament AJ, van Genugten ML, Jager JH, van den Bos GA. International comparison of stroke cost studies. *Stroke*. 2004;35(5):1209–1215.
 84. Chui K, Hood E, Klima D. Meaningful change in walking speed. *Top Geriatr Rehabil*. 2012;28(2):97–103.
 85. Howlett OA, Lannin NA, Ada L, Mckinstry C. Functional electrical stimulation improves activity after stroke: A systematic review with meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015;96:934–943.
 86. Busk H, Stausholm MB, Lykke L, Wienecke T. Electrical Stimulation in Lower Limb During Exercise to Improve Gait Speed and Functional Motor Ability 6 Months Poststroke. A Review with Meta-Analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020;29(3):104565.
 87. Jaqueline da Cunha M, Rech KD, Salazar AP, Pagnussat AS. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021;64(1):101388.
 88. Shariat A, Najafabadi MG, Ansari NN, Cleland JA, Singh MAF, Memari AH, Honarpishe R, Hakakzadeh A, Ghaffari MS, Naghdi S. The effects of cycling with and without functional electrical stimulation on lower limb dysfunction in patients post-stroke: A systematic review with meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2019;44(3):389–412.
 89. Li Y, Wei Q, Gou W, He C. Effects of mirror therapy on walking ability, balance and lower limb motor recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil*. 2018;32(8):1007–1021.
 90. Nindorera F, Nduwimana I, Thonnard JL, Kossi O. Effectiveness of walking training on balance, motor functions, activity, participation and quality of life in people with chronic stroke: a systematic review with meta-analysis and meta-regression of recent randomized controlled trials. *Disabil Rehabil*. 2021;14: 1–12.
 91. Gamble K, Chiu A, Peiris C. Core Stability Exercises in Addition to Usual Care Physiotherapy Improve Stability and Balance After Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020; 22:129–131.
 92. Nascimento LR, da Silva LA, Araújo Barcellos JVM, Teixeira-Salmela LF. Ankle-foot orthoses and continuous functional electrical stimulation improve walking speed after stroke: a systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials. *Physiotherapy*. 2020;109:43–53.
 93. 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(2):145–159.
 94. Murray MP, Drought B, Kory RC. Walking Patterns of Normal Men. *The Journal of Bone And Joint Surgery*. 1964;46:335–360.
 95. Brach JS, Perera S, Studenski S, Katz M, Hall C, Verghese J. Meaningful change in measures of gait variability in older adults. *Gait Posture*. 2010;31(2):175–9.
 96. Harvey, R. L. Predictors of Functional Outcome Following Stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2015;26(4):583–598.
 97. Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, Patten C, Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. 2005;37(2):75–82.
 98. Veldema J, Jansen P. Aquatic therapy in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Acta Neurol Scand*. 2021 Mar;143(3):221–241.
 99. Song M-J, Lee J-H, Shin W-S. Minimal Clinically Important Difference of Berg Balance Scale scores in people with acute stroke. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2018;7(3):102–8.
 100. Mihai EE, Dumitru L, Mihai IV, Berteanu M. Long-Term Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Lower Limb Post-Stroke Spasticity: A Systematic

- Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med.* 2020;10(1):86.
101. Kwong PW, Ng GY, Chung RC, Ng SS. Transcutaneous electrical nerve stimulation improves walking capacity and reduces spasticity in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(9):1203-1219.
 102. Fernández-de-Las-Peñas C, Pérez-Bellmunt A, Llurda-Almuzara L, Plaza-Manzano G, De-la-Llave-Rincón AI, Navarro-Santana MJ. Is Dry Needling Effective for the Management of Spasticity, Pain, and Motor Function in Post-Stroke Patients? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Med.* 2021 4;22(1):131-141.
 103. Ambrosini E, Parati M, Ferriero G, Pedrocchi A, Ferrante S. Does cycling induced by functional electrical stimulation enhance motor recovery in the subacute phase after stroke? A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2020;34(11):1341-1354.
 104. Intiso D, Santamato A, Di Rienzo F. Effect of electrical stimulation as an adjunct to botulinum toxin type A in the treatment of adult spasticity: a systematic review. *Disabil Rehabil.* 2017;39(21):2123-2133.
 105. Chen CL, Chen CY, Chen HC, Wu CY, Lin KC, Hsieh YW, et al. Responsiveness and minimal clinically important difference of modified ashworth scale in patients with stroke. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019;55(6):754–60.
 106. Laver KE, Adey-Wakeling Z, Crotty M, Lannin NA, George S, Sherrington C. Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020; 31;1(1):CD010255.
 107. Taylor MJ, Schils S, Ruys AJ. Home FES: An Exploratory Review. *Eur J Transl Myol.* 2019;29(4):8285.
 108. Kruse A, Suica Z, Taeymans J, Schuster-Amft C. Effect of brain-computer interface training based on non-invasive electroencephalography using motor imagery on functional recovery after stroke - a systematic review and meta-analysis. *BMC Neurol.* 2020; 20(1):385.
 109. Zhang B, Li D, Liu Y, Wang J, Xiao Q. Virtual reality for limb motor function, balance, gait, cognition and daily function of stroke patients: A systematic review and meta-analysis [published online ahead of print, 2021 Mar 6]. *J Adv Nurs.* 2021;10.1111/jan.14800. doi:10.1111/jan.14800.