



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**



**FACULTAD DE
CIENCIAS DEL DEPORTE**

Universidad de Granada

**Programación del entrenamiento
orientado a la mejora de la fuerza y la
capacidad funcional de la marcha en
personas con hemiparesia tras sufrir un
ictus.**

Trabajo fin de grado en ciencias de la actividad física y del deporte.

- ***Alumno: Daniel Jiménez Lupión***
- ***Tutor: D. Luis Javier Chiroso Ríos***
- ***Curso: 2019/2020***

Índice:

1.	<i>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL:</i>	2
1.1	¿DÓNDE Y A QUIEN VA DIRIGIDO?:	2
1.2	DEFINICIÓN DE HEMIPARESIA:	3
1.3	CARACTERÍSTICAS DE LA MARCHA HEMIPARÉTICA:	4
2.	<i>FUNDAMENTACIÓN:</i>	5
2.1	JUSTIFICACIÓN:	6
2.2	¿QUIÉN ME PUEDE AYUDAR?:	7
3.	<i>PLANIFICACIÓN:</i>	8
3.1	CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA DE LA PLANIFICACIÓN:	8
3.2	OBJETIVOS:	23
3.3	TEMPORALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN:	23
3.4	MATERIALES Y MEDIOS EMPLEADOS	25
4.	<i>EVALUACIÓN:</i>	28
4.1	EVALUACIÓN NO CONTINUA:	29
4.2	EVALUACIÓN CONTINUA:	33
5.	<i>PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO:</i>	33
5.1	FASE DE ADAPTACIÓN ANATÓMICA:	33
5.2	FASE DE TRANSICIÓN:	36
5.3	FASE DE FUERZA ESPECÍFICA:	38
6.	<i>DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL:</i>	40
6.1	ANÁLISIS DEL ENTORNO: DAFO Y CAME	40
6.2	COMPETENCIAS PROFESIONALES Y MOTIVACIÓN PERSONAL:	41
6.3	PLANES DE FUTURO:	43
7.	<i>BIBLIOGRAFÍA:</i>	44
8.	<i>ANEXOS:</i>	48

1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL:

Cada año se dan en todo el mundo 17 millones de accidentes cerebrovasculares aproximadamente, y la tasa de personas que sobreviven a ellos es cada vez mayor, por lo que el accidente cerebrovascular se ha convertido en una de las principales causas de discapacidad globales. Las alteraciones motoras que produce afectan al 80% de los supervivientes, y suelen consistir en hemiparesia y espasticidad del lado parético, estimándose una prevalencia de discapacidad funcional en las extremidades inferiores en dos tercios de los pacientes que sobreviven a un accidente cerebrovascular (o ictus). Dando como resultado que aproximadamente el 30% presenten impedimentos a largo plazo en la marcha independiente (Broderick et al., 2019). Dichos impedimentos están provocados por una disminución de la función motora y una pérdida considerable de la fuerza en el miembro inferior afectado, siendo esta pérdida de fuerza el factor que mayor impacto tiene en la capacidad de deambulación del sujeto (Faria-Fortini et al., 2017). En consecuencia, esta capacidad de deambulación reducida se asocia con limitaciones para llevar a cabo las tareas o actividades básicas del día a día, de manera independiente, llegando a suponer un obstáculo para desenvolverse en la sociedad, y repercutiendo, por tanto, en la calidad de vida de dichos pacientes.

1.1 ¿DÓNDE Y A QUIEN VA DIRIGIDO?:

El tipo de población al que va dirigido esta programación de entrenamiento para la mejora general de la fuerza, y más específicamente, para la mejora de la fuerza del tren inferior y la capacidad funcional de la marcha es la siguiente:

- **Personas que sufren hemiparesia tras un accidente cerebro vascular:** De cualquier edad que, con capacidad de movimiento voluntaria, reducida o no, en miembros superiores e inferiores, presenten una disminución de la fuerza muscular general o manifiesten dificultades para caminar de manera independiente, y que empiezan por primera vez un programa de ejercicio físico tras el accidente cerebrovascular. Del mismo modo, este programa de entrenamiento será igualmente válido y efectivo para personas con hemiparesia, que ya realizaban previamente ejercicio físico tras el accidente cerebrovascular.
- **Profesionales de la Actividad Física y del Deporte:** Este documento y programa de entrenamiento también puede ser de utilidad a profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, como por ejemplo entrenadores personales o readaptadores físicos, que necesiten recabar información basada en la evidencia científica más reciente, relacionada con el entrenamiento de personas que han sufrido un accidente cerebrovascular.
- En cuanto al lugar, esta programación fue diseñada para llevarse a cabo en un laboratorio de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la

Universidad de Granada y mediante el uso de un Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF) (Dynasystem, Granada. España), con el fin de monitorizar de manera precisa tanto las variables del entrenamiento en tiempo real durante cada sesión, como la evolución del sujeto. Aunque, todos los ejercicios y tareas planteadas podrían adaptarse para la realización de las mismas con material de entrenamiento tradicional (peso corporal, gomas, poleas, pesos libres, etc), y tanto las evaluaciones, como las variables del entrenamiento, podrían plantearse con métodos tradicionales, como dinamómetros de mano en el caso de la evaluación de la fuerza. O mediante métodos de autorregulación de la intensidad, como repeticiones en recámara (RIR) o escalas de esfuerzo percibido (RPE) durante las sesiones. Por lo que dicha programación podría llevarse a cabo también en un gimnasio, centro de entrenamiento personal o de readaptación que cuente con este tipo de material.

1.2 DEFINICIÓN DE HEMIPARESIA:

Es una de las formas en la que se clasifica la parálisis cerebral, y se manifiesta como la parálisis parcial o reducción de la fuerza motora en un lado del cuerpo (hemicuerpo). Esta parálisis parcial es más evidente en los miembros superior e inferior, aunque también puede darse en el tronco (Dickstein, Shefi, Marcovitz, & Villa, 2004).

No se puede definir la hemiparesia como una enfermedad, sino más bien como una condición neurológica producida por una lesión en la corteza cerebral, a menudo provocada por una falta de oxígeno en el cerebro. A grandes rasgos, se pueden diferenciar varios tipos de hemiparesia:

- **Hemiparesia del lado derecho:** Producida por una lesión en el hemisferio izquierdo del cerebro. Afectará al hemicuerpo derecho, principalmente miembro superior e inferior derecho.
- **Hemiparesia del lado izquierdo:** Producida por una lesión en el hemisferio derecho del cerebro. Afectará al hemicuerpo izquierdo, principalmente miembro superior e inferior izquierdo.
- **Hemiparesia infantil:** Se da en bebés o niños de temprana edad, y es provocada por problemas en la médula espinal o daños cerebrales desde el nacimiento.

La hemiparesia, además de debilidad en algunos músculos, también puede provocar el aumento de tono en otros (espasticidad). Por lo que es bastante habitual encontrar esta condición espástica en este tipo de población.

No se debe confundir hemiparesia con hemiplejía, ya que esta última supone una parálisis total del hemicuerpo afectado.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MARCHA HEMIPARÉTICA:

El ciclo de la marcha humana se divide en ocho subfases, las cuales se dividen de una forma más simplificada en dos fases. La primera fase, desde la subfase de apoyo inicial, hasta la subfase de apoyo final, es la fase de apoyo. Y la segunda fase, o fase de balanceo, que comienza con el prebalanceo y finaliza con el balanceo final (Martín Nogueras et al., 1999).

Las ocho fases de la marcha humana



Fases de la marcha	IC Initial Contact Apoyo inicial	LR Loading Response Respuesta a la carga	MST Mid Stance Apoyo medio	TST Terminal Stance Apoyo final	PSW Pre Swing Fase de pre balanceo	ISW Initial Swing Balanceo inicial	MSW Mid Swing Balanceo medio	TSW Terminal Swing Balanceo final
Ciclos de la marcha	0 %	0 – 12 %	12 – 31 %	31 – 50 %	50 – 62 %	62 – 75 %	75 – 87 %	87 – 100 %
Cadera	20° flexión	20° flexión	0° flexión	-20° hiperextensión	-10° hiperextensión	15° flexión	25° flexión	20° flexión
Rodilla	0° – 5° flexión	20° flexión	0° – 5° flexión	0° – 5° flexión	40° flexión	60° – 70° flexión	25° flexión	0° – 5° flexión
Tobillo	0°	5° – 10° flexión plantar	5° flexión dorsal	10° flexión dorsal	15° flexión plantar	5° flexión plantar	0°	0°
Actividad muscular	M. quadriceps femoris M. tibialis anterior M. gluteus medius M. gluteus maximus Ischiocrurale Muskulatur	M. quadriceps femoris M. tibialis anterior M. gluteus medius M. gluteus maximus M. adductor Magnus M. tensor fascia latae M. tibialis posterior M. peroneus longus	M. gastrocnemius M. soleus	M. soleus M. gastrocnemius M. flexor digitorum longus M. flexor hallucis longus M. tibialis posterior M. peroneus longus M. peroneus brevis	M. soleus M. gastrocnemius M. rectus femoris M. adductor longus	M. extensor hallucis longus M. flexor hallucis longus M. iliacus M. tibialis anterior	M. semimembranosus M. semitendinosus M. biceps femoris M. tibialis anterior	M. quadriceps femoris M. semitendinosus M. semimembranosus M. biceps femoris M. tibialis anterior
Funciones	• contacto del talón con el suelo	• absorción del impacto en la rodilla y el tobillo • transferencia de carga y estabilidad en la cadera • movimiento adelante mediante heel rocker	• movimiento adelante controlado de la tibia • traslado del centro de gravedad hacia adelante mediante ankle rocker	• extensión dorsal controlada del tobillo elevándose el talón del suelo	• flexión pasiva de la rodilla de 40° • flexión plantar del tobillo	• flexión de la rodilla de al menos 55° para suficiente altura sobre el suelo	• creciente flexión de la cadera a 25° • extensión dorsal del tobillo hasta la posición cero	• extensión de la rodilla hasta flexión neutra • preparación para la fase de apoyo

Figura 1. Tomada de <https://studilyb.es/doc/5168426/las-ochos-fases-de-la-marcha-humana>: Fases de la marcha humana.

En el caso de sujetos con hemiparesia hay que tener en cuenta que la movilidad de algunas articulaciones se verá reducida, tanto por la disminución en la fuerza muscular, como por la espasticidad de algunos músculos. Además, a estas limitaciones del propio miembro parético, hay que añadirle los movimientos compensatorios que utilizará el sujeto durante el desplazamiento, por lo que es muy probable que el patrón de marcha sufra las siguientes alteraciones:

- Disminución de los rangos de movimiento articulares.
- Disminución de la longitud de paso y zancada.
- Disminución de la cadencia de paso.
- Disminución de la velocidad.
- Aumento del gasto energético.
- Movimientos compensatorios.

El tiempo de los dobles apoyos será mayor que en un sujeto sano, y habrá una asimetría en la marcha producida por una fase de balanceo más prolongada, en cuanto a duración, en la pierna parética que en la sana, y una fase de apoyo más corta en la pierna parética que en la sana. También se apreciará una asimetría en cuanto a la longitud del paso entre el lado parético y el lado sano, siendo la longitud del paso del lado parético inferior a la del lado sano, lo que se traduce en una disminución de la

longitud de la zancada respecto a sujetos sanos (Awad, Palmer, Pohlig, Binder-Macleod, & Reisman, 2015).

En resumen, además de la asimetría que caracteriza la marcha hemiparética, un sujeto con hemiparesia deberá dar más pasos y más cortos, para poder andar a la misma velocidad que un sujeto sano.

▪ **Análisis cinemático:**

- En la cadera es posible apreciar una extensión insuficiente durante la fase de respuesta a la carga, que puede ser debido a la debilidad de la musculatura extensora de la misma. Así como una flexión de cadera reducida durante la fase de balanceo, por una posible debilidad en los flexores de cadera.
- En la rodilla se suele dar una flexión insuficiente, tanto en la fase de respuesta a la carga, como en la de balanceo. La espasticidad del cuádriceps podría ser uno de los motivos.
- En el tobillo, es frecuente apreciar una falta de flexión plantar en la fase de pre balanceo y una excesiva flexión plantar en el contacto inicial, que podría estar relacionada con la espasticidad de la musculatura del tríceps sural.

▪ **Posibles movimientos compensatorios:**

- **Elevación de la hemipelvis del lado parético:** Esta elevación de la pelvis, acompañada de una circunducción mediante un balanceo desde la cadera de todo el miembro inferior, provoca una asimetría en las fases de oscilación de ambas piernas, dando como resultado una fase de balanceo de la pierna sana más corta, con el fin de compensar la falta de equilibrio durante la fase de apoyo de la pierna parética.
- **Incremento en la flexión de cadera y rodilla:** El objetivo de este incremento es evitar el arrastre del pie en el suelo, el cual se suele encontrar en inversión y flexión plantar, debido a la debilidad de la musculatura eversora del pie, dorsiflexora de tobillo y a la posible espasticidad de los músculos flexores plantares (Ross, 2007).
- **Inclinación contralateral del tronco:** Cuando el incremento en la flexión de cadera y rodilla no es posible, o es insuficiente, se puede dar una inclinación lateral del tronco hacia el lado sano, para evitar el arrastre del pie (Sacristan et al., 2009).

2. FUNDAMENTACIÓN:

Tras el accidente cerebrovascular, hay una pérdida de fuerza muscular considerable, la cual tiene un mayor impacto que cualquier otro deterioro sensoriomotor en el desarrollo de las actividades básicas del día a día tales como levantarse de una silla, mantenerse de pie o caminar independientemente, subir escaleras, alcanzar y manipular objetos, etc (Dorsch, Ada, & Canning, 2016). Estas actividades son esenciales para la participación en la sociedad. La International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) define la participación como: “un medio para llevar a cabo los hábitos de vida en el

entorno” (ir a la universidad, al lugar de trabajo, desplazarse por el vecindario, etc), y se conoce que es fundamental para el desempeño del rol social, y que correlaciona con dominios relacionados con la calidad de vida (Mayo et al., 2014). Por lo que, a largo plazo, el enfoque de un sobreviviente de un ACV en la recuperación, cambia de preocupaciones meramente físicas a preocupaciones sociales (Obembe & Eng, 2016). Por lo tanto, comenzar a realizar ejercicio físico, orientado a la mejora de la fuerza muscular, tan pronto como sea posible tras el accidente cerebrovascular (ACV), es fundamental.

2.1 JUSTIFICACIÓN:

Para considerar que una recuperación tras un ACV ha sido exitosa, esta debería proporcionar una calidad de vida y nivel de participación en la sociedad similar (en la medida de lo posible) a la anterior al ACV. En la revisión sistemática con meta-análisis realizada por Obembe y Eng, en el que analizaban que tipo de intervención era más efectiva para mejorar la participación de personas que habían sufrido un ACV, se llegó a la conclusión de que entre intervenciones que consistían en proporcionar servicio de apoyo (visitas, cursos online, ayudas en el hogar, etc), ejercicio físico, mixtos (incluían tanto servicio de apoyo como ejercicio físico) o intervenciones que no incluían ni servicio de apoyo ni ejercicio, los que conseguían una mayor mejora en la participación, eran los que incluían ejercicio físico, ya sea en conjunto con servicios de apoyo, o ejercicio físico por sí solo.

En el trabajo de Faria-Fortini et al., (2016) citado anteriormente, en el que se analizó el nivel de participación en dos dominios diferentes (vida activa y rol social), se seleccionaron varios predictores con el fin de ver cuales eran los más importantes para conseguir un buen nivel de participación. Los predictores potenciales analizados incluían nueve medidas de posibles impedimentos físicos: dos medidas de recuperación motora (MMSS y MMII), dos medidas de sensación mediante tests de “Position Sense” (MMSS y MMII), dos medidas de coordinación motora (MMSS Y MMII) y tres medidas de fuerza muscular.

Se concluyó que los sujetos que tenían un menor déficit de fuerza residual en miembros inferiores y una mejor recuperación de la función motora en miembros superiores, tenían menos restricciones durante la participación en ambos dominios. Siendo de estas dos variables, la fuerza de los miembros inferiores la más importante, ya que aunque la recuperación motora de miembros superiores es importante para realizar acciones como alcanzar o manipular objetos, es fácilmente compensable, mediante el uso del brazo sano. Durante este estudio, los únicos estudios revisados en los que la función motora de miembros inferiores y superiores aparecen como principal predictor de una buena participación, son estudios en los que solo se tomaron medidas de coordinación motora, sin incluir evaluación de la fuerza de la musculatura de los miembros inferiores. En el momento en que la fuerza entra en juego, se convierte en el predictor que reporta el mayor porcentaje en la varianza del incremento en la participación.

Existe bastante evidencia sobre la importancia de conseguir y mantener un buen nivel de fuerza muscular en este tipo de población, para lo cual, el ejercicio físico mediante un correcto programa de entrenamiento orientado a la mejora de la misma es imprescindible, ya que es la forma de intervención más eficiente para conseguirlo (Wist, Clivaz, & Sattelmayer, 2016). Pero además, hay conocimiento de que los beneficios del ejercicio físico no están limitados únicamente a la mejora de la fuerza, sino que también mejora la movilidad, el equilibrio, la resistencia aeróbica y la sensación de fatiga. El ejercicio físico también mejora alguno algunos de los efectos secundarios del ACV, que pueden ser una barrera para la participación social. Por ejemplo, el ejercicio puede prevenir o reducir los síntomas depresivos después del ACV, lo que puede conducir a una mayor disposición a participar en actividades. Por lo tanto, el ejercicio tiene una evidente función protectora, que ayuda a aumentar la independencia física y a mejorar la calidad de vida.

Además la práctica de ejercicio físico también permite la posibilidad de socializar, participando en entrenamientos en grupo y resultando en una mejor participación social, que a su vez puede hacer que aumente la progresión en cuanto a las adaptaciones del entrenamiento debido a una mayor motivación, y una disminución en la percepción negativa de falta de habilidad al realizarse con personas con capacidades similares.

En definitiva, la literatura científica más reciente apoya que, realizar ejercicio físico es esencial para una correcta recuperación tras un ACV. Y dos de los puntos más importantes a tener en cuenta, es que gran parte del mismo esté orientado a la mejora de la fuerza y que debe realizarse de forma regular para que las adaptaciones se mantengan en el tiempo.

2.2 ¿QUIÉN ME PUEDE AYUDAR?:

El ACV afecta a varias áreas de la corteza cerebral como la cognitiva, visual, de lenguaje, emocional, sensitiva y motora. Las afecciones en el área motora incluyen problemas para hablar, movilidad de manos reducida, reducción del equilibrio y problemas de movilidad tanto en miembros superiores como inferiores con posible espasticidad que, se manifestarán más en un hemisferio corporal que en otro. Es en el área motora donde se producen las lesiones que afectan a la capacidad y calidad de movimiento, por lo que es precisamente en esta área donde más pueden y deben incidir los graduados en CCAFD. Pero es de vital importancia tener en cuenta que la recuperación de la función en pacientes con ACV es un proceso complejo, que se podría dividir en dos fases (fase sub-aguda y fase crónica) y que requiere la participación tanto de personal sanitario, fisioterapeutas y graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

- **Personal médico:** Los médicos serán los primeros en tratar al paciente tras el ACV, durante la fase sub-aguda, que corresponde a los primeros 6 meses tras el ACV aproximadamente. Serán los responsables de determinar cuando puede empezar a realizar AF el paciente.

- **Fisioterapeutas:** Juegan un papel muy importante en el proceso de recuperación, ya que serán los encargados de recuperar cierta capacidad motora durante los primeros meses tras el ACV. Y además deberían trabajar junto al graduado en CCAFD regularmente para tratar la más que probable espasticidad del paciente.
- **Graduado en CCAFD:** Una vez que el paciente recibe el permiso del médico para realizar AF, la mejor intervención posible para su recuperación consiste, como se aprecia en apartados anteriores, en realizar ejercicio físico. Y el único personal que debe programar y prescribir ejercicio físico es el graduado en CCAFD. Además, existe evidencia de que realizar el programa de entrenamiento bajo la supervisión de un graduado en CCAFD, reporta mejoras significativas respecto a entrenar sin supervisión, debido al feedback recibido por el mismo durante la ejecución de las tareas, y el extra de motivación que supone el estímulo externo brindado por el entrenador (Lee & Stone, 2020).

Es importante que todos los profesionales que formen parte de la recuperación del paciente se mantengan en contacto e informados del estado en el que se encuentra, las secuelas que se le han quedado, conocer sus limitaciones y conocer si padece alguna consecuencia a la que debemos atender a la hora de realizar un programa de entrenamiento.

3. PLANIFICACIÓN:

En primer lugar se realizará una revisión de la bibliografía científica actual, sobre cuales son los principales predictores que suponen una limitación en la marcha de personas con hemiparesia. Así como de cuales podrían ser los métodos de intervención mediante actividad física, más eficientes para tratar de reducir estas limitaciones.

El fin de esta revisión bibliográfica es obtener una visión general sobre el tema, para poder establecer una serie de objetivos, tanto generales, los cuales serán la base para poder alcanzar un fin concreto; como específicos, que serán dicho fin o meta final.

3.1 CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA DE LA PLANIFICACIÓN:

3.1.1 FUERZA Y ACTIVIDAD MUSCULAR:

La marcha parética se caracteriza por una evidente asimetría, provocada, en parte, por una diferencia de fuerza entre la pierna sana y la afectada, debido a la cual, la capacidad de propulsión de la pierna afectada durante la marcha se verá reducida. La capacidad de propulsión describe la contribución de cada pierna en impulsar el centro de masas hacia delante durante la marcha. Es importante restaurar los niveles de fuerza, para aumentar la propulsión con la pierna afectada porque de esta forma estaremos incidiendo en recuperar y mejorar no solo la capacidad de andar, sino también la función de esta pierna. Esto es importante ya que evaluar la velocidad de la marcha es muy común para determinar la capacidad de caminar de una persona tras un ACV, sin embargo, se ha observado que

cuando se evalúa la capacidad de andar con un test de velocidad, como puede ser el test de los 10 metros (10MWT), puede darse una mejora en la puntuación del test, es decir, completar el desplazamiento de 10 metros en un tiempo menor tras un proceso de rehabilitación, pero sin una mejora en la capacidad de propulsión de la pierna afectada. Esto indicaría que la mejora en la velocidad no es por una mejora en la función de la pierna afectada, sino por el uso de estrategias compensatorias habitualmente relacionadas con una mayor producción de fuerza con la pierna sana, y que, por tanto los impedimentos provocados por el ACV siguen presentes tras la rehabilitación. Es decir, los tests de velocidad, aunque se puede usar como una medida de la capacidad general para caminar, no proporcionan información sobre deficiencias neurológicas específicas, por lo que no son representativos de la capacidad funcional del miembro afectado (el test de la marcha de 6 minutos, en el que el sujeto debe recorrer la mayor distancia posible en 6 minutos, parece ser más indicado para este fin). De ahí la importancia de la mejora de la capacidad de propulsión, la cual se considera una medida tanto de la capacidad de marcha como de capacidad funcional (Roelker, Bowden, Kautz, & Neptune, 2019). Por lo tanto, lo ideal cuando se realiza una evaluación de la capacidad de la marcha en un superviviente de ACV, es usar además de un test de velocidad, uno de capacidad propulsiva de cada pierna, para poder evaluar si la asimetría en la propulsión se reduce.

Los flexores plantares del tobillo (gastrocnemio y sóleo) juegan un papel muy importante en la propulsión, viéndose a menudo deteriorada, junto a la dorsiflexión y la eversión del pie, por la hemiparesia posterior al ACV, lo que conduce a una disminución en la capacidad de propulsión en la pierna parética. En el caso del sóleo y gastrocnemio, además de ser contribuyentes principales en la propulsión durante la marcha, también se ha demostrado que el sóleo es un contribuyente clave para la extensión de la rodilla durante el final de la fase de apoyo, por lo que es muy importante tenerlos en cuenta a la hora de programar un entrenamiento orientado a la mejora de la marcha.

Junto con la flexión plantar, la extensión de la rodilla y cadera se correlaciona positivamente con la capacidad de propulsión, ya que se asocia con una mayor fuerza dirigida anteriormente (Hsiao, Knarr, Pohlig, Higginson, & Binder-Macleod, 2016). Un enfoque propuesto para mejorar la extensión apunta al fortalecimiento y reclutamiento del sóleo, el cuádriceps y el glúteo mayor (Peterson, Cheng, Kautz, & Neptune, 2010), ya que son los principales contribuyentes a la extensión de la cadera y rodilla durante la marcha. Además el aumento de la actividad en el sóleo, el gastrocnemio y el glúteo medio está relacionada con un aumento en el estado funcional de la marcha (Hall, Peterson, Kautz, & Neptune, 2011).

A pesar de la gran importancia de los flexores plantares, extensores de rodilla y extensores de cadera, y de que la mejora de la fuerza en estos músculos es uno de los principales objetivos cuando se trata de conseguir una mejora funcional del miembro parético, no podemos olvidarnos del resto de músculos del tren inferior (flexores de cadera, rotadores de cadera, abductores y aductores de cadera, flexores de rodilla). Existe evidencia de que tras el ACV se da una pérdida de masa muscular (sarcopenia), y de capacidad funcional (dinapenia), tanto en el hemicuerpo parético como en el sano, provocadas en primer lugar

por las propias consecuencias del ACV, y acentuadas posteriormente por el desuso que suele darse en los meses siguientes. Por lo que empezar a realizar ejercicio físico lo antes posible tras el ACV es muy importante, ya que cuanto mayor sea el tiempo de inactividad mayor será la pérdida, tanto en el lado afectado como en el sano. Esta pérdida de masa muscular implicará una reducción en los niveles de fuerza y por tanto una mayor dificultad para realizar acciones como caminar, subir escaleras, sentarse y levantarse de una silla, etc, de manera independiente.

En un estudio llevado a cabo con personas que se encontraban en fase crónica (>6 meses tras el ACV) y que podían andar independientemente, se observó que la fuerza de todos los músculos del miembro inferior, tanto del afectado como del sano, era significativamente menor en el grupo de personas con ictus que en el grupo control (personas sanas). Y en el caso del miembro sano del grupo que había sufrido un ACV, parece ser que cuanto más tiempo ha pasado desde el ACV, más significativa es la reducción de la fuerza, ya que el tiempo de desuso es mayor (Dorsch et al., 2016).

Este estudio fue el primero en el que se incluyeron medidas de fuerza de 12 grupos musculares del tren inferior en personas que habían sufrido un ACV, ya que por norma general, la mayoría de estudios se centran en evaluar solamente la fuerza de los extensores de rodilla y los flexores plantares de tobillo. En esta ocasión se evaluó la fuerza de los extensores y flexores de cadera, rotadores internos y externos de cadera, abductores y aductores de cadera, flexores y extensores de rodilla dorsiflexores y flexores plantares de tobillo e inversores y eversores de tobillo. Los resultados fueron los siguientes:

- **Grado de pérdida de fuerza del miembro inferior afectado:**

Los datos sobre los valores de fuerza de los miembros paréticos, obtenidos por Dorsch et al., (2016) se muestran en la Tabla 2.

Los grupos musculares más afectados en el miembro inferior parético, es decir, en los que había una mayor reducción de la fuerza, eran los extensores de cadera, los aductores de cadera y los dorsiflexores de tobillo. Y los menos afectados, aunque también en estos se observó una reducción significativa de la fuerza, fueron los inversores de tobillo, los flexores plantares y los flexores de cadera.

Tabla 1
Valores de fuerza del miembro inferior afectado.

Muscle group	Groups		Difference between groups	Percentage of control
	Stroke N=60	Control N=35	Stroke minus control	Stroke/control x 100
Hip Ext	59 (47)	174 (45)	-114 (-134 to -94, p<0.01)	34
Hip Flex	97 (41)	176 (39)	-79 (-61 to -96, p<0.01)	55
Hip IR	56 (29)	112 (27)	-56 (-43 to -68, p<0.01)	50
Hip ER	59 (26)	113 (25)	-54 (-43 to -65, p<0.01)	52
Hip Abd	78 (33)	149 (31)	-71, (-57 to -85, p<0.01)	53
Hip Add	77 (29)	203 (46)	-126 (-106 to -147, p<0.01)	38
Knee Flex	80 (51)	200 (49)	-120 (-98 to -142, p<0.01)	40
Knee Ext	110 (70)	243 (66)	-133 (-103 to -162, p<0.01)	45
Ankle DF	66 (52)	187 (49)	-121 (-99 to -143, p<0.01)	35
Ankle PF	93 (55)	164 (52)	-71 (-48 to -94, p<0.01)	57
Ankle Inv	67 (43)	107 (41)	-40 (-22 to -59, p<0.01)	62
Ankle Ev	55 (41)	102 (39)	-47 (-30 to -64, p<0.01)	54

* = adjusted for gender, bodyweight and age

Tomado de (Dorsch et al., 2016).

- **Grado de pérdida de fuerza del miembro inferior sano:**

En la Tabla 3 se muestran los datos obtenidos por Dorsch et al., (2016) sobre los valores de fuerza de los miembros sanos.

La extremidad inferior sana de los participantes del grupo de ACV fue significativamente inferior que la de los participantes del grupo control para todos los grupos musculares, excepto para los inversores de tobillo. Los grupos musculares más afectados fueron los extensores de cadera, los dorsiflexores de tobillo y los flexores de rodilla.

Tabla 2
Valores de fuerza del miembro inferior sano.

Muscle group	Groups		Between-group difference	Percentage of control
	Stroke N=60	Controls N=35	Stroke minus control	Stroke/control x 100
Hip Ext	77 (47)	173 (45)	-97 (-77 to -117, p<0.01)	44
Hip Flex	125 (41)	178 (39)	-52 (-35 to -70, p<0.01)	70
Hip IR	80 (27)	114 (25)	-34 (-23 to -45, p<0.01)	70
Hip ER	82 (27)	115 (26)	-33 (-21 to -44, p<0.01)	71
Hip Abd	94 (29)	150 (30)	-56 (-43 to -69, p<0.01)	63
Hip Add	111 (48)	207 (44)	-96 (-75 to -116, p<0.01)	54
Knee Flex	109 (52)	203 (49)	-94 (-72 to -116, p<0.01)	54
Knee Ext	145 (71)	246 (68)	-101 (-71 to -131, p<0.01)	59
Ankle DF	99 (48)	190 (46)	-91 (-70 to -111, p<0.01)	52
Ankle PF	132 (51)	168 (48)	-36 (-14 to -57, p<0.01)	79
Ankle Inv	103 (44)	113 (42)	-11 (-29 to 8, p=0.25)	91
Ankle Ev	89 (36)	107 (34)	-18 (-3 to -33, p=0.02)	83

* = adjusted for gender, bodyweight and age

Tomado de (Dorsch et al., 2016).

Se puede apreciar una gran pérdida de fuerza en los miembros inferiores en supervivientes de ACV en fase crónica que tienen capacidad para andar de manera independiente. En promedio, la fuerza de la extremidad afectada fue del 48% de lo normal, con grupos musculares que llegan a unos valores de fuerza del 34% de lo normal, como es el caso de los extensores de cadera. En cuanto a los valores de fuerza de la extremidad sana, el promedio general fue del 66% de lo normal, con grupos musculares que llegan a una pérdida de fuerza del 66%, como por ejemplo, una vez más, los extensores de cadera, seguidos muy de cerca por los dorsiflexores de tobillo y los flexores de rodilla. En estudios en los que se evaluó la fuerza de la extremidad inferior sana en supervivientes de ACV en fase subaguda (<6 meses post ACV), la fuerza promedio es superior que en el estudio citado, llegando a valores del 80% de lo normal, por lo que cabría esperar, que la mayor pérdida de fuerza en sujetos que se encuentran en fase crónica sea debido a la reducción en la actividad física tras el ACV. No obstante, estos datos apoyan la creencia de que la extremidad sana, acaba quedando también “afectada” de manera indirecta.

En la mayoría de estudios, para evaluar la fuerza del miembro inferior, se centran solamente en la evaluación de la fuerza de los extensores de rodilla. Estas pruebas de evaluación son factibles, ya que la fuerza de los extensores de rodilla tiene una alta correlación con la fuerza global del miembro inferior, entendiéndose por fuerza global el promedio de la fuerza de extensores de cadera, flexores de cadera, abductores de cadera,

dorsiflexores, flexores plantares, flexores de rodilla y extensores de rodilla (Aguiar et al., 2019). Estas evaluaciones pueden ser útiles ya que serán más sencillas y rápidas que evaluar todos los grupos musculares, y en algunos casos la única opción, ya que, como ocurrió en el trabajo de Aguiar et al., podríamos encontrarnos con sujetos que tengan ciertos grupos musculares tan debilitados que no puedan generar la fuerza suficiente para realizar la evaluación. Es importante señalar que la mayoría de sujetos que en dicho estudio fueron incapaces de ejercer la suficiente fuerza como para ser evaluados en grupos musculares que no fuesen extensores de rodilla, fueron los sujetos que se encontraban en fase crónica.

Por lo que se deben tener en cuenta varios aspectos. En primer lugar, es factible realizar evaluaciones de un solo grupo muscular para evaluar la fuerza global de la extremidad inferior, pero sin olvidar el resto de grupos musculares a la hora de planificar el programa de entrenamiento, ya que en cualquier acción, como puede ser caminar, levantarse de una silla, etc, jugarán un papel importante. Es decir, evaluar la fuerza del cuádriceps y centrarse solo en mejorar la fuerza del cuádriceps sería un error. Y en segundo lugar, la importancia de reducir todo lo posible, el tiempo de desuso por inactividad física tras el ACV, para que la pérdida de fuerza sea la menor posible.

Para finalizar con esta descripción general de la importancia de la fuerza, es importante señalar la importancia del fortalecimiento de la musculatura del core o zona media, para un correcto posicionamiento del tronco. La debilidad de la zona media se asocia con una posición del tronco incorrecta, una centro de presiones inadecuado durante acciones como levantarse de una silla y asimetría en el movimiento del tronco durante la marcha (Chern et al., 2010). Además una adecuada funcionalidad de la musculatura del tronco es un predictor de la capacidad de caminar, de realizar actividades cotidianas y de equilibrio en supervivientes de ACV.

En un estudio reciente en el que los sujetos realizaron entrenamiento de estabilidad de la zona media, se concluyó que, una función mejorada de la zona media mejora el equilibrio de pie, la movilidad, tanto durante la marcha como en acciones como levantarse de una silla y, cuando los ejercicios usados incluyen acciones de control pélvico mejora también el rango de movimiento voluntario de la pelvis en el plano sagital, surgiendo una mayor flexibilidad lumbo-pélvica.

Los hallazgos de este estudio apoyan la inclusión de ejercicios orientados al fortalecimiento de la zona media en el entrenamiento de pacientes con ACV (Haruyama, Kawakami, & Otsuka, 2017).

▪ **Actividad muscular durante la marcha:**

La capacidad de propulsión está fuertemente relacionada con la actividad neta de los músculos de ambas piernas, en este apartado se describe la actividad y contribución de cada grupo muscular según su función (extensores de rodilla, flexores de rodilla, flexores plantares, etc) en cada fase de la marcha (fase de apoyo o fase de balanceo):

○ Fase de apoyo:

Extensores y flexores de rodilla:

La propulsión hacia delante del centro de masas del cuerpo, producida por la musculatura de la pierna parética, se puede ver afectada por la aceleración negativa simultánea del centro de masas producida por la musculatura isquiotibial de la pierna sana, durante la fase de respuesta a la carga de dicha pierna. En el trabajo de Hall et al., (2011) citado anteriormente, se observó que las personas con una capacidad funcional para caminar más pobre presentan una mayor actividad en los isquiotibiales de la pierna sana durante la fase de aceptación de la carga, contribuyendo a la aceleración anteroposterior negativa o frenado, mencionado anteriormente.

En otro estudio realizado por Souissi et al., (2019) en el que el objetivo era analizar la activación muscular y la fuerza de musculatura implicada durante la marcha, se observó que en la fase de apoyo, tanto durante la aceptación de la carga, como en la propulsión, la fuerza del cuádriceps fue menor en sujetos con hemiparesia, mientras que la fuerza producida por los músculos flexores de la rodilla durante la propulsión, fue significativamente mayor en la extremidad parética que en sujetos sanos. Se ha demostrado que los músculos isquiotibiales proporcionan propulsión suplementaria durante la marcha. Por lo tanto, el aumento de la fuerza de los flexores de la rodilla podría ser una estrategia compensatoria adaptativa para aumentar la propulsión y contrarrestar la debilidad de los flexores plantares (Souissi et al., 2019).

Aunque los pacientes que habían sufrido un ACV caminaron más despacio que los sujetos sanos, se encontraron fuerzas musculares similares o mayores en el lado no parético en comparación con los sujetos sanos. El aumento de las fuerzas musculares agonistas (cuádriceps) y antagonistas (flexores de la rodilla) podría aumentar la rigidez y la estabilidad de la rodilla. Esta estrategia podría ser una consecuencia del aumento de peso en el lado no parético para reducir la carga en el lado parético y compensar la debilidad muscular. Sin embargo, el aumento de las fuerzas musculares en el lado no parético durante la marcha podría conducir a un aumento en el consumo de energía y podría explicar en parte la fatiga rápida en personas con hemiparesia.

Flexores plantares:

Según la evidencia actual, la marcha es muy sensible a la disminución en la fuerza de los flexores plantares, ya que son los responsables de generar la mayor parte de la fuerza requerida para la propulsión del centro de masas hacia delante (Ng & Hui-Chan, 2012). Esta disminución en la fuerza de los flexores plantares (la cual es muy común en sujetos con hemiparesia) y en general en cualquier grupo muscular de un superviviente de ACV, es multifactorial, y puede deberse a una disminución en la activación de unidades motoras agonistas, un reducido número de unidades motoras en funcionamiento, tasas de disparo de agonistas reducidas y una mayor cocontracción de los antagonistas durante el movimiento, o a la atrofia muscular por el desuso.

En el mismo estudio de Souissi et al., (2019) comentado anteriormente, la fuerza de los músculos flexores plantares fue significativamente inferior en el lado no parético, llegando a representar aproximadamente la mitad de la del lado sano durante la propulsión.

Dorsiflexores de tobillo:

Los dorsiflexores de tobillo del miembro parético son uno de los grupos musculares más afectados en lo que a reducción de fuerza se refiere. Su fortalecimiento es muy importante ya que contribuyen en gran medida tanto a la velocidad de la marcha (Dorsch, Ada, Canning, Al-Zharani, & Dean, 2012), como a la capacidad de recorrer mayores distancias caminando.

○ Fase de balanceo:

Extensores plantares, extensores de rodilla y flexores de rodilla:

Durante la fase de balanceo se observó que la fuerza de los flexores plantares fue significativamente superior, respecto a los sujetos sanos, en el miembro no parético, y una reducida flexión de rodilla, lo cual es bastante común durante la marcha hemiparética y ha sido previamente explicado por una hiperactividad del cuádriceps durante el balanceo, que viene precedido por un empuje del mismo inadecuado durante la propulsión. Dado que en este estudio no vieron diferencias entre la fuerza pico del cuádriceps entre la fase de propulsión y la de balanceo, concluyeron que esta hiperactividad del cuádriceps que provoca lo que se conoce como “marcha rígida de la rodilla” se debe a un déficit en la fuerza de propulsión que deriva principalmente de la fuerza reducida de los flexores plantares en el lado parético, más particularmente de la fuerza reducida del Sóleo.

Estos hallazgos corroboran la importancia de fortalecer los músculos del lado parético implicados en la propulsión, como los extensores de rodilla y flexores plantares.

Dorsiflexores de tobillo:

Una dorsiflexión de tobillo pobre durante la fase de balanceo es una característica común de la marcha hemiparética. Esta reducción en la dorsiflexión de tobillo puede provocar que el pie arrastre por el suelo, lo que tiene como consecuencia una reducción en la longitud del paso, una menor velocidad de la marcha y un mayor riesgo de caída. Esta dorsiflexión podría estar, en parte causada por la espasticidad en los flexores plantares del tobillo, los cuales actuarían como una restricción activa de la dorsiflexión. Cuanto mayor sea la espasticidad en los flexores plantares, mayor será la fuerza necesaria en los dorsiflexores de tobillo, flexores de cadera o de rodilla para evitar este arrastre del pie por el suelo.

La literatura actual destaca la importancia de incluir entrenamiento orientado a la mejora de la fuerza de la musculatura dorsiflexora de tobillo, ya que juega un papel muy importante cuando el objetivo es mejorar la simetría y la velocidad de la marcha hemiparética. Y además es un determinante independiente de la resistencia durante la marcha en sujetos con flexores plantares espásticos, llegando a suponer el 48% de la varianza en distancia recorrida, medida con el test de 6 minutos de marcha (Ng & Hui-Chan, 2012). Esto es importante ya que la distancia recorrida en un test de la marcha de 6 minutos se ha identificado como el mejor predictor de participación en la comunidad en supervivientes de ACV.

Además de la dorsiflexión insuficiente durante la fase de balanceo, la debilidad de la musculatura dorsiflexora también puede provocar una contracción excéntrica insuficiente durante la fase de respuesta a la carga, lo que puede incrementar el tiempo de la fase de balanceo y un aumento del tiempo de doble apoyo, reduciendo así la velocidad de la marcha (esto pertenece a la fase de apoyo, pero se incluye en este apartado para que todo lo relacionado con la dorsiflexión quede recogido en el mismo punto).

Se debe tener en cuenta, que la fuerza de los dorsiflexores de tobillo es especialmente importante cuando el sujeto presenta espasticidad en los flexores plantares. Es en estos casos en los que la dorsiflexión parece ser un predictor más potente que la fuerza de flexión plantar para determinar la distancia recorrida en el test de 6 minutos. Por lo que una correcta evaluación para saber hacia donde se debe enfocar el entrenamiento es imprescindible.

Por último, es importante señalar que aunque los movimientos en el plano sagital son los más estudiados y los que parecen tener una mayor influencia en la marcha hemiparética, no se deben olvidar los movimientos que se producen en el plano frontal, como la inversión y eversión del pie. Junto con la flexión plantar mantenida, la inversión del pie también es un movimiento bastante común en sujetos con ACV, por lo que fortalecer los músculos que participan en la eversión del pie, puede resultar efectivo para conseguir una mejora de la marcha y una reducción del riesgo de caída (Forghany, Nester, Tyson, Preece, & Jones, 2014).

▪ **Mecánicas propulsivas:**

Además de una adecuada actividad muscular de la pierna parética, para conseguir una mayor extensión de la pierna, y por tanto una mayor propulsión, se requiere una función de extensión y flexión de cadera y rodilla sincronizadas durante la marcha. La dificultad para realizar una correcta extensión de la pierna puede requerir tanto el fortalecimiento de la musculatura extensora de rodilla, cadera y flexores plantares, como entrenamiento funcional para mejorar la postura durante el final de la fase de apoyo, ya que la mejora en la extensión de la pierna, además de por el fortalecimiento de la musculatura implicada, también esta relacionada con una posición cinemática más ventajosa para que los flexores plantares produzcan una mayor contribución a la propulsión del centro de masas hacia delante, es decir, el ángulo en el que se aplica la fuerza, es muy importante. Por ejemplo, un gran momento de fuerza de flexión plantar cuando la pierna se encuentra justo debajo de la pelvis, únicamente desplazará el centro de masas hacia arriba, pero no hacia delante. La capacidad de un sujeto para aprovechar un mecanismo particular para maximizar la extensión de la pierna, y por tanto, la propulsión, dependerá de sus limitaciones específicas, por lo que identificar cuales son estas limitaciones en cada individuo para saber hacia donde debemos dirigir el programa de entrenamiento será muy importante. Incluir sesiones de marcha en cinta con feedback en tiempo real, que mejore el patrón de marcha podría ser efectivo para mejorar la activación muscular, aunque es necesaria más investigación al respecto.

En esta misma línea, sobre los mecanismos subyacentes a la generación de fuerza propulsiva, un estudio reciente realizado por Lewek et al., (2018) en el que los sujetos caminaban en una cinta, mientras se les aplicaba una fuerza que iba desde el 2,5% al 10% de su peso corporal, que traccionaba de ellos en dirección opuesta a la marcha. Con el objetivo de comprobar si la evidencia científica que sugiere que existe una reserva de fuerza propulsiva en los miembros inferiores paréticos de personas que han sufrido un ACV, es decir, que tienen una fuerza de reserva que no aplican en la propulsión durante la marcha, está en lo cierto y, en el caso de ser así, si esta reserva de fuerza será utilizada cuando se le aplica al sujeto una fuerza de restricción y, cuales eran los mecanismos utilizados para poder aplicarla. La hipótesis era que estos mecanismos serían un mayor pico de fuerza producido por los flexores plantares y un mayor ángulo TLA, que sería el ángulo de apoyo efectivo del miembro posterior, es decir, el que realiza la propulsión, para poder propulsar el centro de masas del cuerpo hacia delante. Se concluyó que tanto los miembros paréticos, como los no paréticos mostraron un aumento significativo en la propulsión en respuesta a la fuerza impeditora aplicada, en comparación con la marcha sin fuerza de impedimento.

Los datos recogidos en la Figura 2 muestran los resultados obtenidos por Lewek et al., (2018) en el aumento de la fuerza de propulsión. Con la fuerza de impedimento del 10% del peso corporal, la extremidad parética aumentó la propulsión máxima en un promedio del 92% y la propulsión máxima de la extremidad no parética aumentó en un promedio del 51%. Este aumento de la propulsión máxima se mantuvo en la pierna parética cuando dejó de aplicarse la fuerza de impedimento, siendo la propulsión durante la marcha sin impedimento posterior a la prueba, un 25% mayor que durante la marcha sin impedimento antes de la prueba. Por lo tanto, la asimetría propulsiva entre la pierna parética y la sana, se redujo tras la prueba.

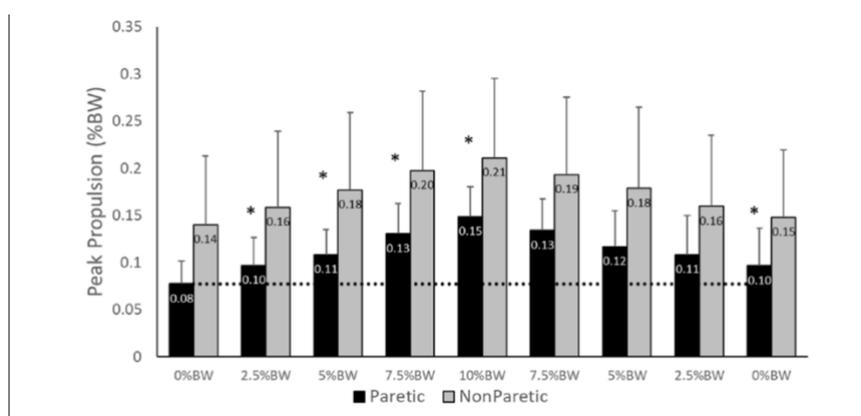


Figura 2. Tomada de (Lewek, Raiti, & Doty, 2018): Picos de fuerza de propulsión.

Cuando se examinó cuales eran los mecanismos subyacentes a esta mejora en la propulsión (por ejemplo, el ángulo TLA y el pico de fuerza de la flexión plantar), se observó que, tanto durante la marcha con impedimento, como durante la marcha sin impedimento tras la prueba, el aumento del TLA se relacionó significativamente con el aumento en la propulsión, específicamente, el 76% de la variación en el aumento de la

propulsión parética máxima durante la marcha con impedimento, y el 61% de la propulsión parética máxima durante la marcha sin impedimento, corresponden al cambio en el TLA, sin una contribución significativa por un aumento de fuerza en la flexión plantar (Lewek et al., 2018).

El hecho de que los sujetos puedan aplicar una mayor fuerza de manera inmediata, sin entrenamiento, parece confirmar la presencia de una fuerza de propulsión inutilizada en individuos con hemiparesia. Y aunque esta reserva de fuerza se dio tanto en miembros paréticos como sanos, el aumento en la extremidad parética fue mayor, por lo que, las intervenciones que fomentan mayores contribuciones de la extremidad parética permiten una mayor recuperación de la función, en lugar de una compensación continua por parte de la extremidad no parética más fuerte. A esto hay que sumarle la importancia de un correcto ángulo TLA durante el final de la fase de apoyo, si el TLA es reducido, el resultado será una fuerza de empuje ineficaz por parte de los flexores plantares. Por lo tanto, el objetivo exclusivo de la función del flexor plantar parece ser ineficaz. En cambio, los intentos de aumentar simultáneamente el momento del flexor plantar y el TLA han mostrado un mayor éxito. Para ello sería interesante diseñar tareas de entrenamiento que tengan transferencia a esa parte final de la fase de apoyo.

3.1.2 MOVILIDAD ARTICULAR:

En supervivientes de ACV puede darse una disminución del rango de movimiento (ROM) de las articulaciones, especialmente en sujetos que presentan espasticidad. Es importante determinar si existe esta disminución del ROM, ya que de ser así, podrían contribuir a una disfunción locomotora. Los mecanismos fisiológicos y factores que predisponen a esta reducción del ROM no están del todo claros, podrían incluir paresia, desequilibrio de fuerza muscular e hiperreflexia, que interferirían con la ejecución de comandos motores voluntarios y, conducirían al desuso de los miembros afectados. Cuando los músculos paréticos se inmovilizan en una posición acortada, se adaptan a su longitud de reposo y pierden sarcómeros, hasta que los sarcómeros restantes se superponen de manera óptima para permitir que el músculo desarrolle la tensión máxima en la longitud inmovilizada. Este proceso da como resultado una disminución en la longitud del músculo afectado. Además en un músculo acortado resulta más sencillo que una fuerza de tracción se transmita a los husos musculares y en consecuencia una mayor respuesta del huso que conducirá a un mayor acortamiento muscular (Schindler-Ivens et al., 2008).

A pesar de lo comentado en el párrafo anterior, es importante tener muy en cuenta que no todos los sujetos presentarán una reducción del ROM, ya que el origen de la misma es multifactorial y, dependerá de las características del individuo, como podría ser el nivel de función motora que presenta tras el ACV, e incluso del tipo de test que usado para su valoración. Por ejemplo, aunque es común encontrar estudios que sugieren que tras el ACV, el ROM se reduce debido a que los músculos se encuentran acortados y con una mayor rigidez pasiva, también los hay que sacan conclusiones opuestas. Esto puede ser debido a varias razones, por ejemplo, el objetivo de muchos de los estudios que sugieren que se da esta disminución del ROM, es averiguar que tipo de intervención es más

efectiva para mejorar el ROM en pacientes que presentan espasticidad, por lo que todos los sujetos de la muestra tendrán espasticidad, y lo normal, sería que se de esta disminución o mayor dificultad para alcanzar un ROM completo. Por otra parte en estudios como el realizado por Schindler-Ivens et al., (2008) en el que el criterio de inclusión para la selección de la muestra era simplemente que los supervivientes de ACV pudieran caminar independientemente, los resultados obtenidos sugieren que no se da una disminución en el ROM pasivo de pacientes con ACV en la flexión y extensión de cadera, y la dorsiflexión de tobillo, de hecho en el caso de la flexión de cadera, el ROM fue incluso mayor en el grupo de ACV, lo cual creen que podría explicarse por la disminución del área de sección transversal que se da debido al desuso tras el ACV, que resultaría en una menor circunferencia de los músculos de la pierna, y por tanto en un tejido menos rígido que permitiera un mayor ROM.

Otro factor que puede influir en la evaluación es el tipo de test que se utiliza para evaluar el ROM, el tipo de tarea (funcional o analítica pasiva) y la velocidad a la que se realiza el movimiento juegan un papel importante. La rigidez muscular o resistencia a movimientos pasivos actúa como un mecanismo de seguridad, aumentando con la velocidad de movimiento para evitar una lesión, por lo que dependiendo de la velocidad de movimiento a la que se realice el test, el ROM puede variar. En tareas funcionales, como por ejemplo caminar, también parece apreciarse una mayor rigidez muscular que podría disminuir el ROM.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la transferencia de la mejora de la movilidad, a la funcionalidad en una tarea en concreto, como puede ser caminar, o levantarse de una silla, no es inmediata. Es decir, si un sujeto presenta un déficit en el ROM, que le provoca una asimetría en un patrón de movimiento, tras conseguir aumentar el ROM, la asimetría en el patrón de movimiento puede seguir presente, ya que se necesitará un tiempo de adaptación y entrenamiento con el nuevo ROM para apreciar mejoras en la asimetría (Kluding & Zipp, 2004).

Otra estrategia que cada vez es más utilizada es la terapia espejo, durante la cual una persona ve el reflejo de su miembro no afectado (situando un espejo entre las dos piernas por ejemplo, en el plano sagital) creando la ilusión de que el miembro que ve reflejado en el espejo es su miembro afectado. Esta ilusión, de dos extremidades igualmente funcionales, proporciona feedback visual que “engaña” al cerebro y estimula las áreas sensoriomotoras que ayudan a la recuperación motora (Fritzsche et al., 2014). La literatura científica confirma la efectividad del mecanismo de la terapia espejo para reducir la activación asimétrica entre hemisferios y para apoyar los cambios corticales dentro de las cortezas motoras primarias ipsilateral y contralateral, siendo efectiva para reducir el deterioro motor en extremidades inferiores tras el ACV, facilitando la neuroplasticidad al estabilizar la actividad cortical dentro de la corteza motora primaria (M1), que es un área clave para el desarrollo de parestia y, en consecuencia, restablece la ejecución y función del comando motor (Bartur et al., 2015).

En una revisión sistemática realizada por Broderick et al, (2018) con el objetivo de determinar si la terapia espejo en supervivientes de ACV proporcionaba mejoras en la

función motora, el tono muscular, el equilibrio, la deambulación funcional, la velocidad de marcha y en el ROM pasivo de dorsiflexión de tobillo, se observó que la terapia espejo tuvo un efecto significativo sobre el ROM pasivo de la dorsiflexión de tobillo, la velocidad de la marcha y la longitud de paso (Broderick et al., 2018). Según lo mencionado en apartados anteriores de este trabajo, cabría esperar que la mejora en la velocidad de marcha y longitud de paso sean consecuencia del aumento del ROM durante la dorsiflexión de tobillo.

En resumen, no se debe dar por hecho que todos los supervivientes de ACV presenten déficits severos en el ROM, lo ideal es realizar una evaluación, teniendo en cuenta además cual es el ROM necesario para que el sujeto pueda cumplir sus objetivos. No es lo mismo el ROM de dorsiflexión de tobillo necesario para caminar, que para hacer una sentadilla profunda, por lo que si el objetivo del sujeto es caminar, no tiene sentido perder tiempo que podríamos emplear en otro objetivo, en aumentar el ROM más de lo necesario.

En casos en los que están presentes esta disminución del ROM y espasticidad, además de incluir ejercicios de flexibilidad o movilidad mediante el uso de terapia espejo en la sesión de entrenamiento, lo ideal sería trabajar junto a un fisioterapeuta, ya que podría ser recomendable complementar el entrenamiento con movilizaciones pasivas y liberación miofascial.

3.1.3 PROPIOCEPCIÓN, EQUILIBRIO Y SENSACIÓN DE LA POSICIÓN ARTICULAR:

Los ACV a menudo provocan daños en el sistema propioceptivo, lo que en consecuencia causa un equilibrio deficiente, dificultad para realizar ciertos movimientos voluntarios y un mayor riesgo de caídas al realizar actividades complejas como la marcha (Srivastava, Taly, Gupta, Kumar, & Murali, 2009). La función de equilibrio es un requisito importante para la mejora de la marcha en supervivientes de ACV, que implica una presencia interdependiente de simetría de postura, estabilidad estática y estabilidad dinámica. La simetría de la postura se refiere a una distribución de peso igual entre las dos piernas. La estabilidad podría definirse como la capacidad de mantenerse en equilibrio manteniendo la proyección del centro de masas dentro de la base de sustentación. Y la estabilidad dinámica sería la capacidad de mantener el equilibrio durante la marcha. En supervivientes de ACV, alguno de estos componentes puede estar afectado, y una disfunción en uno de ellos, afectará también a los demás. Por lo que en sujetos con ACV se debe comenzar con entrenamiento de equilibrio estático, antes de empezar con el equilibrio dinámico.

En un estudio realizado por Lisinski et al, (2012) en el que el objetivo era evaluar la mejora del equilibrio en supervivientes de ACV tras entrenamiento de equilibrio, se llegó a la conclusión de que el entrenamiento de equilibrio aislado mejora la simetría de la postura, es decir, se reduce la diferencia entre el peso que soporta cada pierna, pero no se aprecia una mejora del equilibrio funcional (Lisinski, Huber, Gajewska, & Szlapinski, 2012). No obstante, una mejora en la simetría de la postura es un requisito previo para la mejora de la marcha, y la reducción de riesgo de caídas durante la misma en supervivientes de ACV (De Haart, Geurts, Huidekoper, Fasotti, & Van Limbeek, 2004).

Un sentido de posicionamiento articular adecuado, el cual se considera un componente de la propiocepción, es importante para lograr tanto un buen equilibrio estático, como un buen equilibrio dinámico, ya que nos permitirá realizar un movimiento coordinado de las extremidades durante actividades funcionales básicas como puede ser caminar. Si bien el músculo esquelético proporciona cierta estabilidad, como por ejemplo, la musculatura de la zona media, que actúa estabilizando la columna vertebral, sin un sentido de posición adecuado, no se logrará una estabilidad y, por tanto, un buen equilibrio. Existen estudios en los que se ha observado un deterioro en la sensación de posición articular en personas con ACV, los cuales sugieren que incluir entrenamiento sensorial de reposicionamiento articular, puede ser una estrategia efectiva para mejorar la estabilidad como precursor del equilibrio durante actividades funcionales (Ryerson, Byl, Brown, Wong, & Hidler, 2008).

3.1.4 VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO:

Las variables del entrenamiento (frecuencia, volumen e intensidad) juegan un papel fundamental para optimizar la respuesta al entrenamiento, permitiendo la recuperación adecuada para poder conseguir que se den las adaptaciones que buscamos con el mismo. Tanto en el entrenamiento de sujetos sanos, como en este caso, con supervivientes de ACV hay que tener muy claro que más no es mejor, encontrar una dosis de ejercicio que nos permita dar el estímulo necesario al organismo, para que se den las adaptaciones deseadas, sin que la fatiga producida sea mayor que el estímulo resulta fundamental. Cuando el entrenamiento va dirigido a población con ACV, en una reciente revisión sistemática con meta-análisis realizada por Lee & Stone., (2020) en la que el objetivo era determinar la eficacia de los programas de entrenamiento orientados a la mejora de la fuerza, la fitness cardiorespiratorio y la capacidad de andar en personas que habían sufrido un ACV, se observó lo siguiente:

- **Entrenamiento de Fuerza:**
- Sujetos que realizaron 12 semanas o menos de entrenamiento, obtuvieron mayores mejoras en la fuerza que los sujetos que llevaban más de 12 semanas entrenando. Esto es normal, puesto que las mejoras iniciales en la fuerza, se deben a adaptaciones neurales, por lo que los principiantes en este tipo de entrenamiento obtendrán una ganancia rápida de fuerza en las primeras semanas de entrenamiento debido a estas adaptaciones nerviosas, y posteriormente el progreso será menor.
- No hubo diferencias significativas entre grupos que entrenaban 3 días a la semana y grupos que entrenaban 4 días o más.
- Los grupos que entrenaban con bajo volumen (menos de 50 series y 500 repeticiones a la semana) aumentaban más la fuerza que los que entrenaban con volúmenes superiores.
- Había diferencias significativas en la mejora entre los que entrenaban bajo supervisión y los que entrenaban solos. Una vez más, observamos como el feedback y motivación que aporta el entrenamiento bajo supervisión de un profesional reporta mayores mejoras.

- No había diferencia entre los que entrenaban alrededor del 50-70%RM y los que entrenaban por encima de ese RM. El %RM no supone una gran diferencia siempre y cuando el grado de esfuerzo sea óptimo, si una persona entrenando con el 60% de su RM se acerca a lo que sería su fallo muscular, por ejemplo, quedándose a 2 repeticiones del fallo, estará entrenando a mayor intensidad que alguien que se esta quedando a 5 repeticiones del fallo con el 75% de su RM.

- **Fitness cardiorespiratorio:**
 - Grupos con más de 12 semanas de entrenamiento mejoraron más su CRF que grupos con menos de 12 semanas.
 - Grupos menores de 65 años mejoraron más su CRF que grupos mayores de 65.
 - Grupos con menos de 2 años post ictus mejoraron más su CRF que grupos con más de 2 años pero menos de 4 post ictus.
 - No hubo diferencias entre grupos que entrenaban 3 días a la semana y grupos que entrenaban 4 o más, tampoco entre grupos que entrenaban a intensidad moderada y grupos que entrenaban a alta intensidad, y tampoco entre grupos que entrenaban con o sin supervisión.
 - Por lo tanto, entrenar 3 días a la semana, en sesiones de unos 30 minutos a intensidad moderada combinado con entrenamiento de fuerza es efectivo para mejorar el CRF. Hay estudios que afirman que altas frecuencias de entrenamiento aeróbico consiguen una mayor mejora en el CRF que frecuencias bajas, ya que consiguen una mayor mejora en el VO₂max. Pero es debido a que en estos estudios no se combinó entrenamiento aeróbico y de fuerza, cuando se combinan ambos entrenamientos, la mejora de fuerza en el VO₂max es similar y una frecuencia moderada de aeróbico es suficiente.

- **Capacidad de caminar:**
 - No hay diferencias significativas en la mejora entre grupos de mas de 65 años y grupos de menos de 65.
 - Grupos de mas de 4 años post ictus presentaron mayores mejora que grupos post ictus de 2 a 4 años.
 - Grupos que entrenaron mas de 12 semanas, presentaron mayor mejora que grupos que entrenaron menos de 12 semanas.
 - Grupos que entrenaron con frecuencia 3 presentaron mayores mejoras que grupos que entrenaron 2 días y que grupos que entrenaron 4 días o más.
 - No hubo diferencias entre grupos que entrenaron con intensidad moderada y grupos que entrenaron con alta intensidad.
 - Grupos que entrenaron bajo supervisión, mejoraron más que grupos sin supervisión (Lee & Stone, 2020).

En resumen:

En cuanto a entrenamiento de fuerza, usar una frecuencia moderada (F3) y bajo volumen es lo que proporciona mayores mejoras. Para la capacidad de andar, frecuencia moderada (F3) y sesiones largas parece ser lo más adecuado. En lo referente al tiempo de

entrenamiento, entrenamientos a medio y largo plazo (más de 12 semanas) reportan mejores resultados que entrenamientos de menos de 12 semanas en CRF y capacidad de andar, pero no en fuerza, donde se ven mayores mejoras en intervenciones de menos de 12 semanas. Lo cual es totalmente normal, dado que las adaptaciones a nivel nervioso supondrán un gran incremento de la fuerza a corto plazo, y posteriormente será más difícil mejorar, por lo que debemos tener esto en cuenta y planificar correctamente el entrenamiento para poder seguir progresando.

Tanto en fuerza como en capacidad de marcha, mejoraron más los grupos que entrenaron con supervisión, por lo que cabría pensar, que durante entrenamientos en los que la ejecución técnica tiene una gran importancia, el feedback proporcionado por un profesional marcará la diferencia. En CRF no había diferencias entre entrenar con o sin supervisión.

▪ **Autorregulación de la intensidad:**

Una estrategia que actualmente es muy utilizada durante el entrenamiento de fuerza, es la de la autorregulación de la intensidad mediante el grado de esfuerzo percibido por el sujeto. Existe mucha evidencia que sugiere que el entrenamiento de fuerza basado en porcentaje de RM no es efectivo, ya que el RM de un sujeto varía muchísimo de un día para otro, debido a la fatiga, estado anímico del sujeto, etc. Por lo que, si toda la programación de la intensidad se basa en el RM obtenido en un día en concreto, cuando este RM cambie cada día, no se estará cumpliendo con lo planificado. La autorregulación permite al sujeto ajustar el esfuerzo al estado en el que se encuentre en cada sesión de entrenamiento, mediante una escala de esfuerzo percibido, o mediante el uso de repeticiones en recámara.

Para sujetos principiantes, lo más recomendable es usar una escala de esfuerzo percibido (RPE), como podría ser la escala de Borg que va de 6 a 20, o una escala modificada de 0 a 10 puntos en la que el 0 no suponga esfuerzo alguno, y 10 sea el esfuerzo más duro que el sujeto podría realizar.

En el caso del entrenamiento de fuerza tradicional, si se dispone de algún dispositivo que nos permita calcular el RM cada día de forma rápida y sin fatiga, como por ejemplo un Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF) como Dynasystem (Dynasystem, Granada, España) con el cual es posible obtener valores de fuerza o velocidad de forma muy rápida y sin fatiga ni riesgo de lesión, o un encoder lineal para programar la intensidad mediante la velocidad del levantamiento, si que se podría basar la programación en porcentajes de RM, pero cuando se tratan de tareas funcionales, como levantar cajas, andar con peso simulando una bolsa de la compra, subir escaleras, etc, en las que no es posible establecer un porcentaje de RM, la autorregulación mediante RPE es posiblemente la mejor herramienta para controlar la intensidad del entrenamiento.

En un estudio reciente, para determinar si el entrenamiento con tareas funcionales, llegando a un RPE adecuado es tan efectivo como el entrenamiento de fuerza tradicional para la mejora de la capacidad funcional en personas que habían sufrido un ACV, se concluyó que el uso de una escala RPE, en ese caso la de Borg, es totalmente factible durante el uso de tareas funcionales y, que el tipo de entrenamiento (tradicional o tareas funcionales) no es tan determinante, sino que lo importante es llegar a un grado de

esfuerzo óptimo, ya que tan ineficiente es pasarse de intensidad y generar una gran fatiga, como no llegar a la intensidad necesaria para que se den las adaptaciones deseadas (Milot, Leonard, Corriveau, & Desrosiers, 2019).

3.2 OBJETIVOS:

Con el objetivo de conseguir una mejora en la capacidad funcional general, y más específicamente en la capacidad de la marcha de personas que han sufrido un ACV, los objetivos a conseguir con este trabajo y con la programación del entrenamiento propuesta son los siguientes:

3.2.1 OBJETIVOS GENERALES:

- Obtener información basada en la evidencia científica sobre las últimas tendencias en la readaptación de supervivientes de ACV.
- Comprender la importancia de la actividad física para la prevención de los déficits causados por el ACV.

3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer unas bases para la programación del entrenamiento de fuerza de supervivientes de ACV.
- Aumentar la fuerza muscular de supervivientes de ACV.
- Prevenir y minimizar los déficits causados por la sarcopenia tras el ACV.
- Prevenir y minimizar los déficits causados por la dinapenia tras el ACV.
- Mejorar la capacidad de marcha y funcionalidad general tras el ACV mediante el entrenamiento de fuerza.
- Mejorar la calidad de vida y la participación de este grupo de población en la comunidad.
- Promover el entrenamiento de fuerza en supervivientes de ACV.

3.3. TEMPORALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN:

El programa constará de tres fases, en cada una de estas fases el objetivo de entrenamiento será distinto:

- **Fase de adaptación anatómica:** Esta primera fase corresponde con la periodización del entrenamiento de fuerza tradicional. Tras un periodo de baja actividad se debe volver al entrenamiento pasando por un periodo de adaptación anatómica, donde el objetivo es preparar el sistema músculo-tendinoso para el trabajo a realizar. Enfocado a supervivientes de ACV, este periodo será de iniciación al entrenamiento de fuerza, en el caso de que sea su primera vez con este tipo de entrenamiento, o de perfeccionamiento técnico en caso de que tengan cierta experiencia.

El objetivo principal será aprender a realizar los patrones básicos de movimiento (empuje, tracción, sentadilla y bisagra de cadera) con una técnica correcta, conseguir una mejora postural y de control motor (como por ejemplo una correcta disociación lumbopélvica), introducir al sujeto en el uso de un foco atencional externo durante la ejecución de los ejercicios, así como conseguir un acondicionamiento general y más específicamente de fuerza gracias a las primeras adaptaciones del sistema nervioso.

- **Fase de transición:** Se mantendrán los patrones de movimiento básicos como parte del entrenamiento de fuerza. Aprovechando la mejora técnica y de fuerza conseguida en el periodo anterior, la intensidad de los mismos irá aumentando en la medida de lo posible. La principal diferencia respecto al periodo anterior es que se empezarán a incluir variantes de los patrones de movimiento más específicos de la marcha.
- **Fase de fuerza específica:** En este punto, el sujeto ya habrá conseguido una mejora técnica, postural y de fuerza apreciable y el objetivo será que esa mejora se vea reflejada en su capacidad funcional. Para ello la mayor parte de la sesión irá destinada a entrenar la fuerza con tareas más dinámicas y complejas que resulten más funcionales y tengan una mayor transferencia a la mejora de la deambulación en general y a la reducción del riesgo de caída durante la misma.

Cada fase corresponde a un mesociclo de, como mínimo, 4 semanas de entrenamiento, pudiendo incluir microciclos si fuera necesario. Dado que en este tipo de población es difícil predecir el progreso, ya que depende de la capacidad funcional conservada tras el ACV, lo recomendable sería planificar 1-2 microciclos, y en base al progreso del sujeto, continuar la planificación adaptando el volumen, intensidad y objetivos a lo que requiera la situación.

Fase	Semana																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Adaptación anatómica	[Blue]																						
Transición					[Blue]																		
Fuerza específica									[Blue]														
Intensidad y Volumen	Int	Vol																					
Patrones Mov. Básicos	[Green]																						
Ejercicios Funcionales																							
Evaluaciones	NC	C	C	C	C	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	

Figura 3: Temporalización de la planificación.

Verde: Volumen o intensidad baja. Naranja: Volumen o intensidad moderada. Rojo: Volumen o intensidad alta.

3.4. MATERIALES Y MEDIOS EMPLEADOS

3.4.1. MATERIALES:

Tanto para las pruebas de evaluación propuestas a continuación, como para la creación y realización de este programa de entrenamiento se usó un Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF) (Dynasystem, Granada. España), el cual permite una monitorización muy precisa y segura de la valoración de la fuerza, ideal tanto para personas entrenadas como desentrenadas, así como de las variables de entrenamiento en tiempo real. Con dicho dispositivo se pueden realizar todas las fases del programa de entrenamiento, ya sean fases de fortalecimiento muscular con ejercicios tradicionales, como podría ser una sentadilla, o un press de banca, o tareas funcionales diseñadas por el propio entrenador. Este dispositivo cuenta con siete modos de uso, dos de ellos son estáticos (modo isométrico, y modo vibratorio) y cinco dinámicos (modo tónico, cinético, cónico, elástico e inercial), lo que permite entrenar cualquier tipo de manifestación de la fuerza. En situaciones como en este caso un superviviente de ACV, este dispositivo resulta ideal para llevar a cabo tareas que con material tradicional sería más complicado, por ejemplo, permite la posibilidad de reducir la carga en acciones concéntricas y mantenerla en excéntricas, o viceversa, de manera automática, por lo que se pueden realizar ciertas tareas con una seguridad para el sujeto que las realiza, y una comodidad tanto para el sujeto como para el entrenador que no sería posible con material tradicional. Aunque este dispositivo nos proporcione todas estas ventajas, el programa de entrenamiento se podría adaptar y realizar con material tradicional.

El resto de material utilizado es material tradicional y complementario de fácil acceso, como por ejemplo un cajón, una pelota de lacrosse y un foam roller para liberación miofascial y algunas kettlebells poco pesadas.

3.4.2. MEDIOS:

A continuación se enumerarán los medios que se emplearán con el fin de que la aplicación práctica del programa de entrenamiento resulte exitosa:

- **Presión arterial y frecuencia cardiaca:** Cuando se trabaja con personas que han sufrido un ACV, es importante medir la presión arterial al inicio, durante y al final del entrenamiento, para comprobar que está dentro de valores normales y que se puede realizar actividad física sin riesgo, ya que esta población tiene un mayor incidencia de factores de riesgo como por ejemplo, hipertensión, por lo que el riesgo de sufrir accidentes cardiovasculares aumenta. Si la tensión arterial se sitúa en algún momento por encima de 140mmHg o por debajo de 90mmHg, se deberá detener el ejercicio (Pescatello et al., 2004). En el caso de la frecuencia cardiaca, si las ppm en reposo se encuentran por encima de 100ppm o por debajo de 60ppm, no se debe iniciar la actividad física. Se debe tener en cuenta que es posible que algunas de estas personas estén tomando algún medicamento con betabloqueantes, los cuales reducen la

frecuencia cardiaca, es importante tenerlo en cuenta, si se usa la FC para monitorizar la intensidad del ejercicio.

- **Liberación miofascial:** En el calentamiento de cada sesión se incluirá un bloque de liberación miofascial, especialmente en la planta del pie y la cadena posterior del tren inferior, como el tríceps sural, isquiotibiales y glúteo. La liberación miofascial permitirá un mayor rango de movimiento debido a la reducción de la rigidez muscular causada por la posible espasticidad, contracturas o el DOMS (agujetas) de entrenamientos previos, y una mayor activación muscular que, en consecuencia, resultará en una mejor realización de las tareas y movimientos dinámicos (Cheatham, Kolber, Cain & Lee 2015).
- **Movilidad articular y terapia espejo:** Otra parte importante del calentamiento será la que se dedique a la movilidad, el objetivo es conseguir un ROM adecuado para poder realizar con facilidad las acciones habituales del día a día como desplazarse, subir o bajar escaleras, agacharse, levantarse de una silla, etc. Por norma general se usarán estiramientos dinámicos y activos, aunque si hay articulaciones en las que se aprecie un déficit importante en el ROM, como por ejemplo podría ser la dorsiflexión de tobillo, se incluirán estiramientos estáticos y pasivos de intensidad moderada. En esta parte se pueden incluir el uso de la terapia espejo que, como queda reflejado en apartados anteriores, existe evidencia de que la ilusión que se crea en el cerebro al ver dos miembros totalmente funcionales mejora la neuroplasticidad propiciando la recuperación de la capacidad funcional (Bartur et al., 2015). En casos en los que se aprecie una movilidad del tobillo reducida, incluir un espejo entre ambas piernas, en el plano sagital, mientras el sujeto en sedestación realiza movimientos como flexión plantar y dorsal, mientras ve el reflejo del miembro sano en el espejo, es una estrategia sencilla que podría reportar mejoras en la movilidad.
- **Patrones motores básicos:** Serán la base del entrenamiento de fuerza. Puesto que el objetivo es que la mejora en la fuerza obtenida con el entrenamiento tenga una transferencia a las acciones del día a día, la mejor opción es conseguir esta mejora de fuerza mediante el uso de movimientos similares a los que se realizarán durante dichas acciones y no con movimientos aislados o monoarticulares. Algunos de estos movimientos se realizarán de forma unilateral, por varias razones, una de ellas es evitar que durante el entrenamiento el sujeto se ayude con el miembro sano, y otra es que muchas de estas acciones del día a día se realizan unilateralmente, como subir o bajar escaleras, fases monopodales durante la marcha o transportar una bolsa de la compra. Por lo que para poder ejecutar ejercicios unilaterales o ejercicios funcionales algo más complejos correctamente, lo primero es conseguir una buena base, la cual la forman los patrones de movimiento básicos, que son los empujes, tracciones, patrones de movimiento dominantes de cadera (bisagra y empuje de cadera), y los patrones de movimiento dominantes de rodilla (como una sentadilla). Mediante la realización de estos patrones de movimiento se podrá conseguir una mejora de la fuerza, del control motor y de la postura.

- **Tareas funcionales:** Como se puede ver en apartados anteriores, el uso de tareas funcionales para la mejora de la fuerza es totalmente factible (Milot et al., 2019). El objetivo con este tipo de tareas es mejorar la fuerza mediante el uso de movimientos durante el entrenamiento, similares a los que la persona utiliza en su día a día para realizar ciertas acciones. Por ejemplo, si se pretende mejorar la fuerza de la musculatura extensora de rodilla, con el objetivo final de mejorar la capacidad de desplazamiento, tendrá mucha más transferencia usar una tarea que simule una subida de un escalón, que realizar una extensión de cuádriceps en sedestación. Este tipo de tareas serán de gran utilidad tanto para transferir la fuerza obtenida con los patrones de movimiento básicos a las acciones del día a día, como para seguir mejorando la fuerza muscular.

- **Foco atencional externo y constreñimientos:** Durante la realización tanto de los patrones motores básicos, como de las tareas funcionales, para un buen aprendizaje de la técnica y una correcta ejecución se utilizarán focos externos y constreñimientos. El mapa motor está relacionado con las opciones de movimiento que un sujeto domina, y por tanto, las que más utiliza. Cuando no se presta atención a los movimientos realizados, el cuerpo utiliza las zonas del mapa motor que más domina. Cada movimiento (patrón motor) utilizado, marca un “camino” en el mapa motor, cuantas más veces se tome ese camino, más posibilidades hay de que en el futuro, recurramos a él. Un foco externo durante un movimiento propicia el uso de procesos automáticos de manera inconsciente, es decir, propicia el uso del sistema motor, mientras que un foco atencional interno lo restringe, ya que la persona está atenta a los movimientos de su propio cuerpo, lo que resulta en un tipo de control más consciente (Benjaminse et al., 2013). Mientras que los constreñimientos permiten modificar la tarea, para conseguir la ejecución deseada. Por ejemplo, si durante la realización de una sentadilla a cajón se observa un desplazamiento medial de la rodilla que finaliza en posición de valgo, se podría utilizar una pica, la cual se situaría en la posición a la que el sujeto debería llevar su rodilla para evitar el valgo y se le pide que lleve su rodilla hasta la pica en cada repetición. De este modo estaría usando un foco externo (la pica), y se estaría condicionando al sujeto a realizar la tarea correctamente (sin valgo).

- **Escala RPE:** La escala RPE (Rating or Perceive Effort) o escala de esfuerzo percibido, es una herramienta con la que valorar el esfuerzo realizado durante la ejecución de una tarea determinada, ofreciendo un feedback por parte del sujeto de gran utilidad para regular la intensidad del entrenamiento atendiendo a las condiciones que se dan en un momento determinado (Hills, Byrne, Wearing, & Armstrong, 2006). Se puede usar una escala que vaya de 0 a 10, donde 0 sería un esfuerzo mínimo o inexistente y 10 un esfuerzo máximo. Usar una escala de RPE es de gran ayuda para asegurar un rango de esfuerzo óptimo durante el entrenamiento, pero hay que tener en cuenta que es una escala subjetiva que depende de la percepción del sujeto, por lo que en sujetos desentrenados o sin experiencia puede no ser del todo

precisa. Un sujeto no puede saber lo que es un RPE de 10 (esfuerzo máximo), si nunca ha experimentado la sensación de un esfuerzo máximo. Usar una escala RPE junto a datos objetivos, como los valores de fuerza proporcionados por Dynasystem, previa valoración de la fuerza del sujeto, permitirá un control de la intensidad mucho más preciso.

RESISTANCE EXERCISE-SPECIFIC RATING OF PERCEIVED EXERTION (RPE)	
Rating	Description of Perceived Exertion
10	Maximum effort
9.5	No further repetitions but could increase load
9	1 repetition remaining
8.5	1-2 repetitions remaining
8	2 repetitions remaining
7.5	2-3 repetitions remaining
7	3 repetitions remaining
5-6	4-6 repetitions remaining
3-4	Light effort
1-2	Little to no effort

Figura 4. Tomada de (Zourdos et al., 2016): Escala RPE.

4. EVALUACIÓN:

Antes de iniciar cualquier programa de entrenamiento se debe realizar una evaluación de la persona que lo vaya a realizar, para conocer, tanto su estado de salud, como de actividad y condición física.

▪ Valoración del estado de salud:

En primer lugar, antes de prescribir ejercicio físico, se debe realizar una consulta y evaluación del estado de salud de la persona a la que irá dirigido el programa de entrenamiento, para ello se pueden usar cuestionarios como el PAR-Q, el cual aporta información de forma rápida, sobre factores de riesgo de sufrir enfermedades de las arterias coronarias (EAC), tras la realización de 7 preguntas de respuesta “Si/No”.

En el caso de supervivientes de ACV realizar esta evaluación y asegurarse de que cuentan con un permiso médico para la practica de actividad física es fundamental. En caso de que no cuenten con este permiso, o se detecte algún posible factor de riesgo, se debe derivar a la persona a un médico que evalúe si está en condiciones de empezar un programa de entrenamiento.

▪ **Valoración del estado de salud y nivel de actividad física:**

Otra herramienta interesante en la valoración inicial es un cuestionario sobre el nivel de actividad física, como por ejemplo el cuestionario IPAQ, el cual aporta información sobre lo activo que es el sujeto durante su día a día. Es una forma rápida y sencilla de obtener información que permita conocer si se trata de un sujeto sedentario, y por tanto, lo normal sería que tuviera un nivel de condición física muy bajo, o si por el contrario, se trata de un sujeto activo.

▪ **Evaluación del sujeto:**

El siguiente paso es realizar una evaluación del estado inicial del sujeto, para establecer el punto de partida, y que mediante futuras evaluaciones, permita comprobar si se está dando el progreso deseado. Para una correcta evaluación se deben tener en cuenta varios aspectos:

- En primer lugar se deben seleccionar las pruebas de evaluación adecuadas. No existe una norma fija en cuanto a qué pruebas de evaluación usar, lo ideal es usar pruebas que resulten sencillas, tanto para el sujeto que las realiza, como para el que evalúa. Por lo que se puede crear la prueba de evaluación que el entrenador crea conveniente, siempre y cuando esta sea acorde con los objetivos que se desean conseguir con el entrenamiento y, por lo tanto, permitan comprobar la consecución de los mismos. Por ejemplo, en el caso del programa de entrenamiento que se plantea aquí, orientado a la mejora de la capacidad de la marcha, no tendría mucho sentido evaluar la fuerza del tren inferior con una sentadilla profunda, en primer lugar porque es posible que el tipo de sujeto al que va orientado el entrenamiento no disponga de la movilidad ni de la fuerza necesaria para realizar ese movimiento. Y en segundo lugar porque durante la marcha, una persona nunca va a ejercer fuerza ni en ese rango de movimiento, ni de manera bilateral. Por lo que resultaría más interesante evaluar la fuerza del tren inferior usando una tarea unilateral y en un rango de movimiento más parecido al que se usa durante la marcha.
- Y por último usar aparatos de medida y pruebas que resulten, fiables y validas. La fiabilidad mide la regularidad de una observación. Una prueba se considera fiable cuando al realizarla en dos ocasiones distintas, sin que se haya llevado a cabo una intervención, los resultados son iguales, o la diferencia entre ellos es insignificante. Para ello, tanto la prueba como el instrumento de medida deben de ser los adecuados, y la administración de la misma por parte del evaluador debe de realizarse de manera sistemática.
Y la validez, indica que la prueba mide lo que tiene que medir por ejemplo, como se indica en ese mismo documento, la prueba de velocidad de la marcha no es representativa de la funcionalidad del miembro parético, por lo que no es una prueba válida para evaluar funcionalidad.

4.1. EVALUACIÓN NO CONTINUA:

La evaluación no continua será la utilizada para comprobar los progresos obtenidos por el sujeto tras un periodo de entrenamiento, se realizará en determinados momentos de la

planificación. Uno de ellos, será antes de empezar el programa de entrenamiento, para tener referencias del estado inicial del sujeto con las que comprar en evaluaciones posteriores. Las siguientes evaluaciones se realizarán varias semanas después, ya que hay que dar tiempo para llevar a cabo la aplicación del programa y para que se den las adaptaciones deseadas. En este tipo de población es difícil establecer la duración de un mesociclo, ya que el progreso depende mucho de la capacidad funcional tras el ACV, la cual variará mucho entre sujetos, podría darse el caso de que un sujeto en 4 semanas domine los patrones de movimiento básicos y esté listo para incluir tareas funcionales, mientras que otro necesite más tiempo, por lo que las evaluaciones no continuas se irán planteando según el progreso, no tendría sentido establecer una reevaluación a las cinco semanas del inicio del programa, si no se sabe en que punto del mismo se encontrará en ese momento.

Las pruebas de evaluación propuestas son las siguientes:

- **Equilibrio y marcha:** Para una primera evaluación de la capacidad de la marcha y el equilibrio, una buena opción es utilizar el test de Tinetti (Tinetti, Williams, Frankin & Mayewski, 1986). Se trata de una escala observacional que a través de dos subescalas, una de equilibrio, que evalúa tanto el equilibrio estático, como dinámico, y una que evalúa la marcha, proporciona información de la funcionalidad del sujeto. Es una herramienta de gran utilidad ya que su aplicación es muy rápida y sencilla, tanto para el evaluador como para el evaluado, y no se necesita ningún tipo de material. La puntuación máxima para la subescala de equilibrio es de 16 puntos y para la subescala de la marcha de 12 puntos, a mayor puntuación, mayor funcionalidad. La suma de ambas puntuaciones predice el riesgo de caídas, a mayor puntuación, menor riesgo de caídas, considerándose una puntuación <19 alto riesgo de caídas, de 19 a 24 riesgo de caídas y >24 bajo riesgo de caída. Además de la información que proporciona este test con los ítems establecidos, atendiendo a las características de la marcha hemiparética anteriormente expuestas y a las compensaciones comunes durante la misma, será de gran utilidad para la evaluación de la marcha en este tipo de población.

ESCALA DE TINETTI. PARTE I: EQUILIBRIO

Instrucciones: sujeto sentado en una silla sin brazos	
<i>EQUILIBRIO SENTADO</i>	
Se inclina o desliza en la silla.....	0
Firme y seguro.....	1
<i>LEVANTARSE</i>	
Incapaz sin ayuda.....	0
Capaz utilizando los brazos como ayuda.....	1
Capaz sin utilizar los brazos.....	2
<i>INTENTOS DE LEVANTARSE</i>	
Incapaz sin ayuda.....	0
Capaz, pero necesita más de un intento.....	1
Capaz de levantarse con un intento.....	2
<i>EQUILIBRIO INMEDIATO (5) AL LEVANTARSE</i>	
Inestable (se tambalea, mueve los pies, marcado balanceo del tronco)...	0
Estable, pero usa andador, bastón, muletas u otros objetos.....	1
Estable sin usar bastón u otros soportes.....	2
<i>EQUILIBRIO EN BIPEDESTACION</i>	
Inestable.....	0
Estable con aumento del área de sustentación (los talones separados más de 10 cm.) o usa bastón, andador u otro soporte.....	1
Base de sustentación estrecha sin ningún soporte.....	2
<i>EMPUJON</i> (sujeto en posición firme con los pies lo más juntos posible; el examinador empuja sobre el esternón del paciente con la palma 3 veces).	

Tiende a caerse.....	0
Se tambalea, se sujeta, pero se mantiene solo.....	1
Firme.....	2
OJOS CERRADOS (en la posición anterior)	
Inestable.....	0
Estable.....	1
GIRO DE 360°	
Pasos discontinuos.....	0
Pasos continuos.....	1
Inestable (se agarra o tambalea).....	0
Estable.....	1
SENTARSE	
Inseguro.....	0
Usa los brazos o no tiene un movimiento suave.....	1
Seguro, movimiento suave.....	2

TOTAL EQUILIBRIO / 16

ESCALA DE TINETTI. PARTE II: MARCHA

Instrucciones: el sujeto de pie con el examinador camina primero con su paso habitual, regresando con "paso rápido, pero seguro" (usando sus ayudas habituales para la marcha, como bastón o andador)

COMIENZA DE LA MARCHA (inmediatamente después de decir "camine")	
Duda o vacila, o múltiples intentos para comenzar.....	0
No vacilante.....	1
LONGITUD Y ALTURA DEL PASO	
El pie derecho no sobrepasa al izquierdo con el paso en la fase de balanceo.....	0
El pie derecho sobrepasa al izquierdo.....	1
El pie derecho no se levanta completamente del suelo con el paso en la fase del balanceo.....	0
El pie derecho se levanta completamente.....	1
El pie izquierdo no sobrepasa al derecho con el paso en la fase del balanceo.....	0
El pie izquierdo sobrepasa al derecho con el paso.....	1
El pie izquierdo no se levanta completamente del suelo con el paso en la fase de balanceo.....	0
El pie izquierdo se levanta completamente.....	1
SIMETRIA DEL PASO	
La longitud del paso con el pie derecho e izquierdo es diferente (estimada).....	0
Los pasos son iguales en longitud.....	1
CONTINUIDAD DE LOS PASOS	

Para o hay discontinuidad entre pasos.....	0
Los pasos son continuos.....	1
TRAYECTORIA (estimada en relación con los baldosines del suelo de 30 cm. de diámetro; se observa la desviación de un pie en 3 cm. De distancia)	
Marcada desviación.....	0
Desviación moderada o media, o utiliza ayuda.....	1
Derecho sin utilizar ayudas.....	2
TRONCO	
Marcado balanceo o utiliza ayudas.....	0
No balanceo, pero hay flexión de rodillas o espalda o extensión hacia fuera de los brazos.....	1
No balanceo no flexión, ni utiliza ayudas.....	2
POSTURA EN LA MARCHA	
Talones separados.....	0
Talones casi se tocan mientras camina.....	1

TOTAL MARCHA / 12
TOTAL GENERAL / 28

Figura 5. Tomada de (Castillo et al., 2011): Test de Tinetti.

- **Velocidad de la marcha:** Mediante el test de andar de 10 metros (10MWT). Se marcará una distancia de 14 metros, 2 metros iniciales para aceleración, los 10 metros del test, y 2 metros finales para la desaceleración. Se medirá el tiempo en segundos que el sujeto tarda en recorrer los 10 metros a una velocidad de la marcha confortable. Se realizarán 3 intentos y se registrará el mejor de los tiempos. Una velocidad de 0,8-1 m/s se considera una medida estándar de buena funcionalidad.

- **Capacidad de propulsión:** Se utilizará el test de dos pasos con Dynasystem. Tal y como se refleja anteriormente en este documento, usar solamente un test de velocidad, aunque esté validado como una medida de la capacidad de la marcha, no es del todo fiable, ya que esta mejora en la velocidad podría deberse al uso de estrategias compensatorias, principalmente con el miembro sano, y no a una mejora de la propulsión de la pierna parética, por lo que se debe incluir un test de evaluación de la capacidad de propulsión más específico, como podría ser el test de marcha de 6 minutos (Roelker et al., 2019). Pero hay que tener en cuenta, que la capacidad cardiorespiratoria juega un papel importante durante la realización de este último test, por lo que una mejora en futuras evaluaciones, podría venir dada por una mejora de la misma, y no de la capacidad de propulsión, por lo que tampoco es lo más fiable. Para dicho fin se realizará una prueba de propulsión mediante el uso de Dynasystem, en la cual se le pedirá al sujeto que de dos pasos hacia delante, contra una resistencia del 10% de su peso corporal usando el “Modo Tónico” del dispositivo. Dicha resistencia se fijará a su cadera mediante un cinturón. Se realizarán 3 intentos comenzando el primer paso con la pierna derecha, y 3 comenzando con la izquierda, alternando la pierna de inicio en cada intento. Se registrarán los valores más altos de la fuerza pico y fuerza media de un mismo intento para cada pierna de inicio.

- **Fuerza de flexión plantar:** Puesto que los flexores plantares son unos de los principales contribuyentes durante la propulsión, se evaluará la fuerza de los mismos. Mediante el uso del “Modo Tónico” de Dynasystem, con el sujeto en bipedestación y una resistencia fijada con un cinturón a la cadera, se le pedirá que se ponga de puntillas sobre un solo pie, es decir, que realice una flexión plantar, intentado realizar la fase concéntrica a la mayor velocidad posible. El evaluador podrá proporcionar ayuda al evaluado para equilibrarse si fuera necesario, asegurándose de que esta ayuda no interfiera en la producción de fuerza del evaluado y, teniendo en cuenta, que en futuras evaluaciones deberá realizar la prueba del mismo modo. Se realizarán 3 intentos con cada pierna y se registrarán los valores de la prueba en la que se alcance la fuerza pico y media más altas.

- **Fuerza de miembros superiores:** Aunque el objetivo del programa de entrenamiento sea principalmente la mejora de la capacidad de la marcha, también se busca una mejora funcional general y por lo tanto se incluyen ejercicios destinados a la mejora de la fuerza del tren superior, por lo que se incluirá una prueba de evaluación de miembros superiores para poder evaluar si mejora la fuerza del brazo parético especialmente. Se utilizará un curl de bíceps isométrico y unilateral. Con el sujeto en bipedestación, el codo flexionado a 90° y usando el “Modo Isométrico” de Dynasystem se le pedirá que realice una contracción isométrica durante 3-4 segundos. Se ejecutarán dos intentos con cada brazo, alternando brazos, y se registrarán los datos de los intentos en los que se haya obtenido el valor de la fuerza pico y media mas altos.

4.2. EVALUACIÓN CONTINUA:

Es la que permitirá llevar un control del entrenamiento. A diferencia de la no continua, su objetivo no es valorar una capacidad en concreto, por lo que no existe una batería de evaluación o tests específicos, sino que se basa en la recogida de datos como los valores de fuerza, el volumen de entrenamiento, el número de repeticiones o la percepción de esfuerzo del sujeto que realiza la sesión de entrenamiento.

Si los valores de fuerza aplicados durante un ejercicio o la resistencia usada es mayor con el paso de las semanas de entrenamiento, si el volumen de entrenamiento aumenta manteniendo (o incrementando) la resistencia, si la carga de entrenamiento se mantiene pero la percepción de esfuerzo del sujeto es menor, todo estaría indicando que el sujeto está progresando. Mediante el uso de Dynasystem esto resulta más sencillo porque además de que proporciona mucha información sobre valores de fuerza durante todo el entrenamiento, se podrían incluir pequeñas evaluaciones periódicas específicas como podría ser una medición de la fuerza de un miembro, en un punto concreto del ROM que resulte de interés, de manera muy rápida, sencilla y segura durante una sesión de entrenamiento.

En definitiva, se trata de realizar un registro de datos que proporcionen información de si se está dando un progreso. Hay que tener en cuenta que este progreso no será lineal, es decir, no todas las semanas un sujeto podrá aumentar la carga de entrenamiento en todas las sesiones o en todos los ejercicios, ya que habrá días en los que debido al estado de ánimo, a una mayor fatiga, etc, haya que reducir la intensidad del entrenamiento, pero siempre que la tendencia sea positiva, estos altibajos son completamente normales. Además de una escala RPE, usar un cuestionario como el SF-36, puede resultar muy útil para conocer el estado de vitalidad, energía, fatiga, etc, de la persona durante el proceso de entrenamiento.

5. PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO:

A continuación se expondrá con mayor profundidad, cada fase del programa de entrenamiento, detallando la estructura, intensidad, volumen y posible selección de ejercicios durante una sesión.

5.1. FASE DE ADAPTACIÓN ANATÓMICA:

Es la fase destinada a la introducción al entrenamiento de fuerza y al acondicionamiento general, que prepara al sujeto para el trabajo de fases posteriores. Asentar un control motor y movilidad adecuados para poder realizar los patrones de movimiento básicos correctamente y que se den las primeras adaptaciones del sistema nervioso que se reflejarán en un aumento de la fuerza, es el objetivo principal.

El calentamiento constará de liberación miofascial en la planta del pie y la cadena posterior del tren inferior principalmente, movilidad articular, adaptación del sistema respiratorio y circulatorio con ejercicio aeróbico y un ejercicio de equilibrio simple, como un apoyo monopodal estático.

La parte principal estará destinada a la realización de patrones de movimiento básicos (empuje, tracción, sentadilla y bisagra o empuje de cadera). Y para la vuelta a la calma se incluirán ejercicios de flexibilidad.

En cuanto a volumen e intensidad, si se trata de una persona activa que ya realiza actividad física Moderada-Vigorosa, se pueden usar las recomendaciones para entrenamiento de fuerza para personas con ACV del ACSM, las cuales establecen el uso de una carga de aproximadamente el 50-70% del RM para principiantes e intermedios, o del 40 al 50% del RM en el caso de adultos mayores o personas sedentarias. Si se trata de una persona que presenta una discapacidad moderada usar las “Basic CDD4 recomendations” del manual de ejercicio para personas con enfermedades crónicas de Durstine y Moore (*Moore & Durstine., 2016*).

Tabla 3:
Basic CDD4 recomendations.

Mode	Frequency	Duration	Intensity	Progression
Aerobic <ul style="list-style-type: none"> Large-muscle easily accessible activities such as walking as the basic program Aquatics recommended for those with musculoskeletal problems during weight-bearing activity Other fun-to-do large-muscle activities such as cycling or gardening are alternatives 	4-5 days/week	Start at any duration, as tolerated Goal of 40 min/session 20 min if a combined session with strength training exercises	Start at self-selected walking speed, at an intensity meeting the talk test Gradually increase to an RPE of 3-5/10	From self-selected pace, over 4 weeks gradually increase time to 40 min each session, increasing intensity as tolerated. Persons interested in higher-intensity exercise should obtain guidance before doing it.
Strength <ul style="list-style-type: none"> Functional gravity-based exercises recommended as the basic program Weight training an alternative for those who are interested and motivated to do it 	2-3 days/week	For body weight exercises: Functional exercises (see chapter 4), one set during TV commercials For weights: 1 set of 8-12 reps to fatigue	<ul style="list-style-type: none"> Sit to stand: 8 reps Alternative: stair steps (standard is 10 steps) Arm curls: 8 reps with ~4 kg (can use plastic milk jug filled with water) 50-70% of 1RM 	Build gradually to as many sets a day as tolerated. For curls and weight training: Increase to 2 sets over ~8 weeks.
Flexibility Hips, knees, shoulders, and neck	3 days/week	20 s/stretch	Maintain stretch below discomfort point	Discomfort point should occur at a ROM that does not cause instability. This discomfort point will vary between people and with different joints in each person.
Warm-up and cool-down	Before and after each session	10-15 min	Easy RPE <3/10	Should be maintained as transition phase, especially for those doing higher-intensity physical activity.

RPE = rating of perceived exertion
1 RM = 1 repetition maximum, the amount of weight that can be lifted just 1 time
ROM = range of motion

Tomada de: (Moore & Durstine., 2016).

En cualquier caso, la carga de entrenamiento dependerá de las características de cada sujeto, por lo que corresponde al entrenador ajustarla según las necesidades y el contexto. Dadas las necesidades especiales de este tipo de población, se podría dar el caso de que un sujeto tenga dificultades para llevar a cabo una prueba de RM, o que su propio peso corporal ya suponga una resistencia suficiente para el entrenamiento de fuerza. Por lo que

el uso de una escala de RPE, especialmente en esta primera fase podría ser muy recomendable, y podría usarse después de cada serie, para ajustar la intensidad del ejercicio, como después de la sesión, para ajustar el volumen. Es importante tener en cuenta que el uso de estas escalas de esfuerzo percibido, requieren de cierta experiencia por parte del sujeto, por lo que cabría esperar que en un principiante no sean del todo precisas, por lo que lo ideal es que el entrenamiento se realice bajo la supervisión de un profesional de la actividad física experimentado en entrenamiento de fuerza, que mediante la observación de la ejecución técnica, la velocidad de las fases concéntricas, etc, pueda valorar si la intensidad del entrenamiento esta siendo la adecuada. También es importante asegurarse de llevar un registro de las cargas usadas, el RPE de cada serie, o valores de fuerza de cada serie proporcionados por Dynasystem para poder llevar un buen control de la intensidad a lo largo de todo el mesociclo. En esta fase podría ser recomendable empezar con un RPE de 3 sobre 10 y progresar hasta un RPE de 4 sobre 10 la última semana.

A continuación se muestra una propuesta de estructura de sesión de entrenamiento durante esta fase de la programación, en la que la intensidad y volumen así como los ejercicios propuestos son orientativos y no se deben tomar como una referencia exacta, ya que no se trata de una sesión de entrenamiento, sino de una propuesta de ejercicios que podrían usarse en cada una de las partes.

Tabla 4

Estructura de sesión de la Fase de adaptación anatómica.

Fase de adaptación anatómica (2-3 sesiones a la semana).	
Calentamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liberación miofascial: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pelota lacrosse/tenis/golf en planta del pie. ○ Foam roller en cadena posterior del tren inferior. ▪ Adaptación del sistema cardiorespiratorio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Caminar en cinta (RPE <3/10). ▪ Movilidad articular: <ul style="list-style-type: none"> ○ Movilidad articular general de cuello a tobillos. ○ Disociación lumbopélvica y de cintura escapular. ▪ Equilibrio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Desplazamientos en escalera de habilidad. ○ Apoyo monopodal estático.
Parte Principal (RPE Sesión: 3-4/10)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuerza: 12 a 15 repeticiones (RPE Serie: 3-4/10). <ul style="list-style-type: none"> ○ Sentadilla a cajón. ○ Fondos en pared (Empuje horizontal). ○ Bisagra de cadera sin peso. ○ Puente de glúteo con peso corporal. ○ Tracción horizontal unilateral en bipedestación. ○ Plancha de abdomen en pared.
Vuelta a la calma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexibilidad: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estiramiento muscular general: 2 x 20'' en cada grupo muscular, en el punto del ROM en el que se sienta un ligero discomfort.

5.2. FASE DE TRANSICIÓN:

En esta fase se empezarán a incluir ejercicios que pueden resultar más complejos debido principalmente a que requieren un mayor equilibrio y control motor por involucrar un mayor número de grupos musculares, estabilizadores principalmente, y un mayor equilibrio.

Con el objetivo de dar paso a los ejercicios unilaterales, la tarea de equilibrio se dificulta, por ejemplo, pasando de un equilibrio monopodal estático simple como en la fase anterior, a uno monopodal estático reduciendo la superficie de apoyo del pie, monopodal dinámico a posición de tandém, monopodal dinámico incluyendo una bisagra de cadera, etc. Este tipo de ejercicios en apoyo monopodal, son interesantes ya que en función de como esté planteada la tarea, requerirán una correcta activación muscular y control motor, por ejemplo, limitar la superficie de apoyo, de modo que la mitad de la planta del pie (en el plano sagital) quede fuera del cajón, lo cual requerirá una modificación en el apoyo del pie en personas con pisada pronadora o supinadora, consiguiendo una mayor consciencia durante el apoyo del pie, que posteriormente se transferirá a los ejercicios de fuerza, como la sentadilla, evitando así el desplazamiento de la rodilla a la posición de valgo por ejemplo, durante este tipo de ejercicios o durante la marcha. O situarse sobre un cajón, en apoyo monopodal con el pie que está en el aire fuera del cajón, requerirá la activación del glúteo medio para evitar una inclinación lateral de la cadera, por lo que este tipo de ejercicios podrían empezar considerarse de fortalecimiento muscular y estar dentro de la parte principal. Realizar este tipo de ejercicios (y en general, todo el entrenamiento descalzo) facilitará la activación de la musculatura intrínseca del pie facilitando el aprendizaje motor debido a una mejor propiocepción y equilibrio (Hollander et al., 2016).

La intensidad aumenta respecto a la fase anterior, pudiendo llegar a la parte alta del rango de intensidad (70% del RM, o un RPE de 6 sobre 10 aproximadamente). Los ejercicios de empuje del tren inferior pasan a realizarse unilateralmente (sentadilla split, subidas a cajón), y la bisagra de cadera se empieza a realizar con resistencia, mediante alguna variante de peso muerto o, en caso de querer enfatizar en la musculatura de la cadera una buena opción es incluir un Pull Through.

Si durante la marcha el sujeto presentara una tendencia a la inversión del pie, algo común en este tipo de población, se podría incluir durante la movilidad de tobillo, algún ejercicio de fortalecimiento de los músculos que participan en la eversión del pie (peroneo corto, peroneo largo, extensor corto de los dedos y extensor largo de los dedos), como por ejemplo abducción del pie contra una pequeña resistencia, como podría ser una banda elástica.

El aumento del volumen de entrenamiento en esta fase vendrá dado por la inclusión de tareas más específicas para la mejora de la marcha, como los destinados a la mejora de la fuerza de los flexores plantares y dorsiflexores del tobillo, o los específicos para el fortalecimiento de la musculatura de la cadera. El volumen de los ejercicios de torso se puede mantener estable, manteniendo dos ejercicios en cada sesión que, si se estaban

realizando con el peso corporal podrían pasar a realizarse con el modo elástico de Dynasystem, y si se estaban realizando con el modo elástico, pasar al modo tónico. En cuanto a la intensidad y volumen,

En la siguiente tabla se recoge una propuesta de ejercicios que, junto con los de la fase anterior podrían seleccionarse para crear una sesión de entrenamiento.

Tabla 5
Estructura de sesión de la Fase de Transición.

Fase de Transición (3 sesiones a la semana).	
Calentamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liberación miofascial: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pelota lacrosse/tenis/golf en planta del pie. ○ Foam roller en cadena posterior del tren inferior. ▪ Adaptación del sistema cardiorespiratorio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Caminar en cinta (RPE <3/10). ▪ Movilidad articular: <ul style="list-style-type: none"> ○ Movilidad articular general de cuello a tobillos. ○ Disociación lumbopélvica y de cintura escapular.
Parte Principal (RPE Sesión: 5-6/10)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equilibrio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Desplazamientos en escalera de habilidad. ○ Apoyo monopodal a posición de tándem. ○ Apoyo monopodal sobre cajón (un pie fuera del cajón). ○ IDEM con alineación de cadera (activación glúteo medio). ○ Apoyo monopodal estática en porción medial interna/externa del pie. ▪ Fuerza: 8 a 12 repeticiones (RPE Serie: 4-6/10). <ul style="list-style-type: none"> ○ Sentadilla Split. ○ Zancadas. ○ Subidas a cajón. ○ Empuje horizontal unilateral del tren superior en bipedestación. ○ Dos pasos con resistencia. ○ IDEM incluyendo flexión plantar. ○ Peso muerto. ○ Peso muerto sumo. ○ Pull Trough . ○ Puente de glúteo unilateral. ○ Abducción de cadera sentado. ○ Flexión plantar de tobillo de pie o sentado. ○ Dorsiflexión de tobillo. ○ Abducción de pie. ○ Curl de bíceps unilateral. ○ Extensión de tríceps unilateral. ○ Press Pallof.
Vuelta a la calma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexibilidad: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estiramiento muscular general: 2 x 20'' en cada grupo muscular, en el punto del ROM en el que se sienta un ligero discomfort.

5.3. FASE DE FUERZA ESPECÍFICA:

En esta fase aumentará el volumen de los ejercicios que tienen una mayor similitud con la deambulación (se les podría llamar “funcionales”), pudiendo llegar a unir varios de ellos con el fin de crear una tarea dinámica en la que se realicen varios de los patrones de movimiento que se dan durante la marcha, involucrando así un mayor número de grupos musculares que, requerirán un mayor control motor para reclutar toda la musculatura solicitada, con el fin de que este aprendizaje motor se traduzca en un mejor control postural y de movimiento durante la deambulación. Por ejemplo, tras una sentadilla split, realizar el ejercicio de los dos pasos con resistencia. Esta sentadilla se realiza mediante el uso de Dynasystem, con la carga fijada por un cinturón a la cadera, igual que el ejercicio de los dos pasos con resistencia, por lo que la transferencia de uno a otro se puede realizar de forma cómoda e inmediata. Esta misma tarea se puede ir haciendo cada vez más compleja, llegando incluso a acoplarse las tareas de equilibrio con las de fuerza, como por ejemplo añadiendo una posición de tándem tras el último paso, una flexión plantar, una subida a cajón y posición de tándem, transportar una kettlebell en uno de los brazos, etc, mejorando así la aplicación de fuerza en situaciones de inestabilidad. Otra forma de progresar en las tareas dinámicas de equilibrio, como por ejemplo realizar una bisagra de cadera monopodal a posición de tándem, es ejecutándolas a mayor velocidad.

En los patrones de movimiento básicos que ya se venían realizando en fases anteriores, se reducirá el rango de repeticiones, pasando por ejemplo de un rango de 12 a 15 repeticiones, a uno de 8 a 12, depende del ejercicio, de modo que será posible aumentar la resistencia a utilizar, sin aumentar en exceso el rango de esfuerzo, que se mantendrá en un RPE de 6-7/10. También cabe la posibilidad de aumentar la intensidad de estos ejercicios mediante la modificación de la tarea, por ejemplo añadiendo una carga que obligue a forzar la abducción de la cadera durante la sentadilla split con el objetivo de dar un mayor estímulo al glúteo medio, o una carga que traccione hacia atrás de la cadera durante el peso muerto, para forzar la extensión de cadera como si de un pull through se tratase, e incidir más en el glúteo mayor.

En caso de que sea necesario para poder destinar más volumen de entrenamiento a los ejercicios mas funcionales, se reducirá el volumen de los patrones de movimiento básicos, para ello se podría cambiar la distribución de los mismos en las sesiones. Por ejemplo, si se realizan 3 sesiones a la semana, y en todas se incluía una bisagra de cadera, es posible que con la inclusión de nuevos ejercicios funcionales ya se esté dando ese movimiento en alguno de ellos, por lo que se podría pasar a realizar la bisagra de cadera básica, en solamente dos de las sesiones. Este reparto del volumen deberá plantearlo el entrenador según las necesidades y circunstancias.

En la siguiente tabla se recoge una propuesta de ejercicios que, junto con los de la fase anterior podrían seleccionarse para crear una sesión de entrenamiento.

Tabla 6

Estructura de sesión de la Fase de fuerza específica.

Fase de Fuerza específica (3 sesiones a la semana).	
Calentamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liberación miofascial: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pelota lacrosse/tenis/golf en planta del pie. ○ Foam roller en cadena posterior del tren inferior. ▪ Adaptación del sistema cardiorespiratorio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Caminar en cinta (RPE <3/10). ▪ Movilidad articular: <ul style="list-style-type: none"> ○ Movilidad articular general de cuello a tobillos. ○ Disociación lumbopélvica y de cintura escapular.
Parte Principal (RPE Sesión: 6-8/10)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equilibrio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Apoyo monopodal a posición de tándem >Velocidad. ○ Apoyo monopodal en porción medial interna/externa del pie a tándem. ▪ Fuerza: 8 a 12 repeticiones (RPE Serie: 5-8/10): <ul style="list-style-type: none"> ○ Sentadilla a cajón + 2 pasos con resistencia. ○ IDEM + posición de tándem. ○ IDEM + flexión plantar explosiva durante los pasos. ○ Subidas a cajón con resistencia. ○ Step down excéntrica lenta. ○ IDEM sujetando una kettlebell. ○ IDEM + transportando una Kettlebell. ○ Sentadilla Split + Abducción de cadera mantenida. ○ S.Split + 2 pasos con resistencia. ○ IDEM + posición de tándem. ○ S.Split + 2 pasos con flexión plantar explosiva. ○ S.Split + 2 pasos con Kettlebell. ○ S.Split + subida a cajón. ○ IDEM con Kettlebell. ○ S.Split + subida a cajón + Posición de tándem. ○ IDEM con Kettlebell. ○ Zancadas con desplazamiento. ○ Peso muerto. ○ Peso muerto sumo. ○ Bisagra de cadera en apoyo monopodal. ○ IDEM > Velocidad ○ Bisagra de cadera apoyo monopodal con Kettlebell. ○ Puente de glúteo con carga. ○ Frog Pump. ○ Press banca. ○ Remo a una mano. ○ Pullover unilateral de pie. ○ Monster walk. ○ Farmer walk unilateral. ○ Press pallof agarre inestable (toalla).
Vuelta a la calma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexibilidad: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estiramiento muscular general: 2 x 20'' en cada grupo muscular, en el punto del ROM en el que se sienta un ligero discomfort.

6. DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL:

6.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO: DAFO Y CAME

▪ Análisis DAFO:

Tabla 7

Análisis DAFO.

ANÁLISIS INTERNO	
Debilidades	<ul style="list-style-type: none">▪ Sin experiencia práctica previa con pacientes neurológicos.▪ Poca formación académica específica durante el grado en CCAFD sobre pacientes neurológicos.
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none">▪ Experiencia en entrenamiento de fuerza orientado a la salud.▪ Entrenador Personal certificado por la NSCA.▪ Formación teórica específica sobre entrenamiento de pacientes neurológicos por la NSCA.▪ Contar con el apoyo de profesionales con experiencia con este tipo de población.
ANÁLISIS EXTERNO	
Amenazas	<ul style="list-style-type: none">▪ Imposibilidad de control sobre AF llevada a cabo por cuenta propia del paciente.▪ Material necesario limitado.▪ Uso de la instalación limitado a 2 veces por semana.▪ Imposibilidad de completar la intervención debido al estado de alarma por COVID-19.▪ Poco conocimiento de la importancia de un graduado en CCAFD para la readaptación de pacientes neurológicos.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none">▪ Disponibilidad de una de las mejores y más recientes tecnologías para la valoración y entrenamiento funcional de la fuerza (Dynasystem, Granada. España).▪ Formación en el uso de nuevas tecnologías para la valoración y entrenamiento funcional de la fuerza.▪ Posibilidad de aplicación práctica y planificación en base a un caso de ACV real.▪ Formación en el entrenamiento con pacientes neurológicos.▪ Aprender a trabajar en un equipo multidisciplinar junto a una fisioterapeuta.

- **Estrategia CAME:**

Tabla 8
Estrategia CAME.

ESTRATEGIA CAME	
Corregir debilidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicar los conocimientos obtenidos en el grado sobre búsqueda documental, para leer sobre entrenamiento para pacientes neurológicos basados en la evidencia científica. ▪ Aplicar los principios básicos del entrenamiento de fuerza, adaptándome a las necesidades del paciente neurológico.
Afrontar amenazas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planificar sesiones de ejercicio aeróbico y flexibilidad para que ocupen el tiempo de AF que el paciente realiza independientemente. ▪ Usar material propio. ▪ Adaptar el entrenamiento, y proporcionárselo en vídeo para que el paciente pueda realizarlo en su casa. ▪ Seguir en formación continua para hacerse un hueco en el mercado laboral.
Mantener fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyarse y aplicar la formación y principios básicos en lo referente al entrenamiento personal. ▪ Recurrir a la ayuda de profesionales con experiencia para orientarme y resolver las dificultades o dudas que puedan surgir.
Explotar oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diferenciarme en el mercado laboral por la formación en el uso de nuevas tecnologías para la valoración y entrenamiento funcional de la fuerza. ▪ Diferenciarme mediante la especialización en entrenamiento orientado a pacientes neurológicos en un mercado laboral liderado actualmente por médicos y fisioterapeutas. ▪ Obtención de experiencia trabajando con un caso real y en un equipo multidisciplinar.

Estrategia CAME.

6.2. COMPETENCIAS PROFESIONALES Y MOTIVACIÓN PERSONAL:

Mi principal motivación para la realización de este trabajo es que desde hace bastante tiempo me ha interesado todo lo relacionado con el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento personal, y poco a poco, durante todos estos años de formación, en los que he ido descubriendo el impacto positivo que este tipo de entrenamiento tiene sobre la salud, me he ido dando cuenta de que poder mejorar la calidad de vida de las personas a través de una actividad que tanto me gusta, me resultaría muy gratificante. Desde entonces intenté formarme todo lo posible en este ámbito, además de cursar el grado, me certifiqué como entrenador personal por la NSCA, lo que considero que me proporcionó

bastantes competencias a nivel teórico, pero muy pocas a nivel práctico, por lo que tenía claro que cuando tuviera la oportunidad de realizar mis prácticas, sería en algo relacionado con el entrenamiento personal y de fuerza, para poder adquirir competencias a nivel práctico. Cuando vi los temas propuestos por los hermanos Chiroso para la realización del TFG, me llamó mucho la atención el uso de nuevas tecnologías para la valoración y el entrenamiento de la fuerza, se trataba de un Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF) (Dynasystem, Granada. España) del que ya nos habían dado una práctica en una de las asignaturas del grado y me pareció muy interesante, por lo que pensé que era una buena oportunidad para formarme en el uso de nuevas tecnologías, relacionadas con el ámbito del entrenamiento personal.

Posteriormente empecé mis prácticas con Synergy Movement Technologies, empresa desarrolladora de Dynasystem, y mi tutor profesional me ofreció colaborar con él en el caso de una señora que había sufrido un ictus y los médicos le habían recomendado que realizara entrenamiento de fuerza con el objetivo de mejorar su capacidad de marcha. Sin duda acepté, porque me pareció una muy buena oportunidad para formarme en el entrenamiento con este tipo de población, y el hecho de poder ayudar a mejorar la calidad de vida de una persona en esa situación me pareció muy motivante.

Mis aptitudes para la realización de dicho trabajo, diría que son los conocimientos teóricos en el entrenamiento de la fuerza adquiridos durante estos años de formación, los cuales he aplicado a la práctica en mí, y me han permitido comprender la literatura empleada, y los conocimientos adquiridos durante el grado sobre búsqueda documental para poder encontrar información sobre el tema.

En cuanto a limitaciones, considero que el entrenamiento de este tipo de población es muy complejo, ya que no se trata solamente de mejorar la fuerza, sino que influyen muchas más variables que hay que saber evaluar, como son los déficits funcionales de movimiento, propiocepción, etc, provocados por el ACV, y como afectan al sujeto. En cuanto a movilidad y propiocepción, capacidades que van de la mano de la fuerza en supervivientes de ACV hay nuevas tecnologías y estrategias, como son la terapia espejo o el uso de realidad virtual, que considero que si el objetivo es enfocarse a este tipo de población, es necesario conocer a la perfección. Y creo que para adquirir todas estas competencias, realizar un trabajo teórico no es suficiente, se necesita mucha formación, tanto teórica como práctica, que te permita no solo plantear una prueba de evaluación, sino saber aplicarla correctamente, saber interpretar los resultados para detectar que es lo que necesita el sujeto, adaptarte a imprevistos, etc.

En definitiva, creo que como un primer acercamiento al entrenamiento de fuerza de supervivientes de ACV, un trabajo de este tipo permite adquirir una visión general de la evidencia actual, y establecer cierta base de conocimientos a la hora de plantear la parte del entrenamiento orientada a la fuerza, pero soy consciente de que trabajar con supervivientes de ACV abarca mucho más y, necesito muchísima más formación teórica y sobre todo práctica para poder realizar un trabajo integral.

6.3. PLANES DE FUTURO:

Tras terminar el grado mi principal objetivo es seguir formándome, a poder ser, compaginándolo con un empleo del ámbito de las ciencias del deporte con el que seguir aprendiendo y obteniendo experiencia práctica. En cuanto a formación, desde que empecé el grado me ha interesado lo relacionado con el entrenamiento personal, más enfocado al ámbito de la salud que al rendimiento deportivo, por lo que en principio mi intención era realizar el máster de entrenamiento personal, pero a lo largo de estos cuatro años empecé a interesarme por la readaptación física. Personalmente creo la formación en entrenamiento personal con población sana, con objetivo de conseguir un nivel de condición física saludable y una mejor composición corporal, es más asequible en cuanto a complejidad, que la relacionada con readaptación de lesiones, por lo que decidí, además de formarme por mi cuenta, hacerlo con entidades privadas que ofrecían certificaciones en entrenamiento personal, como la NSCA, con la idea de dedicar el máster, a la readaptación de lesiones. Posteriormente, a partir del tercer año del grado, empezó a interesarme la preparación física orientada al rendimiento deportivo, que además, creo que se puede complementar bastante bien con la readaptación. Dado que actualmente existen buenas formaciones privadas sobre readaptación de lesiones y que me gustaría introducirme en el campo de la preparación física orientada a rendimiento deportivo, creo que colaborar con algún grupo de investigación enfocado a preparación física, me permitiría aprender lo máximo posible en ese ámbito, y si es posible, realizar el máster de investigación. Y si esto no es factible, hacer un máster sobre alto rendimiento deportivo, e independientemente del máster que curse, compaginarlo con una formación privada en readaptación de lesiones.

Sobre el ámbito laboral, mi intención a corto plazo es dedicarme al entrenamiento personal, ya que es para lo que me siento más capacitado actualmente. Además, el aprendizaje adquirido durante el desarrollo de mis prácticas en el uso de nuevas tecnologías para la valoración y entrenamiento de la fuerza, como Dynasystem, que se encuentran actualmente en expansión, podría ser un punto positivo a la hora de diferenciarme y encontrar empleo. Mi intención es poder desempeñar esta labor de manera presencial, con el objetivo de conseguir experiencia práctica, pero si no es posible, intentaría hacerme un hueco en el mercado de los asesoramientos online, que actualmente está en auge y es una forma sencilla y económica de emprender.

A largo plazo, mi objetivo ideal sería poder seguir formándome a través de la investigación en preparación física orientada al rendimiento deportivo mientras ejerzo como preparador.

7. BIBLIOGRAFÍA:

- Aguiar, L. T., Martins, J. C., Brito, S. A. F. de, Mendes, C. L. G., Teixeira-Salmela, L. F., & Faria, C. D. C. D. M. (2019). Knee extensor muscles strength indicates global lower-limb strength in individuals who have suffered a stroke: A cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(3), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.08.001>
- Awad, L. N., Palmer, J. A., Pohlig, R. T., Binder-Macleod, S. A., & Reisman, D. S. (2015). Walking speed and step length asymmetry modify the energy cost of walking after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(5), 416–423. <https://doi.org/10.1177/1545968314552528>
- Bartur, G., Pratt, H., Dickstein, R., Frenkel-Toledo, S., Geva, A., & Soroker, N. (2015). Electrophysiological manifestations of mirror visual feedback during manual movement. *Brain Research*, 1606, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.02.029>
- Benjaminse, A., Gokeler, A., Dowling, A. V., Faigenbaum, A., Ford, K., Hewett, T., ... & Myer, G. (2013). Optimization of the ACL injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk deficits. *J. Sports Phys. Ther.* Submitted for Publication.
- Broderick, P., Horgan, F., Blake, C., Ehrensberger, M., Simpson, D., & Monaghan, K. (2018). Mirror therapy for improving lower limb motor function and mobility after stroke: A systematic review and meta-analysis. In *Gait and Posture* (Vol. 63). <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.05.017>
- Broderick, P., Horgan, F., Blake, C., Ehrensberger, M., Simpson, D., & Monaghan, K. (2019). Mirror therapy and treadmill training for patients with chronic stroke: a pilot randomized controlled trial. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 26(3), 163–172. <https://doi.org/10.1080/10749357.2018.1556504>
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827.
- Chern, J. S., Lo, C. Y., Wu, C. Y., Chen, C. L., Yang, S., & Tang, F. T. (2010). Dynamic postural control during trunk bending and reaching in healthy adults and stroke patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(3), 186–197. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181c56287>
- De Haart, M., Geurts, A. C., Huidekoper, S. C., Fasotti, L., & Van Limbeek, J. (2004). Recovery of standing balance in postacute stroke patients: A rehabilitation cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(6), 886–895. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.05.012>
- Dickstein, R., Shefi, S., Marcovitz, E., & Villa, Y. (2004). Anticipatory Postural Adjustment in Selected Trunk Muscles in Poststroke Hemiparetic Patients. *Archives*

of *Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(2), 261–267.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.05.011>

Dorsch, S., Ada, L., & Canning, C. G. (2016). Lower Limb Strength Is Significantly Impaired in All Muscle Groups in Ambulatory People with Chronic Stroke: A Cross-Sectional Study Presented to the Australian Physiotherapy Association, October 27–30, 2011, Brisbane, Australia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(4), 522–527. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.10.106>

Dorsch, S., Ada, L., Canning, C. G., Al-Zharani, M., & Dean, C. (2012). The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(6), 1072–1076. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.01.005>

Faria-Fortini, I., Basílio, M. L., Polese, J. C., Menezes, K. K. P., Faria, C. D. C. M., Scianni, A. A., & Teixeira-Salmela, L. F. (2017). Strength deficits of the paretic lower extremity muscles were the impairment variables that best explained restrictions in participation after stroke. *Disability and Rehabilitation*, 39(21), 2158–2163. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1219397>

Forghany, S., Nester, C. J., Tyson, S. F., Preece, S., & Jones, R. K. (2014). The effect of stroke on foot kinematics and the functional consequences. *Gait & Posture*, 39(4), 1051–1056. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.01.006>

Fritsch, C., Wang, J., Dos Santos, L. F., Mauritz, K. H., Brunetti, M., & Dohle, C. (2014). Different effects of the mirror illusion on motor and somatosensory processing. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 32(2), 269–280. <https://doi.org/10.3233/RNN-130343>

Hall, A. L., Peterson, C. L., Kautz, S. A., & Neptune, R. R. (2011). Relationships between muscle contributions to walking subtasks and functional walking status in persons with post-stroke hemiparesis. *Clinical Biomechanics*, 26(5), 509–515. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.12.010>

Haruyama, K., Kawakami, M., & Otsuka, T. (2017). Effect of Core Stability Training on Trunk Function, Standing Balance, and Mobility in Stroke Patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(3), 240–249. <https://doi.org/10.1177/1545968316675431>

Hills, A. P., Byrne, N. M., Wearing, S., & Armstrong, T. (2006). Validation of the intensity of walking for pleasure in obese adults. *Preventive Medicine*, 42(1), 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2005.10.010>

Hollander, K., Van der Zwaard, B. C., De Villiers, J. E., Braumann, K. M., Venter, R., & Zech, A. (2016). The effects of being habitually barefoot on foot mechanics and motor performance in children and adolescents aged 6–18 years: study protocol for a multicenter cross-sectional study (Barefoot LIFE project). *Journal of foot and ankle research*, 9(1), 36.

- Hsiao, H. Y., Knarr, B. A., Pohlig, R. T., Higginson, J. S., & Binder-Macleod, S. A. (2016). Mechanisms used to increase peak propulsive force following 12-weeks of gait training in individuals poststroke. *Journal of Biomechanics*, *49*(3), 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.12.040>
- Kluding, P., & Zipp, G. P. (2004). Effect of ankle joint mobilization on ankle mobility and sit-to-stand in subjects with hemiplegia. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, *28*(2), 72–83. <https://doi.org/10.1097/01.NPT.0000281187.94382.d9>
- Lee, J., & Stone, A. J. (2020). Combined Aerobic and Resistance Training for Cardiorespiratory Fitness, Muscle Strength, and Walking Capacity after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*, *29*(1), 104498. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104498>
- Lewek, M. D., Raiti, C., & Doty, A. (2018). The Presence of a Paretic Propulsion Reserve During Gait in Individuals Following Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *32*(12), 1011–1019. <https://doi.org/10.1177/1545968318809920>
- Lisinski, P., Huber, J., Gajewska, E., & Szlapinski, P. (2012). The body balance training effect on improvement of motor functions in paretic extremities in patients after stroke. A randomized, single blinded trial. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *114*(1), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2011.09.002>
- Martín Noguerras, A., Calvo Arenillas, J. L., Orejuela Rodríguez, J., Barbero Iglesias, F. J., & Sánchez Sánchez, C. (1999, 1 enero). Fases de la marcha humana. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. Recuperado 6 abril, 2020, de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-fases-marcha-humana-13012714>
- Milot, M.-H., Leonard, G., Corriveau, H., & Desrosiers, J. (2019). Using the Borg rating of perceived exertion scale to grade the intensity of a functional training program of the affected upper limb after a stroke: a feasibility study. *Clinical Interventions in Aging*, *14*, 9–16. <https://doi.org/10.2147/CIA.S179691>
- Moore, G., Durstine, J. L., Painter, P., & American College of Sports Medicine. (2016). *Acsm's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*, 4E. Human Kinetics.
- Ng, S. S., & Hui-Chan, C. W. (2012). Contribution of ankle dorsiflexor strength to walking endurance in people with spastic hemiplegia after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *93*(6), 1046–1051. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.12.016>
- Obembe, A. O., & Eng, J. J. (2016). Rehabilitation interventions for improving social participation after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *30*(4), 384–392. <https://doi.org/10.1177/1545968315597072>

- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., & Ray, C. A. (2004). Exercise and hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 533-553.
- Peterson, C. L., Cheng, J., Kautz, S. A., & Neptune, R. R. (2010). Leg extension is an important predictor of paretic leg propulsion in hemiparetic walking. *Gait and Posture*, 32(4), 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.06.014>
- Ross, R. T. (2007). *How to examine the nervous system*. Springer Science & Business Media.
- Roelker, S. A., Bowden, M. G., Kautz, S. A., & Neptune, R. R. (2019). Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review. *Gait & Posture*, 68, 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.027>
- Ryerson, S., Byl, N. N., Brown, D. A., Wong, R. A., & Hidler, J. M. (2008). Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 32(1), 14–20. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e3181660f0c>
- Sacristán Valero S, Concustell Gonfaus J, Crespo Martínez A, Galimany Valldosera M, Querol Martínez E. Estudio cinemático en 2D de la macha en Estepage. *Revista Española de Podología*. Mayo-Junio 2009;10(3):152-5.
- Schindler-Ivens, S., Desimone, D., Grubich, S., Kelley, C., Sanghvi, N., & Brown, D. A. (2008). Lower extremity passive range of motion in community-ambulating stroke survivors. *Journal of Neurologic Physical Therapy: JNPT*, 32(1), 21–31. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31816594ea>
- Souissi, H., Zory, R., Boudarham, J., Pradon, D., Roche, N., & Gerus, P. (2019). Muscle force strategies for poststroke hemiparetic patients during gait. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 26(1), 58–65. <https://doi.org/10.1080/10749357.2018.1536023>
- Srivastava, A., Taly, A. B., Gupta, A., Kumar, S., & Murali, T. (2009). Post-stroke balance training: Role of force platform with visual feedback technique. *Journal of the Neurological Sciences*, 287(1–2), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2009.08.051>
- Tinetti, M.E.; Williams, T. Frankin; Mayewski, R. (1986). "Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities". *American Journal of Medicine* 80 (3): 429–434.
- Wist, S., Clivaz, J., & Sattelmayer, M. (2016). Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59(2), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.001>

8. ANEXOS:

Se adjunta un ejemplo de sesión (y plantilla de registro) para realizar mediante el uso de Dynasystem en cada una de las fases de la programación la fase de fuerza específica:

- **Ejemplo de batería de evaluación:** Diseñada para evaluar el equilibrio, la capacidad funcional de la marcha, fuerza general de miembros inferiores y superiores, y fuerza de propulsión.

Martes 10 de Marzo TA: PPM:					
Calentamiento					
1. Movilidad articular general.					
2. Calentamiento aeróbico.					
3. Activación muscular:					
- Sentadilla al aire con control de valgo.					
- Fondos en pared.					
- Plancha en pared.					
4. Activación propioceptiva:					
- Disociación escapular y pélvica.					
Evaluación	to	Tiempo	Apoyos	F.Pico	F.Media
Test Tinetti	1				
10MWT	1				
	2				
6 Minutes walk test	1				
Mid thigh pull isométrico Bilateral	1				
	2				
Test de 2 pasos (Der)	1				
	2				
Test de 2 pasos (Izq)	1				
	2				
Flexión plantar isométrica (Der)	1				
	2				
Flexión plantar isométrica (Izq)	1				
	2				
Curl Bíceps Iso (Der)	1				
	2				
Curl Bíceps Iso (Izq)	1				
	2				

- **Ejemplo de sesión de la fase de adaptación anatómica:** El objetivo durante es fase es el aprendizaje de los patrones de movimiento básicos y la iniciación al entrenamiento de fuerza.

Jueves 12 de Marzo. TA: PPM:								
Calentamiento								
1. Movilidad articular general y Liberación miofascial. - Pelota y foam. -Pisar esquina, rodilla a pared x10, rodilla a pared pisando esquina x10, rodilla al suelo barra por fuera del pie.								
2. Calentamiento aeróbico.								
3. Activación muscular: - Sentadilla al aire con control de valgo. - Fondos en pared. -Plancha en pared.								
4. Activación propioceptiva: - Disociación escapular y pélvica en cuadrupedia.								
Fuerza funcional	Serie	Reps	Modo	Carga Concéntrica	Carga Excéntrica	F. Pico	F. Media	RPE
Sentadilla a cajón	1	12 a 15	Libre					4
	2							4
	3							4
Puente de glúteo	1	12 a 15	Libre					4
	2							4
	3							4
Flexión Plantar sentada (Der)	1	10 a 12	Libre					4
	2							4
Flexión Plantar sentada (Izq)	1							4
	2							4
Tracción horizontal (Der)	1	12 a 15	Elástico					4
	2							4
Tracción horizontal (Izq)	1							4
	2							4
Press Horizontal (Der)	1	12 a 15	Elástico					4
	2							4
Press Horizontal (Izq)	1							4
	2							4

- **Ejemplo de sesión de la fase de fuerza específica:** El objetivo de esta fase es transferir la mejora de la fuerza a la marcha, para ello la mayor parte del volumen de entrenamiento se empleará a la realización de tareas funcionales más específicas de la marcha:

Fase fuerza específica.								
Calentamiento								
<p>1. Liberación miofascial y movilidad articular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelota lacrosse en plante del pie. -Foam roller en tren inferior. - Disociación escapular y lumbopélvica en cuadrupedia. <p>2. Calentamiento aeróbico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5-10 minutos caminando en cinta a velocidad confortable. <p>3. Activación muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamientos sobre escalera de habilidad. - Fondos en pared. -Plancha en pared. <p>V. Calma: Ejercicios de flexibilidad: 2 series de 20" para cada grupo muscular.</p>								
Fuerza	Serie	Reps	Modo Dynasystem	Carga Concéntrica	Carga Excéntrica	F. Pico	F. Media	RPE
Sentadilla Split + Abducción de cadera mantenida (Der)	1	8 a 10	Elástico					5
	2							6
Sentadilla Split + Abducción de cadera mantenida (Izq)	1	8 a 10	Elástico					5
	2							6
2 pasos con flexión plantar explosiva + Subida a cajón (Der)	1	6 a 8	Tónico					5
	2							5
2 pasos con flexión plantar explosiva + Subida a cajón (Izq)	1	6 a 8	Tónico					5
	2							5
Bisagra cadera monopodal (Der)	1	8 a 10	Tónico					5
	2							6
Bisagra cadera monopodal (Izq)	1	8 a 10	Tónico					5
	2							6
Pull Through	1	12 a 15	Tónico					6
	2							6
Remo Unilateral (Der)	1	10 a 12	Tónico					5
	2							6
Remo Unilateral (Izq)	1	10 a 12	Tónico					5
	2							6
Press Palflof	1	12 a 15	Elástico					5
	2							5

