



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Anàlisi electromiogràfica dels músculs del turmell d'adults joves amb síndrome de Down abans i després d'implementar un programa d'activitat física basat en la dansa

Núria Massó-Ortigosa^{a,*}, Lourdes Gutiérrez-Vilahú^a, Lluís Costa-Tutusaus^a, Guillermo R. Oviedo^b, Ferran Rey-Abella^a

^aFacultat de Ciències de la Salut Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Espanya

^bFacultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Espanya

Rebut el 15 de juny de 2017; acceptat el 6 de novembre de 2017

PARAULES CLAU

Electromiografia;
Control postural;
Síndrome de Down;
Bipedestació;
Dansa

Resum

Introducció: Les persones amb síndrome de Down tenen dificultat de control postural i mostren diferències pel que fa al desplaçament del centre de pressió i a l'activitat muscular, en comparació amb la població general. Investigacions prèvies han demostrat que el desplaçament del centre de pressió és menys dependent de les condicions visuals de les persones amb síndrome de Down, tot i que s'ha observat una millora de l'equilibri després de practicar activitats físiques específiques basades en la dansa. L'objectiu d'aquest projecte fou valorar l'efecte que un programa d'activitat física basat en la dansa exerceix sobre l'activitat muscular d'adults joves amb síndrome de Down.

Material i mètode: Onze participants amb síndrome de Down i 11 participants sense síndrome de Down, com a grup control, van seguir un programa de dansa de 18 setmanes de durada. S'emprà electromiografia de superfície per valorar l'activitat del múscul del turmell abans i després de finalitzar el programa, amb els ulls oberts i tancats.

Resultats: Observarem un nivell superior d'activació muscular en el grup amb síndrome de Down, que reflectí diferències menors entre les diferents condicions visuals que el grup control. No s'observaren diferències significatives, abans i després de l'entrenament, en el grup amb síndrome de Down. Tanmateix s'observaren diferències menors, entre ambdós grups, després de l'entrenament, en relació amb la situació abans de l'entrenament.

Conclusions: Tot i que no s'observaren diferències significatives en el grup amb síndrome de Down després de l'entrenament, sí que s'observà una davallada de les diferències entre els grups. Aquestes diferències podrien tenir relació amb determinades adaptacions posturals. En el futur, seria interessant incrementar la mostra i analitzar també la posició del centre de pressió en relació als peus.

© 2017 FC Barcelona. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

* Autor per a la correspondència.

Correu electrònic: nuriama@blanquerna.url.edu (N. Massó-Ortigosa)

KEYWORDS

Electromyography;
Postural control;
Down syndrome;
Standing position;
Dance

Electromyographic analysis of ankle muscles in young adults with Down syndrome before and after the implementation of a physical activity programme based on dance

Abstract

Introduction: People with Down syndrome have difficulties in postural control and exhibit differences in the displacement of their centre of pressure and in muscle activity compared with the general population. Previous research has shown that centre of pressure displacement is less depending on visual conditions in people with Down syndrome, although improved balance has been observed following specific physical activities based on dance. The aim of the project was to assess the effect of a dance-based physical activity programme on muscle activity in young adults with Down syndrome.

Material and method: Eleven participants with Down syndrome and eleven participants without Down syndrome as the control group followed an 18-week dance programme. Surface electromyography was used to assess ankle muscle activity before and after completion of the programme in open and closed eyes conditions.

Results: We observed a higher level of muscle activation in Down syndrome group. They showed minor differences between different visual conditions than control group. No significant differences were seen in pre- and post-training in Down syndrome group. Nevertheless, less differences were observed between both groups after training than before.

Conclusions: Although no significant differences were observed in Down syndrome group after training, differences between groups were decreased. These could be related to some postural adaptations. In the future, it will be interesting to increase the sample and also analyze the position of centre of pressure in relation to feet.

© 2017 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducció

Las personas amb síndrome de Down (SD) sovint tenen les articulacions laxes i el to muscular baix^{1,2}. El desenvolupament motor i les reaccions motores són lentes, cosa que dificulta l'adaptació a l'entorn durant la pràctica de diferents tasques motores³, degut a la dificultat de controlar l'ajust postural⁴⁻⁶. Els investigadors també han trobat diferències entre persones amb i sense SD en analitzar el centre de pressió (CDP). En general, els subjectes amb SD han mostrat valors més elevats en el desplaçament del CDP que els subjectes control (mitjana quadràtica o *root mean square* [RMS]; velocitat mitjana, àrea d'equilibri i freqüència de rotació), llevat de RMS amb els ulls tancats⁷. A més, en comparar l'equilibri en bipedestació estàtica entre adolescents amb i sense SD, s'observà que els valors de la trajectòria i la velocitat de balanceig anteroposterior, medial lateral del CDP amb ulls oberts i ulls tancats en el grup SD foren més elevats, llevat del desplaçament medial lateral del CDP amb els ulls tancats⁸.

La majoria d'autors coincideixen en què les persones amb SD tenen una capacitat reduïda per mantenir una postura estable, en comparació amb les persones sense SD^{9,10}. Les raons de la disminució de l'estabilitat i de l'equilibri postural de les persones amb SD encara no són clares. Alguns autors suggereixen que la falta de control postural en grups de persones amb discapacitat intel·lectual està relacionada amb la coexistència d'anomalies vestibulars⁷, res-

posta lenta^{5,11} i deteriorament sensorial^{12,13}. Cal tenir en compte que una part important de les persones amb SD també tenen una identificació que coexisteix amb alguns d'aquests factors associats.

En treballs previs que comparaven diferents situacions visuals, els autors del present estudi observaren que els joves amb SD mostren un control postural deficient en bipedestació. Les diferències amb el grup control (GC) foren més evidents amb els ulls oberts que amb els ulls tancats. En canviar les circumstàncies, el GC incrementà el desplaçament anteroposterior amb els ulls tancats enfront dels ulls oberts, però el grup SD no ho feu¹⁴. De manera similar, altres autors han suggerit que les persones amb SD utilitzen els músculs de manera diferent en situacions dinàmiques, com caminar. Els nens petits amb SD mostraren una amplitud de passa significativament més gran que els seus companys sense SD. Els nens petits amb SD milloraren la ritmicitat de l'esclat muscular, mantenint esclats més llargs, però el ritme restà inconsistent. La disminució de l'interval entre esclats i l'augment de la durada de l'esclat muscular dels nens petits amb SD pot ajudar a controlar les cames mitjançant l'estabilització de les articulacions laxes¹⁵. No s'observaren diferències grupals (SD versus no SD) en la rigidesa o en els índexs de co-contracció de les extremitats inferiors (CEI) durant la fase de recolzament, però els nens amb SD mostraren una CEI superior en el balanceig¹⁶. En situacions estàtiques, com mantenir-se dempeus, alguns autors observaren una activitat muscular major en adults amb

SD versus no SD. Els adults amb SD poden realitzar contraccions preprogramades per augmentar la resistència de l'articulació i compensar la inestabilitat inherent de l'articulació que es produeix en les pertorbacions ràpides i impredecibles¹⁷. Les respostes de nens amb SD no mostren atenuació adaptativa a canviar les condicions de la tasca. Les latències inicials de les respostes dels nens amb SD foren significativament més lentes que les dels nens normals. La presència del reflex monosinàptic durant les pertorbacions de la plataforma en latències normals suggereix que els problemes d'equilibri de nens amb SD no són conseqüència de la hipotonia, que els investigadors han definit com a disminució de l'excitabilitat segmentària del conjunt de neurones motores i la patologia dels mecanismes d'estirament reflex, sinó com a resultat de defectes dins els mecanismes posturals de nivell superior¹⁸. Alguns estudis han demostrat que existeix una co-activació augmentada dels grups musculars agonistes i antagonistes, i que podria ser una estratègia de seguretat per estabilitzar l'articulació del turmell i el CDP, i evitar la inestabilitat^{4,18-20}. Al turmell també s'ha vist un major grau de rigidesa^{21,22}.

Diversos autors suggereixen que les persones amb SD poden millorar l'equilibri amb programes d'entrenament sistemàtics i ben dissenyats. L'adaptació a un programa d'entrenament de 12 setmanes demostrà la millora de la capacitat d'equilibri dinàmic del grup experimental (adults joves amb SD) avaluat mitjançant una plataforma d'equilibri. A més, observaren millora de la força muscular i de la resistència muscular de les extremitats inferiors dels participants inclosos en el grup experimental²³.

També sabem que l'activitat física (AF) té efectes beneficiosos per a les persones amb SD, en millora l'índex de massa corporal (IMC), així com la força i la condició^{6,24}. Alguns programes d'AF també han demostrat que són efectius per millorar els paràmetres biomecànics durant l'adquisició de l'aprenentatge de caminar a una edat precoç^{25,26}.

Determinades activitats poden ser més adequades que unes altres per als beneficis relacionats amb l'equilibri. Sabem que els ballarins sense SD presenten millor control postural que la població general²⁷, nivells més alts de propiocepció en el turmell, millor equilibri estàtic en els moviments de cap i coll, i un grau menor de vertigen induït i nistagme^{28,29}. En els ballarins s'ha observat una disminució dels reflexos osteotendinosos³⁰, a més d'una resposta més ràpida durant les respostes neuromusculars de latència llarga i una activació muscular millor en situacions de desequilibri³¹.

Pel que fa a les estratègies de gestió i informació sensorial, els ballarins professionals de ballet depenen més de la informació somatosensorial i utilitzen més informació propioceptiva per mantenir l'equilibri^{32,33}. Durant els trastorns de l'equilibri, amb els ulls oberts, responen millor que la població general²⁸. A més del ballet, hi ha molts altres estils de dansa. La dansa social millora l'equilibri, el control motor, les reaccions posturals i alguns paràmetres de la marxa, tant en la població general com en la gent gran³⁴⁻³⁷.

Tanmateix, pel que sabem, no hi ha estudis que avaluïn la influència dels programes d'AF basats en la dansa sobre els músculs estabilitzadors del turmell de persones amb SD. Per tant, l'objectiu d'aquest estudi fou determinar els efectes d'un programa d'AF basat en la dansa sobre les estratègies de control postural, concretament el paper dels

músculs estabilitzadors del turmell, d'adults joves amb SD comparat amb els que no presenten SD.

Material i mètode

Participants

S'emprà un mostreig de conveniència per seleccionar els participants amb SD d'una escola d'educació especial. El GC fou reclutat en una universitat de Barcelona. Dotze adults joves amb SD i 12 adults joves sense SD acceptaren participar a l'estudi. Ambdós grups tenien entre 17 i 22 anys. Els criteris d'inclusió per al grup SD foren un nivell de discapacitat intel·lectual entre el 30 i el 59%, cosa que implica un percentil de quocient intel·lectual (QI) del 33-70%. La classificació de discapacitat intel·lectual s'obtingué de la història clínica del pacient i representa una combinació de nivell d'intel·ligència i conducta adaptativa. El govern classifica el percentatge de discapacitat (física, intel·lectual i/o sensorial) en 5 graus, de la manera següent: inexistent (0%), baix (1-29%), moderat (30-59%), sever (60-74%) i molt sever (> 75%). La classificació està basada en elements com la capacitat d'adaptació a diferents entorns de la vida quotidiana (professional, cultural, familiar o social) i al QI, entre altres³⁸. Segons aquesta classificació, els nostres participants tenien una discapacitat intel·lectual moderada.

Els criteris d'exclusió per al grup SD foren: problemes de mobilitat, dificultat per romandre dempeus, malaltia vestibular o neuromuscular i qualsevol altra diagnòstic psiquiàtric que requereixi teràpia farmacològica. Idèntics criteris s'aplicaren al GC, llevat dels relacionats amb el deteriorament intel·lectual i discapacitat.

Inicialment, 12 voluntaris amb SD i 12 sense SD es van inscriure a l'estudi, però un voluntari amb SD abandonà a causa d'una cirurgia i un voluntari del GC es traslladà de sector.

Tots els participants i els seus pares / tutors proporcionaren el consentiment informat per participar a l'estudi. Es realitzà una revisió mèdica abans de les primeres avaluacions de l'estudi per descartar possibles contraindicacions per a la pràctica de l'AF.

El protocol d'estudi seguia la normativa de la Declaració d'Hèlsinki³⁹ i fou aprovat pel comitè d'ètica.

Procediment

Les avaluacions es dugueren a terme al principi (pre) i al final (post) del programa d'AF de 18 setmanes.

Història clínica i valoració antropomètrica

Es registraren les dades següents: història clínica i quirúrgica, morfologia del peu, postura, percentatge de greix corporal i altres dades descriptives (edat, sexe, estatura, pes, IMC).

Per a la valoració antropomètrica s'empraren els estàndards, mesures i recomanacions de la Societat Internacional per a la Progressió de la Cineantropometria (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry* [ISAK])⁴⁰. Es mesurà els subjectes descalços i lleugers de roba. El pes

es mesurà amb una balança de precisió de 0,1 kg, i la talla, amb un tallímetre de precisió de 0,1 cm (CAM base, Manrique Hnos. SRL, Buenos Aires, Argentina). L'IMC es calculà dividint el pes (kg) per l'alçada al quadrat (m^2). També es valorà la relació de la circumferència cintura / maluc (Sanny anthropometric tape, São Paulo, Brasil) i es determinà l'índex cintura / maluc (ICM).

Valoració electromiogràfica (EMG)

El gastrocnemi lateral i medial, el tibial anterior i el solí s'estudiaren bilateralment amb un analitzador electromiogràfic (TeleMyo 16, Noraxon USA, Inc., Scottsdale, AZ, EUA) emprant elèctrodes Ag-Ag Cl (Blue Sensor model N-00-S, Medicotest, Ølstykke, Dinamarca). El senyal es registrà a una freqüència de 1.000 Hz de cada canal amb un filtre passabanda de 10-500 Hz i s'amplificà amb un algoritme de mitjana quadràtica (RMS) amb una finestra de 50 ms.

De cada interval de temps registrat es calcularen dues variables per a cada múscul: l'àrea sota la corba del senyal EMG processat i l'amplitud mitjana. Aquestes dues variables es normalitzaren utilitzant la contracció voluntària màxima (CVM) com a referència de cada múscul. La CVM de cada múscul es registrà a cada sessió de valoració en posició de bipedestació estàtica, i es registrà bilateralment per a cada múscul durant 10 s. Tots els participants van començar en bipedestació estàtica amb equilibri inestable originat en variar la postura de bipedestació. Es demanà als participants que mantinguessin la posició inestable almenys durant 10 s mentre es registrava la gravació. L'únic ajut permès fou tocar lleugerament amb un dit el terapeuta. L'equilibri inestable del mesurament del tibial anterior de la CVM es produí estant dempeus sobre els talons amb els dits dels peus estirats. En la CVM del solí, els genolls i els malucs estaven lleugerament inclinats mentre alçava una mica els talons del terra. En la CVM del gastrocnemi lateral i medial, els participants es col·locaren en posició de màxima flexió plantar, amb el talons totalment fora del terra. El valor mitjà d'amplitud dels 10 s registrats del senyal EMG processat de cada múscul s'utilitzà com a valor de referència CVM per al procés de normalització.

Durant les proves en bipedestació estàtica amb els ulls oberts, els participants mantingueren els ulls fixats en una marca en forma d'Y situada enfront d'ells a nivell de l'ull aproximadament. Col·locaren els peus en posició còmoda en lloc d'una posició estandarditzada degut a la variabilitat de la morfologia de l'extremitat inferior entre les persones amb SD². L'instructor sol·licità una postura estàtica, esperà de 5 a 10 s perquè s'estabilitzés l'individu i registrà les dades de 30 s. Al segon 15 de la gravació, l'instructor indicà verbalment el temps, així com quan havia finalitzat la gravació. Després d'un descans de 30 s, es repetí el mateix protocol amb els ulls embenats.

Per a cada registre EMG de 30 s (amb els ulls oberts i tancats) es calcularen les variables següents com a percentatge de la CVM: àrea sota la corba i amplitud mitjana.

Programa de dansa

Els participants d'ambdós grups seguiren un programa d'AF de 18 setmanes (dues sessions de 90 min per setmana) basat en la dansa clàssica, moderna i creativa. Els voluntaris del

GC realitzaren aquestes activitats en un curs universitari durant el mateix període de temps que els estudiants amb SD dedicats a l'educació física i a l'art. Les sessions foren dirigides per dos fisioterapeutes amb experiència especial en dansa i expressió corporal i es dugueren a terme en aules especialment dissenyades per a dansa i AF. Ambdues aules tenien els mateixos materials: bandes elàstiques, pilotes d'entrenament, anelles, malfegues, miralls i una barra de ballet.

El mateix programa fou realitzat per ambdós grups. Consistí en activitats d'escalfament (5 a 10 min), exercicis d'enfortiment abdominal, barra lumbar i de ballet (15 min), exercicis de propiocepció i equilibri amb els ulls oberts i els ulls tancats (20 min), coreografia (20 min), exercicis d'improvissació i reconeixement d'imatges en un mirall (15 min) y relaxació (5-10 min). El grup d'SD rebé una major explicació i demostració dels exercicis durant les primeres dues setmanes per garantir-ne la comprensió. L'adherència al programa per part d'ambdós grups fou superior al 90%.

Anàlisi estadística

A les dades descriptives, les diferències entre grups s'analitzaren mitjançant el test U de Mann-Whitney. Les diferències entre grups per a les variables del domini del temps (àrea i amplitud mitjana) també s'analitzaren mitjançant el test U de Mann-Whitney, i les diferències intragrup en els valors pre i postentrenament s'analitzaren mitjançant el test de Wilcoxon. S'utilitzà un ANOVA per avaluar les diferències en els canvis pre i postentrenament entre grups. L'anàlisi es realitzà mitjançant SPSS versió 20 d'IBM per a Windows (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

Resultats

Característiques dels participants

La taula 1 presenta les característiques dels participants: 11 individus del grup SD (4 homes i 7 dones) i 11 del GC (6 homes i 5 dones). D'acord amb la nostra valoració de la classificació del grau de discapacitat del grup SD, una persona té un grau baix i 10 persones tenen un grau moderat.

Les úniques diferències significatives es trobaren en els valors mitjans de l'alçada ($p < 0,01$) i l'IMC ($p = 0,02$), degut a les diferències morfològiques associades amb SD. Els va-

Taula 1 Característiques descriptives de la mostra

Paràmetre	GC (n = 11)		GSD (n = 11)		p
	M	(DE)	M	(DE)	
Edat (anys)	20,27	(2,05)	20,55	(1,37)	0,44
Alçada (cm)	1,68	(0,11)	1,50	(0,11)	< 0,01
Pes (kg)	63,64	(10,56)	60,00	(10,04)	0,56
IMC (kg/m^2)	22,47	(3,20)	26,81	(4,46)	0,02

DE: desviació estàndard; GC: grup control; GSD: grup síndrome de Down; IMC: índex de massa corporal; M: mitjana.
 $p < 0,05$ es considera significatiu (es mostra en **negreta**).

Taula 2 Comparació dels valors electromiogràfics entre el grup control y el grup síndrome de Down amb els ulls oberts i tancats en situació de preentrenament

Paràmetre del senyal EMG ^a		UO					UT				
		GC		GSD		p ^b	GC		GSD		p ^b
		M	(DE)	M	(DE)		M	(DE)	M	(DE)	
TA-E	A	52,16	(20,52)	114,25	(52,05)	0,01	50,51	(20,01)	112,61	(52,64)	< 0,01
	AM	1,68	(0,65)	3,70	(1,68)	0,01	1,64	(0,65)	3,65	(1,72)	< 0,01
GM-E	A	154,34	(113,90)	294,55	(208,35)	0,08	170,50	(133,85)	278,31	(192,16)	0,14
	AM	5,03	(3,74)	9,56	(6,84)	0,09	5,55	(4,39)	9,04	(6,25)	0,14
GL-E	A	132,39	(108,30)	185,57	(125,64)	0,50	134,25	(108,68)	206,52	(151,42)	0,35
	AM	4,30	(3,56)	6,01	(4,07)	0,42	4,37	(3,55)	6,69	(4,90)	0,31
So-E	A	184,43	(111,37)	310,50	(160,30)	0,04	184,99	(124,51)	343,00	(191,51)	0,03
	AM	5,97	(3,65)	9,99	(5,25)	0,04	6,01	(4,07)	11,12	(6,19)	0,03
TA-D	A	77,90	(70,38)	137,66	(104,56)	0,16	58,28	(26,24)	119,98	(88,86)	0,07
	AM	2,46	(2,03)	4,47	(3,41)	0,18	1,89	(0,83)	3,88	(2,88)	0,07
GM-D	A	272,48	(216,30)	374,81	(212,88)	0,18	321,38	(228,03)	390,06	(293,03)	0,63
	AM	8,84	(7,08)	12,39	(7,26)	0,14	10,43	(7,41)	12,64	(9,41)	0,46
GL-D	A	125,89	(132,88)	243,81	(142,89)	0,03	145,26	(176,21)	226,51	(108,85)	0,03
	AM	4,10	(4,38)	7,86	(4,68)	0,03	4,72	(5,76)	7,37	(3,58)	0,03
So-D	A	216,98	(163,99)	283,91	(181,18)	0,16	244,84	(185,54)	282,31	(184,22)	0,54
	AM	7,06	(5,42)	9,18	(5,80)	0,18	7,96	(6,08)	9,20	(6,04)	0,58

A: àrea sota la corba par al senyal EMG processat; AM: amplitud de mitjana del senyal EMG processat; D: cama dreta; DE: desviació estàndard; E: cama esquerra; EMG: electromiografia; GC: grup control; GL: gastrocnemi lateral; GM: gastrocnemi medial; GSD: grup síndrome de Down; M: mitjana; So: soli; TA: tibial anterior; UO: ulls oberts; UT: ulls tancats.

^a Els valors EMG són dimensionals perquè estan normalitzats.

^b p < 0,05 es considera significatiu (es mostra en **negreta**).

lors d'altura foren més alts en GC. L'IMC fou més elevat en el grup SD.

Comparació entre el grup control i el grup síndrome de Down

Situació d'ulls oberts en el preentrenament

S'observaren diferències significatives entre GC i SD en el tibial anterior (àrea i amplitud mitjana p = 0,01) i soli (àrea i amplitud mitjana p = 0,04) de la cama esquerra, i el gastrocnemi lateral (àrea i amplitud mitjana p = 0,03) de la cama dreta (taula 2).

Situació d'ulls tancats en el preentrenament

S'observaren diferències significatives entre el GC i el grup SD en el tibial anterior (àrea i amplitud mitjana p < 0,01) i soli (àrea i amplitud mitjana p = 0,03) de la cama esquerra, i el gastrocnemi lateral (àrea i amplitud mitjana p = 0,03) de la cama dreta (taula 2).

Situació d'ulls oberts en el postentrenament

S'observaren diferències significatives entre el GC i el grup SD en el gastrocnemi lateral (àrea i amplitud mitjana p = 0,02) i el soli (àrea i amplitud mitjana p < 0,01) de la cama esquerra, i el gastrocnemi medial (àrea p = 0,03) i el gastrocnemi lateral (àrea i amplitud mitjana p < 0,01) de la cama dreta (taula 3).

Situació d'ulls tancats en el postentrenament

S'observaren diferències significatives entre el GC i el grup SD en el soli (àrea i amplitud mitjana p < 0,01) de la cama

esquerra, i el gastrocnemi lateral (àrea i amplitud mitjana p < 0,01) de la cama dreta (taula 3).

Comparació entre les situacions d'ulls oberts i ulls tancats

Situació de preentrenament en el grup control i el grup Down

Al GC es trobaren diferències significatives entre les situacions d'ulls oberts i ulls tancats en el soli (àrea p = 0,02 i amplitud mitjana p = 0,03) de la cama dreta, amb un increment d'activitat EMG en situació d'ulls tancats (taula 4).

Situació de postentrenament en el grup control i el grup Down

En el GC s'observaren diferències significatives entre situacions d'ulls oberts i ulls tancats en el soli (amplitud mitjana p = 0,04) de la cama esquerra i gastrocnemi medial (àrea p = 0,02) de la cama dreta, amb un increment d'activitat EMG en situació d'ulls tancats. En els participants amb SD s'observaren diferències significatives entre situacions d'ulls oberts i ulls tancats en el tibial anterior (àrea i mitjana p = 0,03) de la cama esquerra, amb disminució de l'activitat EMG observada amb els ulls tancats (taula 5).

Comparació entre preentrenament i postentrenament

Situació d'ulls oberts en el grup control i el grup Down

En el GC s'observaren diferències significatives entre les condicions de preentrenament i postentrenament en el soli

Taula 3 Comparació dels valors electromiogràfics entre el grup control y el grup síndrome de Down amb els ulls oberts i tancats en situació de postentrenament

Paràmetre del senyal EMG ^a		UO					UT				
		GC		GSD		p ^b	GC		GSD		p ^b
		M	(DE)	M	(DE)		M	(DE)	M	(DE)	
TA-E	A	61,82	(22,86)	87,79	(42,13)	0,07	75,12	(41,09)	85,24	(42,65)	0,43
	AM	2,02	(0,74)	2,79	(1,38)	0,11	2,45	(1,34)	2,75	(1,39)	0,56
GM-E	A	130,18	(72,93)	172,77	(117,72)	0,43	159,56	(105,98)	191,51	(179,62)	0,76
	AM	4,29	(2,41)	5,47	(3,77)	0,51	5,20	(3,44)	6,20	(5,88)	0,76
GL-E	A	113,88	(83,05)	186,46	(86,71)	0,02	116,47	(82,58)	165,38	(57,11)	0,05
	AM	3,74	(2,72)	5,88	(2,57)	0,02	3,79	(2,66)	5,40	(1,81)	0,05
So-E	A	107,73	(42,97)	314,41	(202,51)	< 0,01	116,06	(43,44)	240,36	(133,76)	< 0,01
	AM	3,54	(1,41)	7,86	(4,56)	< 0,01	3,79	(1,41)	7,73	(4,28)	< 0,01
TA-D	A	65,13	(32,00)	98,16	(51,61)	0,09	62,46	(34,38)	90,95	(49,44)	0,11
	AM	2,13	(1,03)	3,13	(1,66)	0,10	2,04	(1,11)	2,93	(1,60)	0,11
GM-D	A	236,33	(184,49)	429,19	(296,37)	0,03	300,55	(167,48)	399,53	(250,19)	0,35
	AM	8,91	(5,66)	13,36	(8,43)	0,09	9,78	(5,33)	12,90	(8,11)	0,35
GL-D	A	82,29	(43,88)	240,40	(228,39)	< 0,01	83,72	(42,22)	217,41	(162,06)	< 0,01
	AM	2,70	(1,43)	7,41	(6,48)	< 0,01	2,73	(1,36)	7,02	(5,26)	< 0,01
So-D	A	134,84	(57,34)	286,52	(233,61)	0,10	159,02	(82,55)	266,32	(194,91)	0,25
	AM	4,41	(1,85)	8,96	(7,09)	0,11	5,19	(2,68)	8,60	(6,33)	0,25

A: àrea sota la corba per al senyal EMG processat; AM: amplitud mitjana del senyal EMG processat; D: cama dreta; DE: desviació estàndard; E: cama esquerra; EMG: electromiografia; GC: grup control; GL: gastrocnemi lateral; GM: gastrocnemi medial; GSD: grup síndrome de Down; M: mitjana; So: soli; TA: tibial anterior; UO: ulls oberts; UT: ulls tancats.

^a Els valors EMG són dimensionals perquè estan normalitzats.

^b p < 0,05 es considera significatiu (es mostra en **negreta**).

Taula 4 Comparació dels valors electromiogràfics entre distintes condicions visuals en preentrenament

Paràmetre del senyal EMG ^a		GC					GSD				
		UO		UT		p ^b	UO		UT		p ^b
		M	(DE)	M	(DE)		M	(DE)	M	(DE)	
TA-E	A	52,16	(20,52)	50,51	(20,01)	0,64	114,25	(52,05)	112,61	(52,64)	0,39
	AM	1,68	(0,65)	1,64	(0,65)	0,58	3,70	(1,68)	3,65	(1,72)	0,58
GM-E	A	154,34	(113,90)	170,50	(133,85)	0,14	294,55	(208,35)	278,31	(192,16)	0,80
	AM	5,03	(3,74)	5,55	(4,39)	0,10	9,56	(6,84)	9,04	(6,25)	0,88
GL-E	A	132,39	(108,30)	134,25	(108,68)	0,81	185,57	(125,64)	206,52	(151,42)	0,45
	AM	4,30	(3,56)	4,37	(3,55)	0,93	6,01	(4,07)	6,69	(4,90)	0,39
So-E	A	184,43	(111,37)	184,99	(124,51)	0,81	310,50	(160,30)	343,00	(191,51)	0,88
	AM	5,97	(3,65)	6,01	(4,07)	0,59	9,99	(5,25)	11,12	(6,19)	0,88
TA-D	A	77,90	(70,38)	58,28	(26,24)	0,24	137,66	(104,56)	119,98	(88,86)	0,05
	AM	2,46	(2,03)	1,89	(0,83)	0,33	4,47	(3,41)	3,88	(2,88)	0,16
GM-D	A	272,48	(216,30)	321,38	(228,03)	0,10	374,81	(212,88)	390,06	(293,03)	0,96
	AM	8,84	(7,08)	10,43	(7,41)	0,10	12,39	(7,26)	12,64	(9,41)	0,72
GL-D	A	125,89	(132,88)	145,26	(176,21)	0,10	243,81	(142,89)	226,51	(108,85)	0,96
	AM	4,10	(4,38)	4,72	(5,76)	0,10	7,86	(4,68)	7,37	(3,58)	0,72
So-D	A	216,98	(163,99)	244,84	(185,54)	0,02	283,91	(181,18)	282,31	(184,22)	0,96
	AM	7,06	(5,42)	7,96	(6,08)	0,03	9,18	(5,80)	9,20	(6,04)	0,52

A: àrea sota la corba per al senyal EMG processat; AM: amplitud mitjana del senyal EMG processat; D: cama dreta; DE: desviació estàndard; E: cama esquerra; EMG: electromiografia; GC: grup control; GL: gastrocnemi lateral; GM: gastrocnemi medial; GSD: grup síndrome de Down; M: mitjana; So: soli; TA: tibial anterior; UO: ulls oberts; UT: ulls tancats.

^a Els valors EMG són dimensionals perquè estan normalitzats.

^b p < 0,05 es considera significatiu (es mostra en **negreta**).

Taula 5 Comparació dels valors electromiogràfics entre distintes condicions visuals en postentrenament

Paràmetre del senyal EMG ^a	GC					GSD					
	UO		UT		p ^b	UO		UT		p ^b	
	M	(DE)	M	(DE)		M	(DE)	M	(DE)		
TA-E	A	61,82	(22,86)	75,12	(41,09)	1,00	87,79	(42,13)	85,24	(42,65)	0,03
	AM	2,02	(0,74)	2,45	(1,34)	0,87	2,79	(1,38)	2,75	(1,39)	0,03
GM-E	A	130,18	(72,93)	159,56	(105,98)	0,11	172,77	(117,72)	191,51	(179,62)	0,96
	AM	4,29	(2,41)	5,20	(3,44)	0,13	5,47	(3,77)	6,20	(5,88)	0,65
GL-E	A	113,88	(83,05)	116,47	(82,58)	0,33	186,46	(86,71)	165,38	(57,11)	0,45
	AM	3,74	(2,72)	3,79	(2,66)	0,29	5,88	(2,57)	5,40	(1,81)	0,72
So-E	A	107,73	(42,97)	116,06	(43,44)	0,08	314,41	(202,51)	240,36	(133,76)	0,33
	AM	3,54	(1,41)	3,79	(1,41)	0,04	7,86	(4,56)	7,73	(4,28)	0,51
TA-D	A	65,13	(32,00)	62,46	(34,38)	0,86	98,16	(51,61)	90,95	(49,44)	0,45
	AM	2,13	(1,03)	2,04	(1,11)	0,88	3,13	(1,66)	2,93	(1,60)	0,80
GM-D	A	236,33	(184,49)	300,55	(167,48)	0,02	429,19	(296,37)	399,53	(250,19)	0,29
	AM	8,91	(5,66)	9,78	(5,33)	0,06	13,36	(8,43)	12,90	(8,11)	0,39
GL-D	A	82,29	(43,88)	83,72	(42,22)	0,16	240,40	(228,39)	217,41	(162,06)	0,39
	AM	2,70	(1,43)	2,73	(1,36)	0,16	7,41	(6,48)	7,02	(5,26)	0,24
So-D	A	134,84	(57,34)	159,02	(82,55)	0,09	286,52	(233,61)	266,32	(194,91)	0,65
	AM	4,41	(1,85)	5,19	(2,68)	0,06	8,96	(7,09)	8,60	(6,33)	0,95

A: àrea sota la corba per al senyal EMG processat; AM: amplitud mitjana del senyal EMG processat; D: cama dreta; DE: desviació estàndard; E: cama esquerra; EMG: electromiografia; GC: grup control; GL: gastrocnemi lateral; GM: gastrocnemi medial; GSD: grup síndrome de Down; M: mitjana; So: soli; TA: tibial anterior; UO: ulls oberts; UT: ulls tancats.

^a Els valors EMG són dimensionals perquè estan normalitzats.

^b $p < 0,05$ es considera significatiu (es mostra en **negreta**).

(àrea i mitjana $p < 0,01$) de la cama esquerra, amb una disminució de l'activitat EMG postentrenament. En el grup SD no s'observaren diferències significatives entre preentrenament i postentrenament (taula 6).

Situació d'ulls tancats en el grup control i el grup Down

En el GC s'observaren diferències significatives entre les condicions de preentrenament i postentrenament en el tibial anterior (àrea i amplitud mitjana $p = 0,02$) i soli (àrea i amplitud mitjana $p = 0,03$) de la cama esquerra, amb un increment de l'activitat EMG del tibial anterior i una disminució en el soli. En els participants amb SD no s'observaren diferències significatives entre situacions de preentrenament i postentrenament (taula 6).

Discussió

Comparació entre grups en el preentrenament

En comparar els grups en situació d'ulls oberts observarem que els joves amb SD presentaven una activitat muscular major, tot i que les diferències foren significatives només en el tibial anterior, el soli i el gastrocnemi lateral. En situació d'ulls tancats també s'observaren aquestes diferències. Als nostres estudis anteriors havíem observat un desplaçament del CDP en el grup amb SD⁴¹, cosa que ens feu suposar que, tot i que hi ha un efecte estabilitzador del sobreesforç muscular, és potencialment ineficaç per reduir el desplaçament del CDP. Altres autors han analitzat l'activitat muscular mitjançant EMG en persones amb SD, tot i

que molts han estudiat l'evolució de la marxa des de la infància a l'adolescència o l'edat adulta^{16,21,42}. En analitzar la posició de bipedestació, els autors de l'anàlisi observaren un increment de l'activació i co-activació dels grups dels músculs agonistes i antagonistes en persones amb SD^{4,19,42,43}, cosa que coincideix amb els nostres resultats. Els ajustos posturals i els preajustaments durant la realització dels exercicis poden modificar-se. Shumway-Cook i Woollacott¹⁸ observaren en nens (1-6 anys) latències en les respostes musculars del turmell durant els trastorns de l'equilibri en bipedestació. Els seus resultats mostraren que les respostes musculars es van retardar amb latències més llargues que en el GC. També s'observa una evolució clara en l'organització d'aquestes respostes musculars segons el grup d'edat. Més recentment, s'han observat canvis en les persones amb SD en el pas de l'adolescència a l'edat adulta; els adults tendeixen a tenir latències més llargues de la resposta muscular, però són més capaços d'ajustar-se i adaptar-se a diverses situacions²⁰. Quant a l'edat dels participants, aquell grup d'estudi fou comparable al nostre. També s'han observat diferències amb persones amb SD en l'activació muscular i el paper estabilitzador dels músculs¹⁷.

Sabem que el paper dels músculs estabilitzadors de l'articulació és important per a la implementació d'exercicis d'equilibri en bipedestació⁴⁴. El paper dels ajustos posturals anticipatoris en condicions inestables és extremadament important, ja que haurien de facilitar una resposta a diversos tipus d'inestabilitat per prestar millor estabilitat i rendiment de les tasques⁴⁵. És probable que l'alt grau d'activitat muscular observat en el grup SD es relacioni amb estratègies de seguretat compensatòria.

Taula 6 Comparació de valors electromiogràfics entre pre i postentrenament en situacions d'ulls oberts i ulls tancats

Paràmetre del senyal EMG ^a	UO						UT					
	GC			GSD			GC			GSD		
	Preentrenament	Postentrenament	p ^b	Preentrenament	Postentrenament	p ^b	Preentrenament	Postentrenament	p ^b	Preentrenament	Postentrenament	p ^b
M (DE)	M (DE)		M (DE)	M (DE)		M (DE)	M (DE)		M (DE)	M (DE)		
TA-E A	52,16 (20,52)	61,82 (22,86)	0,33	114,25 (52,05)	87,79 (42,13)	0,44	50,51 (20,01)	75,12 (41,09)	0,02	112,61 (52,64)	85,24 (42,65)	0,37
AM	1,68 (0,65)	2,02 (0,74)	0,25	3,70 (1,68)	2,79 (1,38)	0,37	1,64 (,65)	2,45 (1,34)	0,02	3,65 (1,72)	2,75 (1,39)	0,37
GM-E A	154,34 (113,90)	130,18 (72,93)	0,66	294,55 (208,35)	172,77 (117,72)	0,11	170,50 (133,85)	159,56 (105,98)	0,79	278,31 (192,16)	191,51 (179,62)	0,37
AM	5,03 (3,74)	4,29 (2,41)	0,66	9,56 (6,84)	5,47 (3,77)	0,09	5,55 (4,39)	5,20 (3,44)	0,79	9,04 (6,25)	6,20 (5,88)	0,37
GL-E A	132,39 (108,30)	113,88 (83,05)	0,93	185,57 (125,64)	186,46 (86,71)	0,95	134,25 (108,68)	116,47 (82,58)	0,59	206,52 (151,42)	165,38 (57,11)	0,86
AM	4,30 (3,56)	3,74 (2,72)	0,93	6,01 (4,07)	5,88 (2,57)	0,95	4,37 (3,55)	3,79 (2,66)	0,59	6,69 (4,90)	5,40 (1,81)	0,86
So-E A	184,43 (111,37)	107,73 (42,97)	< 0,01	310,50 (160,30)	314,41 (202,51)	0,95	184,99 (124,51)	116,06 (43,44)	0,03	343,00 (191,51)	240,36 (133,76)	0,21
AM	5,97 (3,65)	3,54 (1,41)	< 0,01	9,99 (5,25)	7,86 (4,56)	0,21	6,01 (4,07)	3,79 (1,41)	0,03	11,12 (6,19)	7,73 (4,28)	0,21
TA-D A	77,90 (70,38)	65,13 (32,00)	0,53	137,66 (104,56)	98,16 (51,61)	0,31	58,28 (26,24)	62,46 (34,38)	0,53	119,98 (88,86)	90,95 (49,44)	0,17
AM	2,46 (2,03)	2,13 (1,03)	0,53	4,47 (3,41)	3,13 (1,66)	0,26	1,89 (0,83)	2,04 (1,11)	0,48	3,88 (2,88)	2,93 (1,60)	0,17
GM-D A	272,48 (216,30)	236,33 (184,49)	0,72	374,81 (212,88)	429,19 (296,37)	0,68	321,38 (228,03)	300,55 (167,48)	1,00	390,06 (293,03)	399,53 (250,19)	0,77
AM	8,84 (7,08)	8,91 (5,66)	0,79	12,39 (7,26)	13,36 (8,43)	0,77	10,43 (7,41)	9,78 (5,33)	1,00	12,64 (9,41)	12,90 (8,11)	0,77
GL-D A	125,89 (132,88)	82,29 (43,88)	0,33	243,81 (142,89)	240,40 (228,39)	0,59	145,26 (176,21)	83,72 (42,22)	0,18	226,51 (108,85)	217,41 (162,06)	0,59
AM	4,10 (4,38)	2,70 (1,43)	0,33	7,86 (4,68)	7,41 (6,48)	0,59	4,72 (5,76)	2,73 (1,36)	0,18	7,37 (3,58)	7,02 (5,26)	0,59
So-D A	216,98 (163,99)	134,84 (57,34)	0,08	283,91 (181,18)	286,52 (233,61)	0,68	244,84 (185,54)	159,02 (82,55)	0,16	282,31 (184,22)	266,32 (194,91)	0,68
AM	7,06 (5,42)	4,41 (1,85)	0,08	9,18 (5,80)	8,96 (7,09)	0,68	7,96 (6,08)	5,19 (2,68)	0,16	9,20 (6,04)	8,60 (6,33)	0,68

A: àrea sota la corba per al senyal EMG processat; AM: amplitud mitjana del senyal EMG processat; D: cama dreta; DE: desviació estàndard; E: cama esquerra; EMG: electromiografia; GC: grup control;

GL: gastrocnemi lateral; GM: gastrocnemi medial; GSD: grup síndrome de Down; M: mitjana; So: sol; TA: tibial anterior; UO: ulls oberts; UT: ulls tancats.

^a Els valors EMG són dimensionals perquè estan normalitzats.

^b p < 0,05 es considera significatiu (es mostra en negreta).

Comparació entre grups en situacions postentrenament

Les diferències entre els grups, amb els ulls oberts, foren menors en el postentrenament, i s'observaren en els flexors plantars (soli i gastrocnemi) però no en el tibial anterior. Essencialment, el comportament del tibial anterior fou més similar entre els dos grups. Les diferències d'activació del tibial anterior probablement desaparegueren degut a una disminució de l'activitat muscular en el grup SD després de l'entrenament, mentre que el tibial anterior romangué més actiu en el GC. Hauria estat útil valorar la posició del CDP en relació amb els canvis d'activació dels músculs flexors i extensors. Això ens hauria permès analitzar si el canvi de comportament dels flexors i extensors en ambdós grups fou degut a un canvi en el posicionament del CDP després de l'entrenament. En situació d'ulls tancats, les diferències entre grups també desaparegueren en el tibial anterior després de l'entrenament, perquè el GC mostrà activitat augmentada mentre que l'activació del grup SD disminuí. Aquests canvis poden ser deguts a un reposicionament del CDP després de l'entrenament, la qual cosa implica canvis en l'activitat estabilitzadora dels músculs flexors i extensors. En el nostre estudi anterior observàrem que el grup SD mostrà una estabilitat millor del CDP amb els ulls oberts, mentre que el GC mostrà millora amb els ulls tancats¹⁴. És possible que el grup SD obtingués estabilitat amb els ulls oberts i aprengué a integrar millor els senyals visuals, mentre que el GC aprengué a guanyar estabilitat en la situació més difícil per a ells, amb els ulls tancats, a través de l'ús millorat d'informació tàctil i propioceptiva. Tal vegada aquestes millores estabilitzen el CDP a més de ser conseqüència d'un canvi de posició.

Comparació intragrup en situació d'ulls oberts i ulls tancats

En comparar cada grup d'acord amb la situació visual abans de la implementació del programa, el GC mostrà una activació major del soli amb els ulls tancats. L'activitat dels extensors tendí a disminuir, però sense diferències estadísticament significatives. En canvi, el grup SD no mostrà diferències en l'activació muscular entre les dues situacions visuals. Creiem que aquesta diferència de comportament podria ser deguda a una integració sensorial millor per part del GC. La falta d'integració dels senyals visuals en el grup SD pot explicar l'absència de diferències en termes de resposta muscular d'una condició visual a una altra. Diverses teories expliquen la causa fisiopatològica dels dèficits de control postural en persones amb SD, inclosos els dèficits de propiocepció, el sistema somatosensorial⁴ i el cerebel¹⁸. Les nostres observacions recolzen un possible dèficit en l'ús d'informació sensorial, en aquest cas informació visual. Això ocasionaria una manca de diferències en la reacció muscular basada en la informació visual.

Després de l'entrenament, el GC mantingué l'increment de l'activació del soli, i també mostrà un lleuger increment de l'activació del gastrocnemi. El grup SD mostrà una tendència envers l'activitat reduïda del tibial anterior. Aquests canvis ens cridaren l'atenció. En el GC amb ulls tancats, els músculs estaven més actius, però només en els flexors plan-

tars (soli, gastrocnemi), tot i que això fou més evident després de l'entrenament. Tanmateix, en el grup SD s'observaren diferències en el tibial anterior, amb menor activació amb els ulls tancats en el postentrenament, mentre que no s'havien observat diferències anteriorment. Novament podem correlacionar aquesta troballa amb els nostres estudis previs referents al comportament del CDP. Hi poguérem veure que el GC mostrà millor control del seu CDP amb els ulls tancats després de l'entrenament (igual que amb els ulls tancats també augmentaren les diferències de l'activitat flexora). També observàrem que les persones amb SD mostraren un millor control del CDP amb els ulls oberts (tal com nosaltres hem observat en aquest estudi amb l'acció del múscul tibial, que fou més elevada amb els ulls oberts). Per tant, creiem que el GC aprengué a controlar el CDP en situació d'ulls tancats usant els músculs, mentre que el grup SD ho feu amb els ulls oberts.

Novament, hauria estat útil valorar la posició del CDP en relació a la base de suport per veure si l'activació predominant dels músculs flexors o extensors corresponia a les diferents posicions del CDP. De manera similar, podria ser útil realitzar una valoració per grup muscular en lloc de fer-ho per músculs individuals per estudiar l'activitat del grup muscular a través de moments flexors o extensors.

Comparació intragrup entre situacions de preentrenament i postentrenament

El GC presentà diferències més grans del pre al postentrenament que el grup SD. En el GC s'observà menor activació del soli en situació d'ulls oberts després d'implementar el programa. Això no obstant, aquest grup mostrà una activació major del tibial anterior amb els ulls tancats després de l'entrenament.

També cal esmentar la variabilitat de resultats del subjecces del grup SD, la qual cosa és consistent amb les troballes d'altres autors⁴⁶. Aquesta variabilitat podria explicar el fet discordant que després de l'entrenament es detectaren diferències menors entre el grup SD i el CG, mentre que, en canvi, en el grup SD no foren significatives les diferències intragrup en el preentrenament i postentrenament.

Limitacions i fortaleces

Una limitació d'aquest estudi fou la grandària de la mostra. La mostra fou intencional, com a grup compacte d'una sola escola d'educació especial. No va permetre un GC dins el grup SD. Tampoc no vam poder separar els grups per gènere. Tampoc no vam poder realitzar el seguiment a llarg termini, perquè la majoria d'estudiants que participaven a l'estudi van passar del centre educatiu al lloc de treball. D'altra banda, hauria estat interessant poder estudiar ambdues extremitats inferiors i comparar-ne el comportament de la musculatura.

Pel que fa a les fortaleces, la mostra estigué molt ben controlada i confinada al mateix nivell de discapacitat. Donat que els estudiants eren d'un sol centre, es garantí un bon seguiment del programa de dansa. La coherència entre els programes aplicats al grup SD i al GC es mantingué estrictament. El nostre estudi facilita dades per a l'avaluació biomecànica i la neurofisiologia de subjectes amb SD.

Conclusions

S'han observat diferències en el comportament de la musculatura estabilitzadora del turmell en adults joves amb SD en bipedestació estàtica, en comparació amb un grup control. En general, el grup SD mostrà nivells d'activació muscular més elevats. Tanmateix, el nombre de músculs que mostrà diferències significatives es reduí després d'aplicar un programa d'AF de 18 setmanes basat en la dansa.

L'activitat dels músculs del GC era diferent depenent de la presència o absència d'informació visual. Els joves amb SD no mostraren diferències de comportament muscular entre situació d'ulls oberts i ulls tancat abans del programa, tot i que aparegué una diferència en un múscul després de l'entrenament.

En comparar els resultats generals abans i després d'implementar el programa, el GC mostrà canvis de comportament muscular. Aquestes diferències no foren significatives en les persones amb SD, que mostraren una variabilitat significativa en general. Tanmateix, entre ambdós grups s'observaren menys diferències significatives després de l'entrenament que abans.

En el futur ens agradaria ampliar la nostra mostra i dur a terme un seguiment a llarg termini. També seria interessant analitzar la posició del CDP amb els paràmetres ja analitzats en aquest estudi. A més, l'anàlisi de les respostes de cada múscul hauria d'ampliar-se a una anàlisi per grup muscular dels flexors i extensors del turmell. També volem tenir en compte l'extremitat no dominant i comparar-ne el comportament muscular amb el de l'extremitat dominant.

Finançament

Aquest estudi ha comptat amb el finançament parcial del Ministerio de Innovación y Ciencia del Gobierno de España (Plan Nacional I+D+I. Beca DEP 2012-38984).

Aprovació ètica

IRB Blanquerna, Facultat de Psicologia, Educació i Ciències de l'Esport, Universitat Ramon Llull.

Conflicte d'interessos

No hi ha conflicte d'interessos potencials que pugui afectar el contingut d'aquest treball.

Agraïments

Els autors volen agrair als estudiants i als seus pares, i als professors de l'Escola Moragas que han participat en aquest estudi, el seu recolzament i comprensió.

Bibliografia

- González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Guerra-Balic M, Ara I, Casajús JA. Health-related physical fitness in children and adolescents with Down syndrome and response to training. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:716-24.
- Mik G, Gholve PA, Scher DM, Widmann RF, Green DW. Down syndrome: Orthopedic issues. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20:30-6. Division of Orthopaedic Surgery, The Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, Pennsylvania, USA: Lippincott Williams and Wilkins: Philadelphia, PA.
- Latash ML, Anson JG. What are "normal movements" in atypical populations? *Behav Brain Sci*. 1996;19:55-106.
- Carvalho RL, Almeida GL. Assessment of postural adjustments in persons with intellectual disability during balance on the seesaw. *J Intellect Disabil Res*. 2009;53:389-95.
- Cimolin V, Galli M, Grugni G, Vismara L, Precilios H, Albertini G, et al. Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Res Dev Disabil*. 2011;32:669-73.
- Debù B. Postural control: A limiting factor for the motor development of individuals with Down syndrome. *Eur Bull Adapt Phys Act*. 2004;3.
- Cabeza-Ruiz R, García-Massó X, Centeno-Prada R, Beas-Jiménez JD, Colado JC, González LM. Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait Posture*. 2011;33:23-8.
- Villarroya MA, González-Agüero A, Moros-García T, de la Flor Marín M, Moreno LA, Casajús JA. Static standing balance in adolescents with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. 2012;33:1294-300.
- Dellavia C, Pallavera A, Orlando F, Sforza C. Postural stability of athletes in Special Olympics. *Percept Mot Skills*. 2009;108:608-22.
- Vuijk PJ, Hartman E, Scherder E, Visscher C. Motor performance of children with mild intellectual disability and borderline intellectual functioning. *J Intellect Disabil Res*. 2010;54:955-65.
- Galli M, Rigoldi C, Mainardi L, Tenore N, Onorati P, Albertini G. Postural control in patients with Down syndrome. *Disabil Rehabil*. 2008;30:1274-8.
- Hale L, Bray A, Littmann A. Assessing the balance capabilities of people with profound intellectual disabilities who have experienced a fall. *J Intellect Disabil Res*. 2007;51:260-8.
- Hale L, Miller R, Barach A, Skinner M, Gray A. Motor Control Test responses to balance perturbations in adults with an intellectual disability. *J Intellect Dev Disabil*. 2009;34:81-6.
- Massó-Ortigosa N, Gutiérrez-Vilalú L, Rey-Abella F, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M. Analysis of centre of pressure in standing position in young subjects with Down syndrome. *Hacettepe J Sport Sci*. 2013;24:178-81.
- Chang C, Kubo M, Ulrich BD. Emergence of neuromuscular patterns during walking in toddlers with typical development and with Down syndrome. *Hum Mov Sci*. 2009;28:283-96.
- Gontijo APB, Mancini MC, Silva PLP, Chagas PSC, Sampaio RF, Luz RE, et al. Changes in lower limb co-contraction and stiffness by toddlers with Down syndrome and toddlers with typical development during the acquisition of independent gait. *Hum Mov Sci*. 2008;27:610-21.
- Casabona A, Valle MS, Pisasale M, Panto MR, Cioni M. Functional assessments of the knee joint biomechanics by using pendulum test in adults with Down syndrome. *J Appl Physiol*. 2012;113:1747-55.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Phys Ther*. 1985;65:1315-22.
- Carvalho RL, Almeida GL. The effect of vibration on postural response of Down syndrome individuals on the seesaw. *Res Dev Disabil*. 2009;30:1124-31.
- Valle MS, Cioni M, Pisasale M, Pantò MR, Casabona A. Timing of muscle response to a sudden leg perturbation: Comparison between adolescents and adults with Down syndrome. *PLoS ONE*. 2013;8:e81053.

21. Black DP, Chang CL, Kubo M, Holt K, Ulrich B. Developmental trajectory of dynamic resource utilization during walking: Toddlers with and without Down syndrome. *Hum Mov Sci.* 2009;28:141-54.
22. Webber A, Virji-Babul N, Edwards R, Lesperance M. Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. *Exp Brain Res.* 2004;155:450-8.
23. Tsimaras VK, Fotiadou EG. Effect of training on the muscle strength and dynamic balance ability of adults with Down syndrome. *J Strength Cond Res.* 2004;18:343-7.
24. Guerra-Balic M, Mateos EC, Blasco CG, Fernhall B. Physical fitness levels of physically active and sedentary adults with Down syndrome. *Adapt Phys Act Q.* 2000;17:310-21.
25. Wu J, Looper J, Ulrich DA, Angulo-Barroso RM, Bril B, Breniere Y, et al. Effects of various treadmill interventions on the development of joint kinematics in infants with Down syndrome. *Phys Ther.* 2010;90:1265-76. American Physical Therapy Association.
26. Wu J, Looper J, Ulrich BD, Ulrich DA, Angulo-Barroso R. Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol.* 2007;49:839-45.
27. Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin P. Postural control of ballet dancers: A specific use of visual input for artistic purposes. *Int J Sports Med.* 1999;20:86-92.
28. Kritiyakarana W. Effects of dynamic head tilts on standing balance: A comparison between thai-classical dancers and non-dancers. *Am J Dance Ther.* 2014;36:40-59.
29. Li JX, Xu DQ, Hoshizaki B. Proprioception of foot and ankle complex in young regular practitioners of ice hockey, ballet dancing and running. *Res Sports Med.* 2009;17:205-16.
30. Goode DJ, van Hoven J. Loss of patellar and Achilles tendon reflexes in classical ballet dancers. *Arch Neurol.* 1982;39:323. American Medical Association.
31. Simmons RW. Sensory organization determinants of postural stability in trained ballet dancers. *Int J Neurosci.* 2005;115:87-97.
32. Golomer E, Crémieux J, Dupui P, Isableu B, Ohlmann T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neurosci Lett.* 1999;267:189-92.
33. Federici S, Micangeli A, Ruspantini I, Borgianni S, Corradi F, Pasqualotto E, et al. Checking an integrated model of web accessibility and usability evaluation for disabled people. *Disabil Rehabil.* 2005;27:781-90.
34. Hackney ME, Earhart GM. Effects of dance on movement control in Parkinson's disease: A comparison of Argentine tango and American ballroom. *J Rehabil Med.* 2009;41:475-81.
35. Hackney ME, Kantorovich S, Levin R, Earhart GM. Effects of tango on functional mobility in Parkinson's disease: A preliminary study. *J Neurol Phys Ther.* 2007;31:173-9.
36. Verghese J. Cognitive and mobility profile of older social dancers. *J Am Geriatr Soc.* 2006;1241-4.
37. Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H, Morita T, Ohta T. Postural stability and physical performance in social dancers. *Gait Posture.* 2008;27:697-701.
38. España, Real Decreto-ley 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía. *Boletín Oficial del Estado*, 26 de enero de 2000, núm. 22; 2000.
39. Mazzanti di Ruggiero MA. Declaración de Helsinki, principios y valores bioéticos en juego en la investigación médica con seres humanos. *Rev Colomb Bioet.* 2011;6:125-44.
40. Norton K, Whittingham N, Carter J, Kerr DG, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. *Anthropometrica: A textbook of body measurement for sports and health courses.* Sidney: UNSW Press; 1996. p. 25-73.
41. Gutiérrez-Vilalú L, Massó-Ortigosa N, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M, Rey-Abella F. Effects of a dance program on static balance on a platform in Young adults with Down syndrome. *Adapt Phys Act Q.* 2016;33:233-52.
42. Black DP, Smith BA, Wu J, Ulrich BD. Uncontrolled manifold analysis of segmental angle variability during walking: Preadolescents with and without Down syndrome. *Exp Brain Res.* 2007;183:511-21.
43. Aruin AS, Almeida GL, Latash ML. Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. *Am J Ment Retard.* 1996;101:256-68.
44. Latash ML, Almeida GL, Corcos DM. Preprogrammed reactions in individuals with Down syndrome: The effects of instruction and predictability of the perturbation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:391-9.
45. Krishnamoorthy V, Latash ML, Scholz J, Zatsiorsky VM. Muscle synergies during shifts of the center of pressure by standing persons. *Exp Brain Res.* 2003;152:281-92.
46. Aruin AS, Forrest WR, Latash ML. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1998;109:350-9.