



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

TREBALL FINAL DE GRAU

---

**Revisió bibliogràfica de l'aplicació d'AFO's  
en pacients amb peu equí**

*A review about the use of AFO's in equinus foot*

---

**Alumna:** Ariadna Sellés Vidal

**Tutora:** Esther Querol Martínez

**Curs Acadèmic:** 20016 – 2017

**Codi de l'assignatura:** 360416

L'Hospitalet de Llobregat, 31 de Maig de 2017

## **RESUM**

En els pacients afectats de trastorns neurològics l'equinisme provoca problemes en la deambulació i durant la realització de les activitats de la vida quotidiana. Per aquest motiu, és necessari dur a terme una exploració biomecànica exhaustiva valorant principalment la força muscular i el rang de mobilitat articular per poder prescriure la correcta ortesi turmell-peu (AFO), i així millorar la qualitat de vida del pacient.

A partir d'una recerca bibliogràfica es va valorar l'eficàcia d'aquests dispositius, utilitzant la mesura p-valor  $<0.05$  per tal d'avaluar els resultats més significatius dels paràmetres estudiats en cada un dels articles seleccionats. Es van observar diferències significatives amb una millora dels paràmetres espai-temporals i cinemàtics, juntament amb una reducció de la despesa energètica. Alguns d'ells, també van millorar l'activitat electromiogràfica (EMG).

**Paraules clau:** AFO, peu equí, accident cerebrovascular (ACV), anàlisi de la marxa.

## **ABSTRACT**

In neurological patients, equinus deformity causes walking and daily activities difficulties. For this reason, it is necessary to do a biomechanics examination valuing mainly muscle strength and range of joint mobility in order to prescribe the correct ankle-foot orthosis (AFO) to improve the quality of life of the patient.

Based on a literature review, we assess the effectiveness of these devices using as p-value  $<0.05$ , to evaluate the most significant results of the parameters studied in each of the selected articles. Significant differences were observed. An improvement of space-time and kinematic parameters will reduce energy expenditure during the gait. Some of them, also improved with electromyographic activity (EMG).

**Keywords:** AFO, equinus deformity, stroke, gait analysis.

**Abreviatures.-** SNC (sistema nerviós central); ACV (accident cerebrovascular); AFO (ortesi turmell-peu); EMG (electromiogràfica); DF (flexió-dorsal); PF (flexió-plantar); CI (contacte inicial); TA (tibial anterior); GAS (gastrocnemi); SOL (soli)

## INTRODUCCIÓ

L'accident cerebrovascular (ACV) o ictus és la causa principal de discapacitat greu a llarg termini present en l'edat adulta. Els pacients amb aquesta afectació mostren un dèficit del control postural causat per una disfunció del sistema nerviós central (SNC) que provoca alteracions de coordinació entre la musculatura, fet que condueix a la presència d'una marxa inestable, asimètrica i amb una major tendència a generar caigudes<sup>1</sup>.

La marxa del pacient hemiplègic es caracteritza per ser més lenta, amb presència de moviments complicats, dificultosos i no coordinats de les extremitats, la qual cosa implica més cansament durant la deambulació juntament amb un augment de la despesa energètica, comparat amb la marxa normal de subjectes sans<sup>2-3</sup>.

Els paràmetres espai-temporals normalment es veuen alterats, es pot observar una reducció de la velocitat, de la cadència i de la longitud de pas amb un increment de la fase de recolzament de l'extremitat inferior no afectada i una disminució de la fase d'oscil·lació de l'extremitat inferior afectada<sup>3</sup>.

A nivell cinemàtic, les alteracions varien enormement d'un pacient a un altre, podent existir hiperextensió de genoll, flexió de maluc o genoll més accentuada durant el període de recolzament, inadequada flexió de maluc i genoll durant el període d'oscil·lació, descens pèlvic contralateral excessiu, inclinació contralateral del tronc, peu equí-var o excessiva abducció de maluc en el període d'oscil·lació, entre d'altres manifestacions<sup>1</sup>.

Les ortesis turmell-peu (AFO's) són els dispositius prescrits de forma més habitual. Tots ells estan dissenyats per a restablir la marxa durant el procés de rehabilitació de pacients afectats d'ACV i en altres derivats d'alteracions neurològiques com ara lesions cerebrals traumàtiques, esclerosi múltiple, paràlisi cerebral, neuropaties perifèriques i altres malalties o trastorns neuromusculars<sup>4-5</sup>. Aquests dispositius proporcionen estabilitat al turmell durant la fase de recolzament i faciliten l'enlairament digital en la fase d'oscil·lació, proporcionant així una reducció de la despesa energètica<sup>6</sup>.

Per aquest motiu, en aquesta revisió investigarem les característiques dels diferents dispositius on els resultats dels quals són significatius i resulten d'ajuda per a la deambulació en pacients amb alteracions durant la marxa. I això per poder valorar quins presenten millors característiques a l'hora de facilitar la seva prescripció.

## **OBJECTIUS**

L'objectiu principal d'aquest treball és analitzar si l'ús d'AFO's és efectiu en pacients amb peu equí derivats d'alteracions neurològiques. Realitzem una comparativa a partir dels paràmetres espai-temporals, cinemàtics, cinètics i electromiogràfics de l'extremitat inferior afectada.

## **MATERIAL I MÈTODES**

Per tal de realitzar aquest treball es va dur a terme una cerca bibliogràfica utilitzant la base de dades biomèdica PubMed. Les paraules clau utilitzades per a la cerca dels articles foren [*"Equinus Deformity AND rehabilitation"*], [*"Gait Disorders, Neurologic" AND ankle foot orthosis*] i [*"Orthotic Devices"AND "stroke"*].

### **Selecció de l'estudi**

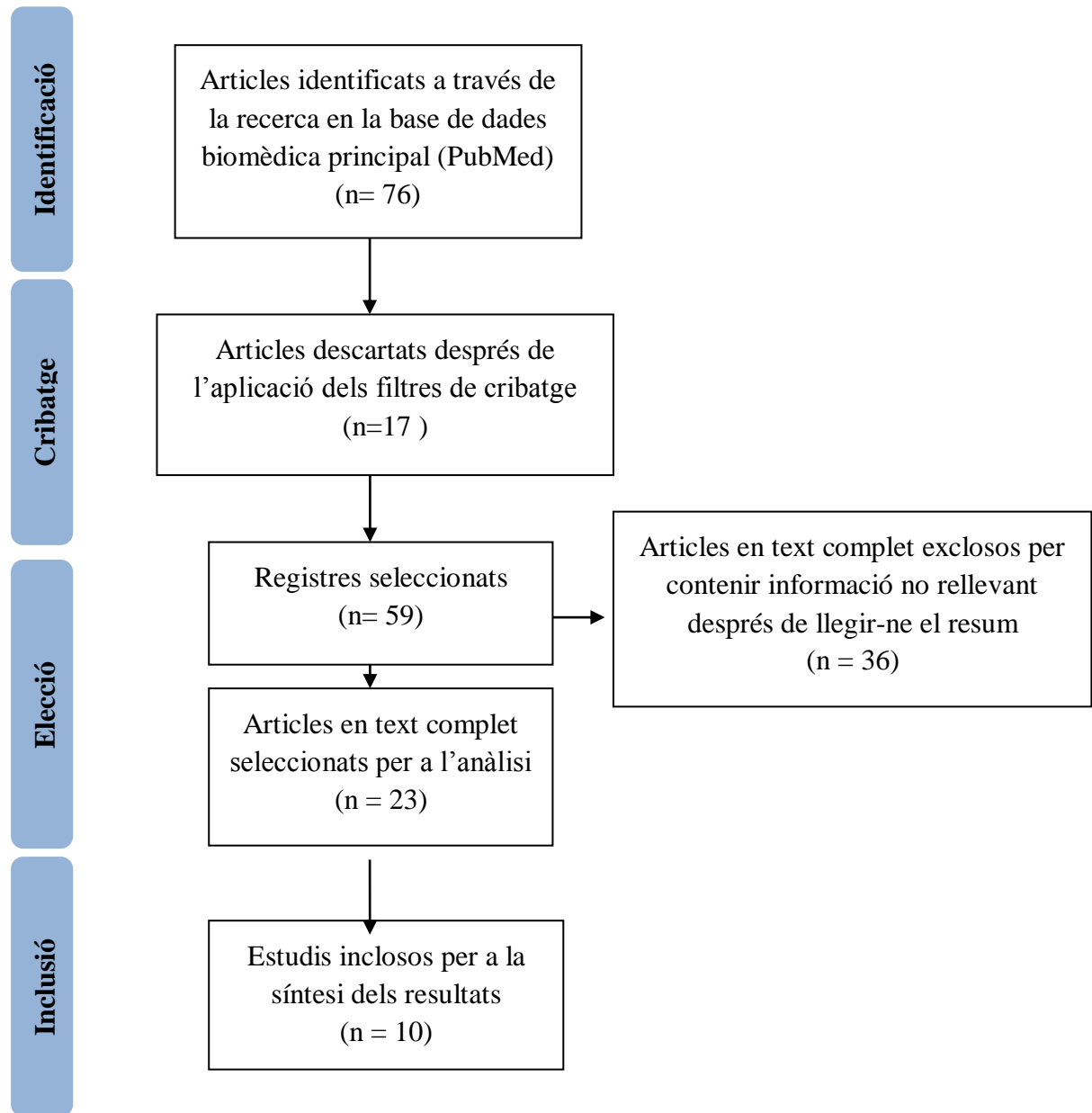
En el moment de realitzar la cerca bibliogràfica es van tenir en compte diferents criteris de selecció:

**Criteris d'inclusió:** Es va limitar als articles publicats durant els últims 10 anys, per a que la informació fos el més actual possible. Tenint en compte els articles en anglès per ser la llengua més utilitzada en el nostre camp, en català i castellà, limitant-ne la cerca a registres amb un contingut del text complet. Únicament s'acceptaren assajos clínics aleatoris amb anàlisi i registre dels resultats del dispositiu AFO utilitzat, que proporcionessin mesures d'avaluació dels paràmetres espai-temporals, cinètics i cinemàtics de l'extremitat inferior afectada. També se n'hi van incloure alguns que valoressin l'activitat electromiogràfica (EMG) dels músculs de la cama afectada.

**Criteris d'exclusió:** Articles en els quals es disposava únicament d'"abstract" perquè no incloïen la suficient informació per valorar la totalitat del contingut de l'article i aquells que no es podia accedir a través de cap font. Alguns articles on l'estudi valorava l'ús de dispositius en nens i altres, on les dates de publicació eren anteriors al 2007.

En la recerca bibliogràfica els resultats obtinguts foren setanta sis registres de forma inicial. Es descarten disset registres que no compleixen les característiques necessàries per a la realització del treball i el límit de temps exigut. A continuació, es revisen els 59 articles restants i 46 d'ells s'exclouen per tal de no contenir el text complet i la informació no era útil per a realitzar l'anàlisi. Finalment, 33 dels articles es van tornar a revisar a fons i únicament se seleccionaren 10 dels registres per a l'anàlisi final, essent

els més aptes per a l'estudi segons les característiques que presenten, complint els criteris d'inclusió. Aquests estudis estan reflectits en la Figura 1.



**Figura 1.-** Diagrama del flux de mostra en el procés de selecció de l'estudi.

## RESULTATS



### Característiques dels estudis inclosos

En l'anàlisi dels 10 articles seleccionats, el nombre total de participants inclosos foren 130 persones, on 127 eren afectats d'ACV i 3 dels restants derivats d'esclerosi múltiple. Del nombre total de participants estudiats, el 13,85% eren dones i el 86,15% homes, amb un rang d'edat comprès entre els 26 i 65 anys i una mitjana de població seleccionada de 53,3 anys.

Quatre dels articles utilitzen dispositius del tipus sòlid<sup>9-11-14-15</sup>, un d'ells presenta la comparativa amb un dispositiu de fibra de carboni<sup>14</sup> i Bleyenheuft C et al<sup>13</sup> utilitza també un dispositiu de fibra de carboni de diferents característiques. Set dels dispositius són del tipus AFO articulat de plàstic, presents en quatre dels articles seleccionats<sup>11-12-15-16</sup> i dos dels dispositius elegits són amb amortidor d'oli<sup>8-10</sup>. Un únic article avalua l'ús d'un dispositiu del tipus elàstic<sup>8</sup>. Finalment, Do KH et al<sup>12</sup> utilitza un dispositiu articulat del tipus híbrid, comparat amb un AFO articulat de plàstic.

Dos dels articles seleccionats avaluen els paràmetres espai-temporals, cinemàtics i cinètics<sup>10-11</sup>, tres dels restants únicament valoren els paràmetres espai-temporals i cinemàtics<sup>7-14-15</sup> i quatre dels totals hi sumen també l'avaluació de l'activitat electromiogràfica de la musculatura de l'extremitat inferior afectada<sup>7-8-11-14</sup>. A continuació, tres dels articles avaluen només la cinemàtica i la velocitat amb l'ús del dispositiu elegit per a l'estudi<sup>9-12-13</sup> i per últim, Ohata K et al<sup>8</sup> valora la velocitat i Fatone S et al<sup>16</sup> la cinètica.

El resum dels resultats dels 10 articles avaluats es troba a la Taula 1.


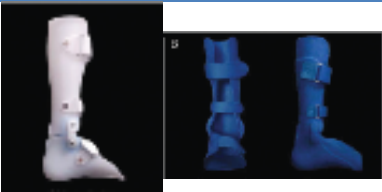
ARTICLE	MOSTRA	AFO UTILITZAT	RESULTATS
<b>Boudarham J et al<sup>7</sup> (2014)</b>	12 pacients hemiplègics (9 homes i 3 dones), mitjana 51 anys.	 <p><b>Figura 2.-</b> AFO elàstic (DAFO). <i>Font: Boudarham J et al<sup>7</sup> (2014)</i></p>	L'ús del dispositiu confirma un augment de la velocitat ( $p<0.001$ ), la cadència i la longitud de pas de la cama afectada i l'amplitud de pas redueix ( $p<0,01$ ). El temps durant la fase de recolzament i recolzament simple també va augmentar; per altra banda el temps durant la fase d'oscil·lació i el doble recolzament es va veure disminuït. En la cinemàtica, durant la fase d'oscil·lació, l'angle de DF (flexió dorsal) del turmell va augmentar ( $p=0,002$ ), mentre que la FP (flexió plantar) va disminuir de la mateixa manera que va fer-ho l'angle d'obliquïtat de la pelvis ( $p=0,01$ ). En el transcurs de la fase de recolzament, l'angle en PF i DF del turmell va augmentar ( $p=0.01$ ) igual que la DF de l'angle del turmell durant el CI (contacte inicial) ( $p=0.001$ ) i en la propulsió ( $p=0.006$ ). L'activitat EMG registrada del múscul TA (tibial anterior) va augmentar durant la fase de recolzament ( $p=0.01$ ). També va fer-ho el múscul GAS (gastrocnemi), augmentant la seva activitat durant la fase de recolzament ( $p<0.01$ ) i la fase d'oscil·lació ( $p=0.04$ ).
<b>Ohata K et al<sup>8</sup> (2011)</b>	11 pacients afectats d'ACV (tots ells homes), mitjana de 52,1 anys	 <p><b>Figura 3.-</b> AFO amb amortidor d'oli. <i>Font: Ohata K et al<sup>8</sup> (2011)</i></p>	L'anàlisi confirma un augment de la velocitat ( $p=0.007$ ). En l'avaluació de l'activitat EMG registrada dels músculs TA, GAS i SOL (soli) únicament s'observaren diferències significatives en el cas del múscul GAS, aquest presentava una reducció de l'activitat durant la PF en la fase de resposta a la càrrega ( $p=0.007$ ).

**Taula 1.-** Anàlisi dels resultats de cada un dels articles seleccionats.



ARTICLE	MOSTRA	AFO UTILITZAT	RESULTATS
<p><b>Bregman DJJ et al<sup>9</sup> (2010)</b></p>	<p>7 pacients afectats d'Esclerosi múltiple i ACV (5 homes i 2 dones), mitjana de 54 anys.</p>	 <p><b>Figura 3.-</b> AFO sòlid dissenyat a mida. <i>Font: Bregman DJJ et al<sup>9</sup> (2010)</i></p>	<p>L'anàlisi dels dispositius utilitzats confirma una reducció de la despesa energètica, fet del qual en deriva un augment de la velocitat. En la cinemàtica registrada, ambdós AFO's dissenyats a mida, van reduir la FP del turmell durant el CI i la fase d'oscil·lació.</p>
<p><b>Yamamoto S et al<sup>10</sup> (2011)</b></p>	<p>8 pacients afectats d'ACV crònic (5 homes i 3 dones), mitjana de 44,2 anys.</p>	 <p><b>Figura 3.-</b> AFO amb amortidor d'oli. <i>Font: Yamamoto S et al<sup>10</sup> (2011)</i></p>	<p>El dispositiu va demostrar efectes positius amb un augment de la velocitat (<math>p=0.005</math>) i de la longitud de pas de la cama contra-lateral (<math>p=0.001</math>). El temps durant la pre-oscil·lació va veure's disminuït (<math>p=0.002</math>). La cinemàtica registrada va confirmar un augment de l'angle en DF del turmell durant el CI (<math>p=0.005</math>) amb una reducció de l'angle en PF durant la resposta a la càrrega (<math>p=0.011</math>) i la pre-oscil·lació (<math>p=0.030</math>) i un augment de l'angle en DF/PF durant la fase d'oscil·lació (<math>p=0.010</math>). L'avaluació del dispositiu tres setmanes després seguia demostrant eficàcia en els paràmetres avaluats en un inici; també s'hi sumaren millores en la cinemàtica, on el pic de PF durant la resposta a la càrrega va veure's disminuït i, d'altra banda, el pic de DF durant la fase de recolzament va augmentar (<math>p=0.021</math>). Finalment també va confirmar una millora en la cinètica avaluada amb un augment del pic del moment de PF durant el recolzament final.</p>

**Taula 1.-** Anàlisi dels resultats de cada un dels articles seleccionats.



ARTICLE	MOSTRA	AFO UTILITZAT	RESULTATS
<b>Mulroy SJ et al<sup>11</sup> (2010)</b>	30 pacients afectats d'ACV (23 homes i 7 dones), mitjana de 58,3 anys.	 <p><b>Figura 5.-</b> (R) dispositiu sòlid. (PS) dispositiu articulat amb parada de la PF. (DA-DS) dispositiu articulat amb assistència a la DF.</p> <p>Font: Mulroy SJ et al<sup>11</sup> (2010)</p>	<p>Els tres dispositius utilitzats demostren un augment de la velocitat (<math>p=0.014</math>), de forma més efectiva en el grup de contractura moderada. Per altra banda, la longitud de pas (<math>p=0.023</math>) en el grup de la contractura neutra també va augmentar significativament. En la cinemàtica avaluada, el grup de contractura moderada presenta un augment de l'angle en PF durant el CI i una reducció de la DF durant la fase de recolzament (<math>p=0.008</math>) o la fase mitja d'oscil·lació. La flexió de genoll en l'oscil·lació inicial també va disminuir. Ambdós grups presenten un augment de la DF del turmell durant el CI i la fase mitja de l'oscil·lació amb una reducció de la PF durant la resposta a la càrrega. Els dispositius AFO DA-DS i PS presenten més eficàcia amb un augment més significatiu de l'angle en DF. A nivell de l'articulació de genoll, la flexió durant el CI i la resposta a la càrrega va disminuir, també va fer-ho durant l'oscil·lació (<math>p=0.017</math>). La cinètica, els moments de PF del turmell i de flexió de genoll van augmentar, essent l'AFO rígid el més eficient. Per altra banda, el dispositiu PS va ser el més eficaç en proporcionar un augment del moment de DF durant el recolzament final. Finalment en l'activitat EMG registrada l'AFO-PS va augmentar l'activitat del múscul SOL, disminuint l'activitat del TA, en canvi, l'AFO DA-DS va disminuir l'activitat del SOL i va augmentar la del TA.</p>
<b>Do KH et al<sup>12</sup> (2014)</b>	17 pacients afectats d'ACV (13 homes i 4 dones), mitjana de 55,75 anys	 <p><b>Figura 6.-</b> AFO articulat de plàstic / AFO articulat híbrid.</p> <p>Font: Do KH et al<sup>12</sup> (2014)</p>	<p>El registre dels paràmetres avaluats demostra un augment de la velocitat de la marxa amb l'ús d'ambdós dispositius (<math>p=0.036</math> AFO plàstic i <math>p=0.031</math> AFO híbrid). Pel que fa a la cinemàtica, els dispositius presentaven un augment de l'angle de DF del turmell durant el CI (<math>p=0.000</math> ambdós dispositius) i la propulsió (<math>p=0.000</math> ambdós dispositius), essent l'AFO plàstic el més efectiu en el CI (<math>p=0.044</math>).</p>

Taula 1.- Anàlisi dels resultats de cada un dels articles seleccionats

ARTICLE	MOSTRA	AFO UTILITZAT	RESULTATS
<b>Bleyenheuft C et al<sup>13</sup> (2008)</b>	11 pacients hemiplègics (10 homes i 1 dona), mitjana de 49 anys.	 <p><b>Figura 7.-</b> AFO dinàmic de fibra de carboni.</p> <p>Font: Bleyenheuft C et al<sup>13</sup> (2008)</p>	El dispositiu avaluat presenta efectes positius amb un augment de la velocitat ( $p < 0.001$ ) La cinemàtica també presenta millores, reduint la PF del turmell durant el CI ( $p = 0.009$ ) i augmentant-ne la DF en la fase mitjana de l'oscil·lació ( $p = 0.006$ ). Finalment, també s'avalua el treball mecànic i la despesa energètica, on els resultats ens demostren un augment del treball total d'un 20% i una reducció de la despesa energètica en un 10%.
<b>Zollo L et al<sup>14</sup> (2015)</b>	10 pacients hemiplègics crònics d'ACV (7 homes i 3 dones), mitjana de 64,3 anys.	 <p><b>Figura 9.</b> AFO sòlid / AFO dinàmic de fibra de carboni.</p> <p>Font: Zollo L et al<sup>14</sup> (2015)</p>	L'anàlisi dels dispositius en el registre dels paràmetres espai-temporals presenta eficàcia únicament durant els percentatges de les fases d'oscil·lació (AFO sòlid $p = 0.0022$ i AFO dinàmic $p = 0.0235$ ) i del doble recolzament (AFO sòlid $p = 0.0185$ i AFO dinàmic $p = 0.0023$ ). La cinemàtica avaluada confirma una reducció de la PF durant la fase de recolzament (AFO sòlid $p = 0.008$ i AFO dinàmic $p = 0.011$ ) i un augment de la DF durant el CI on el dispositiu més eficient era l'AFO sòlid ( $p = 0.008$ ). Finalment l'activitat EMG dels músculs TA i GAS va veure's augmentada en la cama contra-lateral durant el recolzament mig i final (AFO sòlid $p = 0.050$ i AFO dinàmic $p = 0.017$ ) i durant l'oscil·lació mitja s'observa un augment de l'activitat de la cama afectada (AFO sòlid $p = 0.025$ ). Per altra banda, l'activitat EMG dels músculs recte femoral i bíceps femoral durant la fase d'oscil·lació mitja va veure's augmentada en ambdues extremitats, essent més eficient l'AFO sòlid.

**Taula 1.-** Anàlisi dels resultats de cada un dels articles seleccionats.

ARTICLE	MOSTRA	AFO UTILITZAT	RESULTATS
<b><i>Cruz TH et al<sup>5</sup></i></b> <b>(2009)</b>	9 pacients hemiplègics (7 homes i 2 dones), mitjana de 51 anys.	Tres AFO sòlid i sis AFO articulats fabricats de copolímer de plàstic a mida.	L'eficiència dels dispositius va veure's reflectida en la cinemàtica avaluada en el pla frontal i sagital, amb una reducció de l'angle d'obliquïtat pèlvica ( $p=0.03$ ) i un augment de l'angle de DF del turmell ( $p=0.01$ ) durant el període d'oscil·lació. Durant l'enlairament digital, l'angle d'obliquïtat pèlvica també va disminuir ( $p=0.02$ ). Finalment, en el registre dels paràmetres espai-temporals, l'ús del dispositiu va disminuir la longitud de pas de la cama no afectada ( $p=0.03$ ), la resta de paràmetres avaluats van normalitzar-se.
<b><i>Fatone S et al<sup>6</sup></i></b> <b>(2009)</b>	16 pacients hemiplègics afectats d'ACV (10 homes i 6 dones), mitjana de 53, 2 anys.	Tres AFO's articulats fabricats de copolímer de plàstic, amb limitació de la PF i DF lliure. CAFO: inclinat anteriorment 5°-7° i de longitud completa. HHCAFO: longitud completa. AFO 3/4: longitud fins a l'alçada dels caps dels metatarsians	La cinemàtica avaluada, confirma una reducció de la PF del turmell en el CI ( $p<0.000$ ) i durant la fase mitja de l'oscil·lació ( $p<0.001$ ) amb cada un dels dispositius utilitzats. Durant el CI el dispositiu que presenta més eficàcia és el CAFO. Per altra banda, els dispositius que presenten millores significatives, amb un augment de l'angle de DF del turmell durant el recolzament són el CAFO i el HHCAFO. La cinètica registrada a nivell de l'articulació del genoll confirma un augment del moment d'extensió durant el recolzament mig comparat amb la deambulació sense l'ús del dispositiu ( $p<0.000$ ).

**Taula 1.-** Anàlisi dels resultats de cada un dels articles seleccionats.

Per a poder fer una comparativa directa, la Taula 2 ens indica els valors dels paràmetres espai-temporals avaluats en vuit dels articles analitzats. La Taula 3 ens mostra els valors de l'activitat electromiogràfica dels músculs TA i GAS en tres dels articles estudiats. Finalment, la taula 4 ens explica els valors dels paràmetres cinemàtics els quals són presents en vuit dels articles seleccionats.

PARÀMETRES ESPAI - TEMPORALS							
ARTICLE	Velocitat	Cadència	Longitud de pas	Amplitud de pas	% recolzament total	% oscil·lació	% pre-oscil·lació
Boudarham J et al <sup>7</sup>	<0.001 <sup>e</sup>	<0.01 <sup>e</sup>	<0.01 <sup>e,m</sup>	<0.01 <sup>e</sup>	-	-	
Cruz TH et al <sup>15</sup>	-	-	0.03 <sup>a,c,n</sup>	-	-	-	
Zollo L et al <sup>14</sup>	-	-	-	-	0.0185 <sup>a</sup> 0.0023 <sup>b</sup>	0.002 <sup>a</sup> 0.0235 <sup>b</sup>	
Bleyenheuft C et al <sup>13</sup>	<0.001 <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-
Yamamoto S et al <sup>10</sup>	0.005 <sup>f</sup>	-	0.001 <sup>f,n</sup>	-	-	-	0.010 <sup>f</sup>
Mulroy S J et al <sup>11</sup>	0.014 <sup>a,c</sup>	-	0.023 <sup>a,c,m</sup>	-	-	-	
Do K H et al <sup>12</sup>	0.036 <sup>c</sup> 0.031 <sup>d</sup>	-	-	-	-	-	
Ohata K et al <sup>8</sup>	0.007 <sup>f</sup>	-	-	-	-	-	

**Taula 2.-** Resultats p-valor <0.05 significatius de cada un dels articles. a) AFO sòlid, b) AFO dinàmic de fibra de carboni, c) AFO articulada de plàstic, d) AFO híbrid, e) AFO elàstic, f) AFO amb amortidor d'oli. %: percentatge (temps).

PARÀMETRES ELECTROMIOGRÀFICS				
Fase de recolzament				Fase d'oscil·lació
ARTICLE	Resposta a la càrrega	Recolzament Mig	Recolzament final	Oscil·lació mitja
Bouardham J et al <sup>7</sup>		TA 0.001 <sup>c,m</sup> GAS <0.001 <sup>c,m</sup>		GAS 0.04 <sup>c,n</sup>
Zollo L et al <sup>14</sup>	-	TA-GAS 0.050 <sup>a,n</sup> TA-GAS 0.017 <sup>b,n</sup>	TA-GAS 0.050 <sup>a,n</sup> TA-GAS 0.017 <sup>b,n</sup>	TA-GAS 0.025 <sup>a,n</sup>
Ohata K et al <sup>8</sup>	GAS 0.007 <sup>d,y</sup>	-	-	-

**Taula 3.-** Resultats p-valor <0.05 significatius de cada un dels articles. a) AFO sòlid, b) AFO dinàmic de fibra de carboni, c) AFO elàstic, d) AFO amb amortidor d'oli m) extremitat afectada, n) extremitat contra-lateral, y) angle turmell en PF.

PARÀMETRES CINEMÀTICS						
Fase de recolzament					Fase d'oscil·lació	
ARTICLE	Període de contacte / Contacte inicial	Període de recolzament	Període propulsiu	Resposta a la càrrega	Pre-oscil·lació	Oscil·lació mitja
Bouardham J et al <sup>7</sup>	0.002 <sup>d,x</sup>	0.01 <sup>d,x</sup>	0.006 <sup>d,x</sup>		0.002 <sup>d,x</sup> 0.01 <sup>d,y</sup> 0.01 <sup>d,z</sup>	
Cruz TH et al <sup>15</sup>	-	-	0.02 <sup>a,c,z</sup>		0.01 <sup>a,c,x</sup> 0.03 <sup>a,c,z</sup>	
Zollo L et al <sup>14</sup>	0.008 <sup>a,x</sup>	0.008 <sup>a,y</sup> 0.011 <sup>b,y</sup>	-	-	-	-
Bleyenheuft C et al <sup>13</sup>	0.009 <sup>b,y</sup>	-	-	-	-	0.006 <sup>b,x</sup>
Yamamoto S et al <sup>10</sup>	0.005 <sup>e,x</sup>			0.011 <sup>e,y</sup>	0.03 <sup>e,y</sup>	0.01 <sup>e,x,y</sup>
Mulroy SJ et al <sup>11</sup>	-	0.008 <sup>a,c,x</sup>	-		0.017 <sup>a,c,v</sup>	
Do KH et al <sup>12</sup>	0.044 <sup>e,x</sup>	-	0.000 <sup>c,x</sup>		-	
Fatone S et al <sup>16</sup>	<0.000 <sup>e,y</sup>	<0.001 <sup>e,y</sup>		-	-	<0.001 <sup>e,y</sup>

**Taula 4.-** Resultats p-valor <0.05 significatius de cada un dels articles. a) AFO sòlid, b) AFO dinàmic de fibra de carboni, c) AFO articulat de plàstic, d) AFO elàstic, e) AFO amb amortidor d'oli. x) angle turmell en DF, y) angle turmell en PF, z) angle d'obliquïtat de la pelvis, v) angle genoll en flexió.

## DISCUSSION

Les AFO's són un tractament de rehabilitació indicat a l'hora de restablir la marxa en pacients afectats d'ACV i en altres que presenten alteracions del SNC. Aquesta revisió es va realitzar per tal de determinar les característiques dels dispositius que són més eficients per ajudar a la deambulació d'aquest tipus de pacients els quals manifesten dificultats durant la marxa.

Els resultats dels paràmetres espai-temporals els quals figuren en la Taula 2, presenten un augment de la velocitat amb l'ús dels diferents AFO aplicats. On Do KH et al<sup>12</sup> amb un AFO articulats de plàstic és el que presenta un augment més significatiu de la velocitat. Per contra, els estudis de Zollo L et al<sup>14</sup>, Cruz TH et al<sup>15</sup> i Fatone S et al<sup>16</sup> són els únics en els quals no s'observen millores significatives.

Bouardham J et al<sup>7</sup> amb l'aplicació d'un AFO del tipus elàstic en 12 pacients amb peu equí espàstic va observar un augment de la cadència i una disminució de l'amplitud de pas. La longitud de pas també presenta millores en quatre dels estudis analitzats, Bouardham J et al<sup>7</sup> i Mulroy SJ et al<sup>11</sup> ens mostren un augment de la longitud de pas de l'extremitat afectada, on els dispositius sòlid i articulats de plàstic són els que presenten més eficàcia. Per altra banda, Cruz TH et al<sup>15</sup> amb els dispositius sòlids i articulats de plàstic i Yamamoto S et al<sup>10</sup> amb l'ús d'un AFO amb amortidor d'oli també demostren un augment de la longitud de pas, aquests ho fan amb millores en l'extremitat contralateral, essent més efectius els que utilitza Cruz TH et al<sup>15</sup>. Zollo L et al<sup>14</sup> observa un augment del percentatge de la fase de recolzament i una reducció en el percentatge de la fase d'oscil·lació, essent més eficient l'AFO del tipus sòlid en el recolzament i l'AFO dinàmic de fibra de carboni en l'oscil·lació. Finalment, Yamamoto S et al<sup>10</sup> també presenta una millora en el percentatge de la fase de pre-oscil·lació amb l'aplicació d'un AFO amb amortidor d'oli.

A continuació, en els resultats de l'activitat EMG avaluada en quatre dels estudis, únicament tres ens proporcionen resultats significatius (Taula 3). Aquests són Bouardham J et al<sup>7</sup> que ens confirma un augment de l'activitat dels músculs TA i GAS amb l'ús d'un AFO elàstic en l'extremitat afectada durant la fase de recolzament i un augment de l'activitat del múscul GAS en la l'extremitat contralateral durant la fase d'oscil·lació. Per altra banda, Zollo L et al<sup>14</sup> fa la valoració de l'activitat dels músculs agrupant-los en dos grups, TA-GAS i recte femoral-bíceps femoral. El grup del TA-

GAS presenta millores significatives en l'extremitat contra-lateral, amb un augment de l'activitat durant les fases de recolzament mig i final; per contra, el grup del recte femoral-bíceps femoral no presenta resultats significatius. També augmenta l'activitat durant la fase d'oscil·lació mitja on l'eficàcia en ambdues fases és major en el cas de l'AFO sòlid, respecte l'AFO dinàmic de fibra de carboni. Per últim, Ohata K et al<sup>8</sup> presenta una reducció de l'activitat del múscul GAS durant la PF del turmell en la resposta a la càrrega amb l'ús d'un dispositiu amortidor d'oli.

La cinemàtica avaluada en la taula 4 mostra un augment de la DF del turmell durant el CI en quatre dels articles avaluats, on el dispositiu més eficient és l'AFO articulat de plàstic, el qual utilitza Do KH et al<sup>12</sup> en el seu estudi. Dos dels articles mostren una reducció de la PF del turmell, on el que presenta millors resultats és l'AFO de fibra de carboni utilitzat per Bleyenheuft C et al<sup>13</sup>. Durant la fase de recolzament són dos els estudis que confirmen un augment de la DF del turmell, on Mulroy SJ et al<sup>11</sup> és el que presenta millores més significatives amb l'ús d'un AFO sòlid i dos AFO articulats de plàstic i Zollo L et al<sup>14</sup> és el que en demostra més eficiència reduint la PF amb l'aplicació d'un AFO de fibra de carboni de la mateixa manera que Yamamoto S et al<sup>10</sup> amb un AFO amortidor d'oli durant la resposta a la càrrega.

En el període propulsiu, dos dels estudis presenten un augment de la DF del turmell, essent el dispositiu elàstic de Boudarham J et al<sup>7</sup> el que demostra millors resultats. Cruz TH et al<sup>15</sup>, però, és l'únic que confirma una disminució de l'angle d'obliquïtat de la pelvis amb la utilització d'AFO sòlids i articulats de plàstic, en aquest període.

Finalment en la fase d'oscil·lació són quatre els articles que ens indiquen un augment de la DF del turmell, on el que presenta més eficàcia és el dispositiu de fibra de carboni utilitzat per Bleyenheuft C et al<sup>13</sup> durant l'oscil·lació mitja. També s'observa una reducció de la PF avaluada en tres dels articles, on el dispositiu que presenta millors característiques és l'AFO amb amortidor d'oli utilitzat en l'estudi de Yamamoto S et al<sup>10</sup>. Dos articles també en mesuren l'angle d'obliquïtat de la pelvis, aquests són Boudarham J et al<sup>7</sup> i Cruz TH et al<sup>15</sup>, que mostren una disminució de l'angle d'obliquïtat de la pelvis amb millor eficàcia dels dispositius AFO sòlids i articulats de plàstic de Cruz TH et al<sup>15</sup>, en la fase d'oscil·lació. Finalment, Mulroy SJ et al<sup>11</sup> amb l'ús de dispositius sòlids i articulats de plàstic és l'únic que observa un augment de l'angle en flexió del genoll.

Per acabar, en la Taula 1, Fatone S et al<sup>16</sup> confirma una millora de la cinètica, aquesta presenta un augment del moment d'extensió del genoll durant el recolzament mig. Bregman DJJ et al<sup>9</sup> amb l'ús d'AFO sòlids i Bleyenheuft C et al<sup>13</sup> amb l'ús d'un AFO dinàmic de fibra de carboni, confirmen una reducció de la despesa energètica.

## CONCLUSIONS

1. Tots els tipus d'AFO utilitzats milloren significativament els paràmetres espai-temporals i cinemàtics. L'augment de la velocitat de la marxa i de la longitud de pas presenta millores significatives amb l'ús de dispositius del tipus elàstic, sòlid, articulats i amb amortidor d'oli, i la despesa energètica es veu reduïda gràcies a la millora d'aquests paràmetres. De la mateixa manera mostren una reducció durant la fase de recolzament i un augment de la fase d'oscil·lació, on els dispositius de fibra de carboni també presenten un paper important. Pel que fa la cinètica de les articulacions de l'extremitat inferior afectada, no s'observen millores significatives.  
L'activitat EMG també demostra millores amb l'ús d'aquests dispositius, on els principals músculs que se'n beneficien són el TA i el GAS.
2. Finalment, concloure que seria necessari la realització de més estudis sobre els efectes a llarg termini de les AFO's per facilitar la seva prescripció.



## BIBLIOGRAFIA

1. Padilla MG, Rueda FM. Efecto de la ortesis de tobillo pie en el control postural tras el accidente cerebrovascular: revisión sistemática. *Neurología*. 2014;29(7):423-432.
2. Fatone S, Hansen AH. Effect of ankle - foot orthosis on roll - over shape in adults with hemiplegia. *J Rehabil Res Dev*. 2007;44(1):11-20.
3. Franceschini M, Massucci M, Ferrari L, Agosti M, Paroli C. Effects of an ankle-foot orthosis on spatiotemporal parameters and energy cost of hemiparetic gait. *Clin Rehabil*. 2003;17(4):368-372.
4. Cikajlo I, Osre K, Burger H. The effects of different types of ankle-foot orthoses on postural responses in individuals with walking impairments. *Int J Rehabil Res*. 2016;39(4):313-9.
5. Rao N, Wening J, Hasso D, Gnanapragasam G, Perera P, Srigriraju P, Aruin AS. The Effects of Two Different Ankle-Foot Orthoses on Gait of Patients with Acute Hemiparetic Cerebrovascular Accident. *Rehabil Res Pract*. 2014;2014:1-7.
6. Moseley A, Leung J. Impact of Ankle-foot Orthoses on Gait and Leg Muscle Activity in Adults with Hemiplegia. Systematic literature review. *Physiotherapy*. 2003;89(1):39-55.
7. Boudarham J, Pradon D, Roche N, Bensmail D, Zory R. Effects of a dynamic-ankle-foot orthosis (Liberté®) on kinematics and electromyographic activity during gait in hemiplegic patients with spastic foot equinus. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(3):369-79.
8. Ohata K, Yasui T, Tsuboyama T, Ichihashi N. Gait & Posture Effects of an ankle-foot orthosis with oil damper on muscle activity in adults after stroke. *Gait Posture*. 2011;33(1):102-7.
9. Bregman DJJ, Groot V de, Diggele P van, Meulman H, Houdijk H, Harlaar J. Polypropylene ankle foot orthoses to overcome drop-foot gait in central neurological patients : A mechanical and functional evaluation. *Prosthet Orthot Int*. 2010;34(3):293-304.
10. Yamamoto S, Fuchi M, Yasui T. Change of rocker function in the gait of stroke patients using an ankle foot orthosis with an oil damper: immediate changes and the short-term effects. *Prosthet Orthot Int*. 2011;35(4):350-9.
11. Mulroy SJ, Eberly VJ, Gronely JK, Weiss W, Newsam CJ. Effect of AFO design on walking after stroke: Impact of ankle plantar flexion contracture. *Prosthet Orthot Int*. 2010;34(3):277-92.

12. Do KH, Song J, Kim JH, Jung GS, Seo SW, Kim YK, et al. Effect of a Hybrid Ankle Foot Orthosis Made of Polypropylene and Fabric in Chronic Hemiparetic Stroke Patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 2014;93(2):130-7.
13. Bleyenheuft C, Caty G, Lejeune T, Detrembleur C. Assessment of the Chignon ® dynamic ankle – foot orthosis using instrumented gait analysis in hemiparetic adults. *Ann réadaptation médecine Phys.* 2008;51(3):154-60.
14. Zollo L, Zaccheddu N, Ciancio AL, Morrone M, Bravi M, Santacaterina F, et al. Comparative analysis and quantitative evaluation of ankle-foot othoses for foot drop in chronic hemiparetic patients. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015;51(2):185-96.
15. Cruz TH, Dhaher YY. Impact of ankle-foot-orthosis on frontal plane behaviors post-stroke. *Gait Posture.* 2009;30(3):312-6.
16. Fatone S, Gard SA, Malas BS. Effect of Ankle-Foot Orthosis Alignment and Foot-Plate Length on the Gait of Adults With Poststroke Hemiplegia. *Prosthet Orthot Int.* 2009;90(5):810-8.