

Influència de l'alçada en el patró de la marxa d'homes i dones

Influence of Height on the Gait Patterns of Men and Women

MARÍA GÓMEZ-JIMÉNEZ

Departament de Salut i Rendiment Humà

CRISTINA LÓPEZ DE SUBIJANA-HERNÁNDEZ

Departament de Ciències Socials de l'Activitat Física, de l'Esport i del Lleure

Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport
Universitat Politècnica de Madrid (Espanya)

Autora per a la correspondència

María Gómez Jiménez
maria.gomez@upm.es

Resum

Introducció. Tradicionalment s'han desenvolupat bases de dades biomecàniques per a homes i dones on s'han identificat les diferències en els patrons de marxa. La descripció d'un patró per sexe està basada en la premissa que les mesures antropomètriques, com l'alçada, no influeixen sobre els paràmetres de la marxa humana després de la normalització. L'objectiu de l'estudi va ser examinar les diferències en la marxa entre grups d'alçada. **Mètodes.** Es van analitzar els paràmetres espai-temporals i cinemàtics de 29 dones i 31 homes, distribuïts en grups considerant els percentils 25, 50 i 75 d'alçada de la població espanyola. Les mesures es van recollir utilitzant un sistema de captura de moviment 3D (VICON). Es van realitzar comparacions de mitjanes entre grups d'alçada (Kruskal-Wallis) ($\alpha = 0,05$). **Resultats.** Els resultats van indicar que les dones amb major i menor alçada presentaven percentatges superiors de suport ($p = 0,031$) a causa de l'augment del temps de doble suport ($p = 0,020$). Les dones en els grups centrals d'alçada van mostrar un avançament de l'enlairament del peu del sòl ($p = 0,018$), ocasionat per la lleugera disminució de la fase de suport. Els homes amb menor alçada van mostrar major flexió plantar de turmell que els homes alts ($p = 0,033$), a causa que la menor longitud dempeus va implicar la necessitat d'una major extensió de turmell en l'enlairament del peu. L'alçada hauria de considerar-se en l'estudi de la marxa, per la seva utilitat a la planificació de programes de tractament, l'adaptació d'exosquelets de reeducació de la marxa o el disseny d'ortesi i pròtesi.

Paraules clau: anàlisi de la marxa, alçada, percentils alçada, cinemàtica, espai-temporal

Abstract

Influence of Height on the Gait Patterns of Men and Women

Introduction. Separate biomechanical reference databases have traditionally been developed for men and women by identifying differences in gait pattern. However, describing a single pattern per sex is based on the premise that anthropometric measures such as height do not influence gait pattern once the variables are standardized. The purpose of this study was to analyze and describe gait pattern differences between height groups in normal walking. **Methods.** Using a 3D optoelectronic motion capture system, the spatial, time and kinematic gait parameters were measured in 29 women and 31 men selected and distributed in groups considering the 25th, 50th and 75th percentiles of height for the Spanish population. A comparison of means between height groups was analyzed (Kruskal-Wallis) ($\alpha = 0.05$). **Results.** The results indicated that taller and shorter women showed a higher percentage of support ($p = 0.031$) due to the greater double support time. Women of the medium height groups presented an earlier toe off ($p = 0.018$) because of the shorter support phase. Shorter men showed greater ankle plantar flexion than taller men ($p = 0.033$) as shorter foot length entailed the need for greater ankle extension in toe off. In conclusion, height should be taken into account when describing gait patterns because it would be useful in planning treatment strategies, adapting robotic exoskeletons for gait re-education and the design of orthoses and prostheses.

Keywords: gait analysis, height, height percentiles, kinematics, space and time

Introducció

Des de la dècada dels 60, les diferències en la marxa humana i la influència de factors com la velocitat, l'edat o el sexe han estat examinats i descrits amb l'objectiu d'identificar patrons de la marxa normal diferenciats (Murray, Drought, & Kory,

1964; Murray, Kory, & Sepic, 1970). L'anàlisi dels patrons de la marxa en funció del sexe ha esdevingut més popular i important des del desenvolupament dels sistemes optoelectrònics d'anàlisi de moviment 3D als anys 90. Aquests sistemes de captura s'han utilitzat com a eina per a l'avaluació i planificació

de tractaments o per recopilar informació de referència de població sana. Quedant constància de les diferències en el patró de la marxa entre sexes, tradicionalment s'han desenvolupat de forma separada bases de dades biomecàniques per a homes i dones on s'han identificat les diferències en els paràmetres espai-temporals i cinemàtics de la pelvis, centre de gravetat, maluc, genoll i turmell (Bruening, Frimenko, Goodyear, Bowden, & Fullenkamp, 2015; Chiu, Wu, & Chang, 2013; Cho, Park, & Kwon, 2004; Frimenko, Goodyear, & Bruening, 2015; Kerrigan, Todd, & Della Croce, 1998; Nigg, Fisher, & Ronsky, 1994; Røislien et al., 2009). Aquests estudis assenyalen com a característiques més diferenciadores entre els patrons d'homes i dones el rang més gran de moviment de la pelvis en el pla frontal en les dones i del centre de gravetat en els homes (Bruening et al., 2015; Mather & Murdoch, 1994; Murray et al., 1964; Murray et al., 1970; Smith, Lelas, & Kerrigan, 2002; Troje, 2002).

Encara que la descripció d'un únic patró per a homes i un altre patró per a dones està basada en la premissa que les mesures antropomètriques, com l'alçada, una vegada que les variables estan normalitzades, no influeixen sobre els paràmetres de la marxa humana com ho fa el sexe (Hof, 1996; Pierrynowski & Galea, 2001). Alguns estudis s'han centrat en altres paràmetres antropomètrics, en la influència del pes corporal en el patró de la marxa humana (Spyropoulos, Pisciotta, Pavlou, Cairns, & Simon, 1997; Ranavolo et al.,

2013; Lerner, Board, & Browning, 2014), però cap ha descrit les possibles modificacions en el patró normal de la marxa en un mateix sexe degudes a l'alçada.

Una descripció més exhaustiva d'aquestes diferències podria beneficiar nombroses àrees d'estudi, com la planificació de programes quirúrgics, de rehabilitació, l'adaptació personalitzada d'exosquelets per a la reeducació de la marxa i la bipedestació, el disseny d'ortesi i pròtesi articulessis o el disseny de plans de reentrenament després de lesions articulars o musculars. Es va establir, per tant, com a objectiu de l'estudi examinar i descriure les diferències en el patró de la marxa humana entre grups d'alçada d'homes i dones de manera independent. La hipòtesi d'aquest estudi és que els paràmetres espai-temporals i cinemàtics de la marxa humana a velocitat normal en subjectes sans es podrien veure influenciats per l'alçada dels subjectes independentment de la normalització en funció de les mesures antropomètriques.

Material i mètodes

Mostra

Es van seleccionar i analitzar 62 subjectes, 29 dones ($26,10 \pm 8,18$ anys; $55,88 \pm 4,97$ kg i $165,30 \pm 4,96$ cm) i 33 homes ($24,00 \pm 4,37$ anys; $72,15 \pm 6,84$ kg i $177,42 \pm 6,07$ cm) distribuïts en grups considerant els percentils 25, 50 i 75 d'alçada de la població espanyola (taula 1). El primer grup (H1 i D1) va correspondre a subjectes situats per sota del percentil 25 ($< 172,9$ per

	Homes (Mitjana \pm DE)			
	H1	H2	H3	H4
Alçada del grup (cm)	< 172,9	172,9 - 177	177 - 181,4	> 181,4
Nombre de subjectes	7	9	10	7
Edat (anys)	$26,00 \pm 5,45$	$23,29 \pm 5,88$	$23,86 \pm 2,27$	$22,80 \pm 2,97$
Pes corporal (kg)	$66,76 \pm 3,55$	$72,39 \pm 5,31$	$73,07 \pm 6,65$	$76,21 \pm 7,67$
Alçada (cm)	$169,86 \pm 1,71$	$175,26 \pm 1,48$	$179,29 \pm 0,95$	$184,45 \pm 2,80$
Longitud de la cama (cm)	$87,13 \pm 3,04$	$90,68 \pm 1,78$	$92,54 \pm 3,00$	$96,53 \pm 4,22$
Amplada de la pelvis (cm)	$22,89 \pm 2,23$	$23,86 \pm 1,18$	$24,93 \pm 1,27$	$22,80 \pm 1,70$
	Dones (Mitjana \pm DE)			
	D1	D2	D3	D4
Alçada del grup (cm)	< 159,8	159,8 - 163,8	163,8 - 167,9	> 167,9
Nombre de subjectes	6	8	9	6
Edat (anys)	$27,67 \pm 5,69$	$28,50 \pm 10,36$	$24,78 \pm 7,29$	$24,78 \pm 8,26$
Pes corporal (kg)	$53,13 \pm 5,33$	$51,86 \pm 4,71$	$56,89 \pm 3,95$	$59,34 \pm 3,26$
Alçada (cm)	$158,10 \pm 0,53$	$161,11 \pm 1,54$	$165,59 \pm 1,43$	$171,14 \pm 2,53$
Longitud de la cama (cm)	$82,00 \pm 1,00$	$82,25 \pm 2,02$	$86,26 \pm 1,78$	$88,33 \pm 2,78$
Amplada de la pelvis (cm)	$20,50 \pm 1,00$	$21,19 \pm 1,85$	$22,17 \pm 1,75$	$23,29 \pm 1,66$

Taula 1. Característiques demogràfiques de la mostra

a homes i < 159,8 per a dones); el segon grup (H2 i D2) es va trobar entre els percentils 25 i 50 (172,9-177 per a homes i 159,8-163,8 per a dones); el tercer grup (H3 i D3) el van formar subjectes que es van trobar entre els percentils 50 i 75 (177-181,4 per a homes i 163,8-167,9 per a dones), i el quart grup (H4 i D4) subjectes situats per sobre del percentil 75 (> 181,4 per a homes i > 167,9 per a dones) de l'alçada de la població espanyola (Carrascosa et al., 2008). Els subjectes van presentar normopès, trobant-se els valors d'índex de massa corporal entre 18,5 i 24,9 kg/m². Tots els subjectes van participar de forma voluntària i van signar el consentiment informat per a la realització de les proves. Els protocols aplicats van ser prèviament aprovats pel Comitè d'Ètica de la Universitat Politècnica de Madrid. Es van establir com a criteris d'inclusió no patir patologies cròniques del sistema musculoesquelètic i no haver sofert lesions recentment.

Anàlisi de la marxa

Es va sol·licitar als subjectes caminar descalços en un passadís de marxa de 10 metres de longitud a velocitat normal, la velocitat que lliurement seleccionessin. Es van gravar tres proves per a cada subjecte que incloïen un cicle de la marxa dret i esquerre cadascun. Per a això es va utilitzar el sistema optoelectrònic 3D de captura de moviment VICON (Vicon Motion System, Oxford, UK) compost per 6 càmeres infraroges a 120 Hz, i un total de 19 marcadors reflectors (14 mm de diàmetre) situats de forma bilateral en punts anatòmics seguint el model Plug in Gait de VICON. Es van situar marcadors en la part posterior del taló, en els caps del 2n metatarsià, en mal·lèol extern de turmells seguint l'eix transmetatarsià, línia mitjana lateral de cama, còndil extern de fèmur sobre l'eix de flexo-extensió (mig-lateral) del genoll, línia mitjana lateral de la cuixa, part anterior d'espines ilíiaques anteriors (EIAS), espines ilíiaques posteriors (EIPS), apòfisi espinosa de la 7a vèrtebra cervical i 10a vèrtebra dorsal, i a l'escotadura jugular.

Les variables espai-temporals i cinemàtiques van ser obtingudes d'una mitjana de tres cicles de la marxa de cada costat i normalitzades al 0-100% del cicle. Els resultats que es van obtenir van ser: velocitat (cm/s), cadència (passos/min), longitud de pas (cm), longitud de gambada (cm), amplitud de pas (cm), percentatge de suport en el cicle (%), percentatge d'oscil·lació en el cicle (%), temps de suport en el cicle (s), temps d'oscil·lació en el cicle (s), temps de pas (s), temps de gambada (s), temps de suport monopodal (s) i temps de doble suport

(s). La velocitat, longitud de pas i longitud de gambada es van normalitzar en funció de l'alçada i de la longitud de cama. L'amplada de pas es va normalitzar en funció de l'amplada de la pelvis, determinada per la distància entre EIAS (Hof, 1996; Pierrynowski & Galea, 2001).

Els paràmetres cinemàtics que es van obtenir van ser: el rang de moviment del centre de gravetat en el pla frontal (moviment lateral) (mm) i en el pla sagital (moviment craniocaudal) (mm), el rang de moviment de la pelvis en els tres plans (°): sagital (anteversió i retroversió), frontal (caiguda lateral de la pelvis) i transversal (obliquïtat). En la cinemàtica de la flexo-extensió de maluc, genoll i turmell es van seleccionar dades discretes (màxims, mínims i suport inicial) de les corbes angle articular/percentatge cicle, sent aquestes dades les que descriuen la corba amb més precisió. Es van analitzar, per tant, els graus de flexió màxima i mínima de maluc, genoll i turmell (°) i el moment del cicle en el qual succeïen (% del cicle), i els graus de flexió de maluc, genoll i turmell (°) al moment del contacte del taló (0% del cicle).

Anàlisi estadística

Totes les anàlisis estadístiques es van realitzar amb el programari SPSS v.21 (SPSS Inc., Chicago, IL, United States). Es van calcular mitjanes i desviacions estàndard (mitjana \pm DE).

Per establir els patrons de marxa normal en funció de l'alçada es van realitzar comparacions de mitjanes entre grups d'alçada de forma separada per sexe (Kruskal-Wallis). Totes les proves utilitzades van ser no paramètriques, ja que algunes de les variables no es corresponien amb una distribució normal (Kolmogorov-Smirnov). El nivell alfa de significació es va establir en 0,05 per a totes les proves estadístiques.

Resultats

Cadascun dels resultats es va analitzar entre els grups d'alçada de forma separada per a cada sexe (H1, H2, H3 i H4 per als homes i D1, D2, D3 i D4 per a les dones).

Homes

Paràmetres espai-temporals (taula 2)

La longitud de pas (cm) es va presentar diferent en els grups d'alçada dels homes, sent els valors en

	H1	H2	H3	H4	p	$\chi^2(3)$
	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE		
Velocitat (cm/s)	125,72 \pm 10,84	132,77 \pm 14,61	118,65 \pm 17,86	143,05 \pm 27,36	0,167	5,07
Velocitat/Alçada	0,74 \pm 0,06	0,76 \pm 0,08	0,66 \pm 0,10	0,78 \pm 0,15	0,157	5,21
Velocitat/Long. de la cama	1,44 \pm 0,14	1,46 \pm 0,17	1,29 \pm 0,24	1,49 \pm 0,30	0,247	4,14
Cadència (passos/min)	113,18 \pm 5,47	113,00 \pm 8,44	108,83 \pm 10,63	116,21 \pm 10,37	0,582	1,95
Long. del pas (cm) ^{*a}	66,89 \pm 3,14	70,41 \pm 5,44	65,28 \pm 4,20	73,71 \pm 8,52	0,047	7,95
Long. del pas/Alçada	0,39 \pm 0,02	0,40 \pm 0,03	0,36 \pm 0,02	0,40 \pm 0,05	0,107	6,11
Long. del pas/Long. de la cama	0,77 \pm 0,05	0,78 \pm 0,07	0,71 \pm 0,07	0,76 \pm 0,09	0,138	5,52
Long. de la gambada (cm) ^{*a,b}	133,39 \pm 6,06	141,43 \pm 10,97	130,67 \pm 8,93	147,70 \pm 17,50	0,035	8,60
Long. de la gambada/Alçada	0,79 \pm 0,03	0,81 \pm 0,06	0,73 \pm 0,05	0,80 \pm 0,10	0,095	6,38
Long. de la gambada/Long. de la cama	1,53 \pm 0,09	1,56 \pm 0,13	1,42 \pm 0,14	1,53 \pm 0,19	0,141	5,47
Amplada del pas (cm)	13,43 \pm 1,81	14,00 \pm 2,24	12,09 \pm 2,73	12,20 \pm 2,78	0,354	3,26
Amplada del pas/Ampl. de la pelvis	0,59 \pm 0,08	0,59 \pm 0,11	0,49 \pm 0,11	0,54 \pm 0,14	0,321	3,50
Percentatge de suport (%)	59,37 \pm 1,58	59,25 \pm 0,083	59,97 \pm 1,69	58,22 \pm 1,33	0,056	7,56
Percentatge d'oscil·lació (%)	40,63 \pm 1,58	40,75 \pm 0,83	40,03 \pm 1,69	41,78 \pm 1,33	0,056	7,56
Temps de suport (s)	0,63 \pm 0,04	0,63 \pm 0,05	0,67 \pm 0,09	0,61 \pm 0,06	0,444	2,68
Temps d'oscil·lació (s)	0,43 \pm 0,02	0,44 \pm 0,04	0,45 \pm 0,03	0,44 \pm 0,03	0,924	0,48
Temps de pas (s)	0,53 \pm 0,3	0,53 \pm 0,04	0,56 \pm 0,06	0,52 \pm 0,05	0,573	2,00
Temps de gambada (s)	1,07 \pm 0,05	1,07 \pm 0,08	1,12 \pm 0,12	1,05 \pm 0,09	0,59	1,91
Temps de suport monopodal (s)	0,53 \pm 0,03	0,54 \pm 0,04	0,56 \pm 0,06	0,53 \pm 0,04	0,691	1,46
Temps de doble suport (s)	0,10 \pm 0,02	0,10 \pm 0,01	0,11 \pm 0,03	0,09 \pm 0,02	0,232	4,29

* $p < 0,05$. ^a H4 > H3. ^b H4 > H1.

Taula 2. Paràmetres espai-temporals dels homes durant la marxa normal

el grup H4 superiors als del grup H3. La longitud de la gambada (cm) va presentar diferències en els grups per alçada dels homes, tenint valors superiors en el grup H4 que en els grups H1 i H3. Com es mostra a la *taula 2*, no es van trobar diferències en la resta de variables espai-temporals entre els grups d'alçada dels homes.

Paràmetres cinemàtics (*taula 3*)

Existeixen diferències en els graus de màxima extensió de turmell entre els grups per alçada dels homes. El grup H1 va presentar valors inferiors que els grups H4 i H3. Els homes no van presentar diferències entre els grups d'alçada en la cinemàtica de la pelvis, centre de gravetat, maluc i genoll. I tampoc en la resta de paràmetres del turmell, com es mostra a la *taula 3*.

Dones

Paràmetres espai-temporals (*taula 4*)

Les dones van mostrar diferències en el percentatge del cicle de suport entre els grups d'alçada de les dones, sent els grups D1 i D4 majors que el grup D2.

El percentatge del cicle en oscil·lació també va presentar diferències entre les dones, mostrant valors majors en el grup D2 que en els grups D1 i D4. El temps de doble suport va mostrar valors majors en els grups D1 i D4 que en el grup D2. La resta de paràmetres espai-temporals no van presentar diferències entre els grups per alçada de les dones com es mostra a la *taula 4*.

Paràmetres cinemàtics (*taula 5*)

Els van mostrar diferències en el rang de moviment de la pelvis en el pla sagital (anteversió i retroversió) entre els diferents grups per alçades en dones. Els grups D2, D3 i D4 van presentar més amplitud de moviment que el grup D1. A més, en relació a la cinemàtica del turmell, les dones pertanyents al grup D2 van presentar la màxima extensió del turmell abans que les dones dels grups D4 i D1. No es van revelar diferències entre els grups per alçada de les dones, com es pot veure a la *taula 5*, en la cinemàtica de la pelvis en els plans frontal i transversal, en el moviment del centre de gravetat, en la cinemàtica del maluc i el genoll, i en la resta de paràmetres cinemàtics del turmell.

	H1	H2	H3	H4	p	$\chi^2(3)$
	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE		
CG lateral (mm)	63,11 \pm 12,45	60,06 \pm 11,80	67,72 \pm 9,91	58,31 \pm 10,44	0,061	3,02
CG vertical (mm)	41,28 \pm 5,17	48,82 \pm 9,08	37,95 \pm 5,45	47,25 \pm 9,41	0,389	7,38
Pelvis pla frontal (°)	12,05 \pm 3,41	12,43 \pm 3,43	9,63 \pm 2,94	12,69 \pm 3,47	0,36	3,21
Pelvis pla sagital (°)	2,79 \pm 0,68	3,74 \pm 1,23	3,43 \pm 0,84	3,44 \pm 0,96	0,289	3,76
Pelvis pla transversal (°)	9,51 \pm 2,29	9,41 \pm 3,97	8,58 \pm 1,92	9,44 \pm 3,02	0,785	1,07
Flexió màx. maluc (°)	43,06 \pm 6,53	46,02 \pm 6,80	39,44 \pm 4,58	43,55 \pm 4,56	0,281	3,82
Flexió màx. maluc (%)	87,14 \pm 2,67	88,53 \pm 4,02	89,91 \pm 5,16	87,04 \pm 2,14	0,761	1,17
Extensió màx. maluc (°)	-3,01 \pm 4,30	0,01 \pm 9,56	-3,37 \pm 4,31	-1,21 \pm 5,08	0,641	1,68
Extensió màx. maluc (%)	50,81 \pm 1,33	51,62 \pm 0,92	51,50 \pm 1,29	49,84 \pm 1,46	0,056	7,57
Flexió maluc CI (°)	39,53 \pm 4,36	42,70 \pm 7,16	36,17 \pm 5,32	39,75 \pm 4,48	0,235	4,25
Flexió màx. genoll (°)	65,95 \pm 5,83	66,00 \pm 4,59	66,14 \pm 3,11	66,94 \pm 3,27	0,943	0,39
Flexió màx. genoll (%)	70,80 \pm 1,54	70,81 \pm 1,08	70,93 \pm 1,27	69,87 \pm 1,01	0,348	3,30
Extensió màx. genoll (°)	4,96 \pm 3,80	5,56 \pm 5,34	5,90 \pm 4,34	6,57 \pm 3,36	0,620	1,78
Extensió màx. genoll (%)	39,71 \pm 1,44	38,58 \pm 1,31	38,19 \pm 2,65	38,08 \pm 1,16	0,150	5,32
Flexió genoll CI (°)	8,11 \pm 3,27	7,24 \pm 4,60	10,10 \pm 3,63	9,27 \pm 3,74	0,560	2,06
Flexió màx. turmell (°)	15,82 \pm 2,05	15,92 \pm 3,12	16,40 \pm 3,71	17,28 \pm 2,21	0,462	2,58
Flexió màx. turmell (%)	44,10 \pm 2,97	44,17 \pm 1,63	47,45 \pm 6,1	42,47 \pm 5,49	0,394	2,99
Extensió màx. turmell (°)*a	-15,15 \pm 3,52	-14,90 \pm 5,01	-9,94 \pm 3,26	-10,70 \pm 4,37	0,033	8,74
Extensió màx. turmell (%)	62,96 \pm 1,40	62,87 \pm 1,46	63,09 \pm 1,21	61,69 \pm 1,36	0,208	4,55
Flexió turmell CI (°)	3,98 \pm 2,23	3,81 \pm 2,56	5,71 \pm 2,92	6,06 \pm 3,06	0,260	4,01

* $p < 0,05$. ^a H1 > H4; H1 > H3.

Taula 3. Paràmetres cinemàtics dels homes durant la marxa normal

Discussió

L'objectiu del present estudi va ser examinar les diferències en el patró de la marxa entre subjectes sans agrupats per alçada durant la marxa normal, en homes i dones de manera independent. Estudis previs parteixen de la premissa que les variacions en l'alçada no influeixen el patró de marxa una vegada normalitzades les dades en funció de les mesures antropomètriques dels subjectes (Hof, 1996; Pierrynowski & Galea, 2001). Els resultats del present estudi revelen la influència de l'alçada en alguns dels paràmetres espai-temporals i cinemàtics de la marxa independentment de la normalització.

En els paràmetres espai-temporals es mostra la influència de la normalització (Hof, 1996; Pierrynowski & Galea, 2001), com es pot comprovar en el cas concret de la longitud de pas i de gambada en els homes. La longitud de pas i la longitud de gambada presenten valors més alts en els homes amb més alçada (H4), diferència que no apareix quan els paràmetres són normalitzats en funció de l'alçada o en funció de la longitud de cama (Hof, 1996). Aquest fet assenyala que es podrien seleccionar indistintament l'estatura o la longitud de la cama com a paràmetre antropomètric per a la normalització tant en homes com en dones. S'observa que paràmetres com la velocitat, la longitud del

pas i la longitud de la gambada no representen diferències entre els grups d'estatura, en home i en dones, tant si han sigut normalitzats amb l'estatura com amb l'estatura de la cama.

Les dones presenten diferències entre els grups en funció de l'alçada en la distribució dels percentatges de suport i oscil·lació (%). Les dones amb alçada major (D4) i menor (D1) presenten percentatges de suport lleugerament superiors, i percentatges d'oscil·lació inferiors, a les dones pertanyents als grups centrals d'alçada (D2-D3), que presenten un patró suport-oscil·lació (%) similar al dels homes. Aquesta modificació pot ser deguda a l'augment fonamentalment del temps de doble suport, ja que el temps de suport monopodal i el temps total de suport presenten també diferències però no significatives. Encara que les diferències en el patró recolzo-oscil·lació (%) es mostren estadísticament significatives, els valors disten escassament entorn d'1,5% del cicle, i tots els grups es troben en els estàndards normals de la marxa (Perry, 1992).

Els paràmetres cinemàtics de maluc i genoll no mostren diferències en homes i en dones en funció de l'alçada. Únicament l'articulació del turmell, més distal i amb menor control i amb més variabilitat de moviment, mostra diferències significatives. En els homes es presenta

	D1	D2	D3	D4	p	$\chi^2(3)$
	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE		
Velocitat (cm/s)	116,29 \pm 21,93	143,48 \pm 17,43	136,88 \pm 23,88	128,53 \pm 14,43	0,219	4,42
Velocitat/Alçada	0,74 \pm 0,14	0,89 \pm 0,11	0,83 \pm 0,14	0,75 \pm 0,09	0,111	6,02
Velocitat/Longitud de la cama	1,42 \pm 0,28	1,74 \pm 0,21	1,59 \pm 0,27	1,46 \pm 0,19	0,069	7,09
Cadència (passos/min)	111,97 \pm 13,68	123,55 \pm 6,99	120,04 \pm 11,26	112,63 \pm 8,94	0,112	5,98
Long. del pas (cm)	61,81 \pm 4,13	70,23 \pm 5,07	68,41 \pm 6,53	68,69 \pm 4,45	0,108	6,07
Long. del pas/Alçada	0,39 \pm 0,02	0,44 \pm 0,03	0,41 \pm 0,04	0,40 \pm 0,03	0,106	6,12
Long. del pas/Long. de la cama	0,75 \pm 0,06	0,85 \pm 0,06	0,79 \pm 0,08	0,78 \pm 0,07	0,074	6,94
Long. de la gambada (cm)	124,03 \pm 8,58	139,58 \pm 10,61	136,57 \pm 12,81	137,16 \pm 8,29	0,207	4,56
Long. de la gambada/Alçada	0,78 \pm 0,05	0,87 \pm 0,07	0,82 \pm 0,08	0,80 \pm 0,06	0,152	5,29
Long. de la gambada/Long. de la cama	1,51 \pm 0,12	1,70 \pm 0,13	1,58 \pm 0,15	1,56 \pm 0,14	0,095	6,36
Amplada del pas (cm)	10,11 \pm 1,85	11,13 \pm 1,22	11,21 \pm 2,60	9,63 \pm 2,09	0,205	4,58
Amplada del pas/Amplada de la pelvis	0,49 \pm 0,07	0,53 \pm 0,08	0,51 \pm 0,16	0,42 \pm 0,10	0,107	6,11
Percentatge de suport (%) ^{*a}	61,15 \pm 1,28	58,97 \pm 0,86	60,01 \pm 1,64	60,63 \pm 0,85	0,031	8,84
Percentatge d'oscil·lació (%) ^{*b}	38,85 \pm 1,28	41,03 \pm 0,86	39,99 \pm 1,64	39,37 \pm 0,85	0,031	8,84
Temps de suport (s)	0,66 \pm 0,09	0,58 \pm 0,4	0,61 \pm 0,06	0,65 \pm 0,06	0,068	7,11
Temps d'oscil·lació (s)	0,42 \pm 0,04	0,40 \pm 0,02	0,40 \pm 0,04	0,42 \pm 0,03	348	3,30
Temps de pas (s)	0,54 \pm 0,07	0,49 \pm 0,03	0,50 \pm 0,05	0,54 \pm 0,05	0,93	6,42
Temps de gambada (s)	1,08 \pm 0,13	0,98 \pm 0,05	1,01 \pm 0,10	1,08 \pm 0,09	0,73	6,95
Temps de suport monopodal (s)	0,54 \pm 0,06	0,49 \pm 0,03	0,51 \pm 0,05	0,54 \pm 0,04	0,087	6,56
Temps de doble suport (s) ^{*a}	0,12 \pm 0,03	0,09 \pm 0,01	0,10 \pm 0,02	0,12 \pm 0,02	0,02	9,88

* $p < 0,05$. ^a M1 > M2; M4 > M2. ^b M2 > M1; M2 > M4.

Taula 4. Paràmetres espai-temporals de les dones durant la marxa normal

	D1	D2	D3	D4	p	$\chi^2(3)$
	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE	Mitjana \pm DE		
CG lateral (mm)	56,36 \pm 7,92	45,48 \pm 11092	49,25 \pm 8,79	49,11 \pm 11,14	0,507	2,33
CG vertical (mm)	42,86 \pm 13,10	44,33 \pm 10,50	46,07 \pm 11,41	44,44 \pm 9,56	0,935	0,43
Pelvis pla frontal (°)	13,50 \pm 0,36	15,15 \pm 2,56	16,19 \pm 4,59	15,68 \pm 3,15	0,818	0,93
Pelvis pla sagital (°) ^{*a}	2,24 \pm 0,42	3,85 \pm 0,78	3,57 \pm 1,35	3,21 \pm 0,83	0,046	7,98
Pelvis pla transversal (°)	6,48 \pm 1,59	11,11 \pm 3,25	9,29 \pm 2,90	9,49 \pm 2,78	0,129	5,67
Flexió màx. maluc (°)	50,07 \pm 3,69	51,76 \pm 7,38	52,38 \pm 7,53	50,88 \pm 5,98	0,963	0,28
Flexió màx. maluc (%)	87,04 \pm 2,40	86,62 \pm 3,76	85,42 \pm 6,66	85,68 \pm 1,42	0,792	1,04
Extensió màx. maluc (°)	5,63 \pm 2,62	1,36 \pm 10,51	4,06 \pm 6,39	3,73 \pm 4,59	0,848	0,81
Extensió màx. maluc (%)	52,42 \pm 0,78	50,15 \pm 0,85	50,35 \pm 1,08	50,98 \pm 1,33	0,054	7,65
Flexió maluc CI (°)	48,11 \pm 3,97	47,69 \pm 7,24	48,39 \pm 7,47	46,90 \pm 7,47	0,955	0,33
Flexió màx. genoll (°)	62,82 \pm 2,21	69,22 \pm 3,23	69,41 \pm 4,63	69,60 \pm 4,48	0,175	4,96
Flexió màx. genoll (%)	72,32 \pm 0,44	70,69 \pm 1,43	70,81 \pm 1,71	71,63 \pm 0,95	0,159	5,18
Extensió màx. genoll (°)	8,17 \pm 1,82	7,14 \pm 4,13	8,57 \pm 2,75	8,34 \pm 2,48	0,824	0,91
Extensió màx. genoll (%)	38,12 \pm 2,60	37,70 \pm 1,90	37,36 \pm 2,18	38,98 \pm 2,15	0,554	2,09
Flexió genoll CI (°)	10,82 \pm 1,24	11,17 \pm 2,48	13,37 \pm 4,61	12,20 \pm 2,87	0,771	1,13
Flexió màx. turmell (°)	17,37 \pm 3,60	15,22 \pm 4,42	16,82 \pm 3,36	15,47 \pm 2,02	0,654	1,62
Flexió màx. turmell (%)	43,74 \pm 2,55	47,35 \pm 20,65	43,74 \pm 4,89	44,98 \pm 1,74	0,73	1,30
Extensió màx. turmell (°)	-16,12 \pm 3,56	-20,66 \pm 6,36	-15,99 \pm 8,42	-18,71 \pm 3,59	0,638	1,70
Extensió màx. turmell (%) ^{*b}	63,01 \pm 1,32	60,59 \pm 1,20	61,58 \pm 1,90	63,07 \pm 1,44	0,018	10,09
Flexió turmell CI (°)	3,45 \pm 5,16	4,77 \pm 3,91	5,39 \pm 3,64	2,66 \pm 2,44	0,452	2,63

* $p < 0,05$. ^a M2 > M1; M3 > M1; M4 > M1. ^b M1 > M2; M4 > M2.

Taula 5. Paràmetres cinemàtics de les dones durant la marxa normal

una extensió major del turmell, flexió plantar, d'aproximadament 5° en els homes pertanyents als grups amb alçades menors (H1 i H2), la qual cosa podria explicar-se d'igual manera que s'explica l'extensió més gran del turmell que presenten les dones durant el moment de l'enlairament del peu (Bruening et al., 2015; Kerrigan et al., 1998; Røislien et al., 2009). Subjectes amb peus proporcionalment més petits podrien tenir la necessitat d'incrementar l'extensió del turmell durant la fase d'enlairament del peu amb la intenció de mantenir l'efectivitat del patró cinemàtic del genoll i maluc en la fase d'oscil·lació de la marxa (Bruening et al., 2015). El turmell de les dones dels grups centrals d'alçada (D2 i D3) mostra un avançament al moment d'enlairament del peu del sòl, en el qual es troba la màxima flexió, pel que fa als grups extrems (D1 i D4), i que té la seva explicació en el lleuger escurçament de la fase de suport, esmentada amb anterioritat, a causa del menor temps de doble suport.

A més, les dones presenten diferències en el patró cinemàtic de la pelvis en el pla sagital (moviments d'anterversió i retroversió). Les dones pertanyents al grup d'alçada més baixa (D1) mostren entre 1° i 1,5° menor rang de moviment d'anterversió-retroversió de la pelvis que la resta de grups, fet que estaria directament relacionat amb el moviment del maluc i la longitud de pas, que també es mostren menors, encara que no significativament, que en la resta de grups.

En conclusió, a més de les diferències degudes a les característiques anatòmiques, biomecàniques i socials de cada sexe, l'alçada hauria de tenir-se en consideració quan es descriuen els patrons normals de la marxa en adults sans. Específicament els paràmetres cinemàtics del turmell d'homes i dones, i la cinemàtica de la pelvis en el pla sagital i el patró suport-oscil·lació (%) en les dones, ja que podrien aportar una nova percepció sobre la marxa humana i serien importants per a la millora de les bases de dades de marxa normal d'homes i dones.

Conflicte d'interessos

Les autores declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

Bruening, D. A., Frimenko, R. E., Goodyear, C. D., Bowden, D. R., & Fullenkamp, A. M. (2015). Sex differences in whole body

- gait kinematics at preferred speeds. *Gait & Posture*, *41*, 540-545. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.12.011
- Carrascosa, A., Fernández, J. M., Fernández, C., Ferrández, A., López-Siguero, J. P., Sánchez, E., ... Yeste, Y. D. (2008). Estudios españoles de crecimiento 2008. Nuevos patrones antropométricos. *Endocrinología y Nutrición*, *55*(10), 484-506. doi:10.1016/S1575-0922(08)75845-5
- Chiu, M. C., Wu, H. C., & Chang, L. Y. (2013). Gait speed and gender effects on center of pressure progression during normal walking. *Gait & Posture*, *37*, 43-48. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.05.030
- Cho, S. H., Park, J. M., & Kwon, O. Y. (2004). Gender differences in three dimensional gait analysis data from 98 healthy Korean adults. *Clinical Biomechanics*, *19*, 145-152. doi:10.1016/j.clinbiomech.2003.10.003
- Frimenko, R., Goodyear, C., & Bruening, D. (2015). Interactions of sex and aging on spatiotemporal metrics in non-pathological gait: a descriptive meta-analysis. *Journal of Physiotherapy*, *101*(3), 266-272. doi:10.1016/j.physio.2015.01.003
- Hof, A. L. (1996). Scaling gait data to body size. *Gait & Posture*, *4*, 222-223. doi:10.1016/0966-6362(95)01057-2
- Kerrigan, D. C., Todd, M. K., & Della Croce, U. (1998). Gender differences in joint biomechanics during walking: normative study in young adults. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *77*(1), 2-7. doi:10.1097/00002060-199801000-00002
- Lerner, Z. F., Board, W. J., & Browning, R. C. (2014). Effects of obesity on lower extremity muscle function during walking at two speeds. *Gait & Posture*, *39*, 978-984. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.12.020
- Mather, G., & Murdoch, L. (1994). Gender discriminations in biological motion displays based on dynamic cues. *Proceedings of the Royal Society of London B*, *258*, 273-279. doi:10.1098/rspb.1994.0173
- Murray, M. P., Drought, A. B., & Kory, R. C. (1964). Walking patterns of normal men. *Journal of Bone and Joint Surgery*, *46*(A), 335-360. doi:10.2106/00004623-196446020-00009
- Murray, M. P., Kory, R. C., & Sepic, S. B. (1970). Walking patterns of normal women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *51*, 637-650.
- Nigg, B. M., Fisher, V., & Ronsky, J. L. (1994). Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait & Posture*, *2*, 213-220. doi:10.1016/0966-6362(94)90106-6
- Perry, J. (1992). *Gait analysis normal and pathological function*. Thorofare, NJ: SLACK Inc.
- Pierrynowski, M. R., & Galea, V. (2001). Enhancing the ability of gait analyses to differentiate between groups: scaling data to body size. *Gait & Posture*, *13*, 193-201. doi:10.1016/S0966-6362(01)00097-2
- Ranavolo, A., Donini, L. M., Mari, S., Serrao, M., Silvetti, A., Iavicoli, S., ... Draicchio, F. (2013). Lower-limb joint coordination pattern in obese subjects. *BioMed Research International*, *2013*, 14-23. doi:10.1155/2013/142323
- Røislien, J., Skare, Ø., Gustavsen, M., Broch, N.L., Rennie, L., & Orheim, A. (2009). Simultaneous estimation of effects of gender, age and walking speed on kinematic gait data. *Gait & Posture*, *30*, 441-445. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.07.002
- Smith, L. K., Lelas, J. L., & Kerrigan, D. C. (2002). Gender differences in pelvic motions and center of mass displacement during walking: stereotypes quantified. *Journal of Women's Health and Gender-Based Medicine*, *11*, 453-458. doi:10.1089/15246090260137626
- Spyropoulos, P., Pisciotto, J. C., Pavlou, K. N., Cairns, M. A., & Simon, S. R. (1997). Biomechanical gait analysis in obese men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *72*, 1065-1070.
- Troje, N.F. (2002). Decomposing biological motion: a framework for analysis and synthesis of human gait patterns. *Journal of Vision*, *2*, 371-387. doi:10.1167/2.5.2