

UTJECAJ MASE ŠKOLSKE TORBE NA ZDRAVLJE DJETETA

THE IMPACT OF SCHOOL BAG MASS ON CHILD'S HEALTH

Mario Kasović¹, Martin Zvonar², Martin Sebera²

¹Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, Republic of Croatia

²Faculty of Sports Studies, Masaryk University, Brno, Czech Republic

SAŽETAK

Mnogi znanstvenici se slažu da je masa torbe jedan od najvažnijih faktora koji može utjecati na zdravlje i pravilan rast djeteta, osobito u osnovnoj školi. Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj mase školske torbe na pojavu asimetrije donjih ekstremiteta. Protokolom istraživanja mjerena je okomita sila reakcije podloge F_z pri kontaktu stopala s podlogom pri simuliranim gibanjima u laboratoriju. Za simulaciju su odabrana gibanja koje dijete izvodi spontano u jednom školskom danu. Testovi koji su obuhvatili ova gibanja su: hod po ravnoj površini, hod uz stepenice i hod niz stepenice. Testovi su izvođeni bez i sa školskom torbom. Za prikupljanje, obradu i analizu signala korišten je BTS, Elite sustav koji sadrži platformu za mjerenje sila reakcije podloge, proizvođača Kistler. Za testiranje statistički značajne razlike između ekstremiteta korišten je studentov t-test za zavisne varijable uz pogrešku zaključivanja od 0.05 ($p < 0.05$). Kao dešnjakinja, ispitanica dominantno koristi desnu nogu što je vidljivo u povećanoj maksimalnoj vrijednosti sile u testovima „hodu po ravnoj površini“ i „hodu uz stepenice“. Obrnuto, u zahtjevnijem testu „hod niz stepenice“ maksimum sile je manja od maksimuma lijeve strane i pri nošenju torbe i bez nje. Istraživanje ukazuje da aplikacijom vanjskog opterećenja dolazi do pojave asimetrija i razlike između ekstremiteta koja se vizualizacijom ne može kvantificirati. Osobito je ova razlika između desne i lijeve noge vidljiva u najzahtjevnijem testu „hod niz stepenice sa torbom“ u kojem su zabilježene četiri razlike koje se protežu kroz sve tri glavne faze hoda. U svakodnevnom životu ove statistički značajne razlike mogu ukazati na deficit mišićne snage, a uz neaktivni način života i umanjenju razinu tjelesne aktivnosti mogu biti potencijalno uzrok nastanka ozljeda kralježnice i lokomotornog sustava djeteta s posljedicama koje će ga pratiti kroz cijeli život.

Ključne riječi: hod, školska torba, sila, zdravlje

SAŽETAK

Many scientists agree that the weight of the school bags is one of the most important factors that may affect the health and proper growth of the child, especially in elementary school. The aim of the research is to determine the effect of weight of school bags on the appearance of asymmetry of the lower extremities. Protocol research measured the vertical load F_z ground reaction upon contact with the ground at the foot simulated movements in the laboratory. Motions that child performs spontaneously in one school day were selected for simulation. The tests, involving the following movements, are: walking on a flat surface, walking up the stairs and walking down the stairs. Tests were carried out with and without the bag. For data collection, processing and analysis of signals, BTS was used, Elite system that contains a platform for measuring ground reaction force, manufacturers Kistler. To test statistically significant difference between limbs, Student's t-test for dependent variables with error inference of 0.05 ($p < 0.05$). was used. As a right-handed, subject predominantly uses his right leg which is evident in the increased maximum force values in tests of walking on a flat surface and walking up the stairs. Conversely, in demanding test walking down the stairs maximum force is less than the maximum left, with and without bag. Research indicates that the application of external loads can lead to the asymmetry and differences between limbs, which can not be quantified by visual inspection. In particular, this difference between the right and left legs is visible in the most demanding test of a walk down the stairs with a bag, which recorded four differences that extend through all three main stages walk. In everyday life, these statistically significant differences may indicate a deficit of muscle strength, and with inadequate physical activity and reduced levels of physical activity, may be a potential cause of injury of the spine and musculoskeletal system of the child with the consequences that will follow him throughout life.

Keywords: gait, school bag, force, health

UVOD

Jesmo li se ikad zapitali je li školska torba zaista ergonomski oblikovana i prilagođena tijelu djeteta osnovne škole? Vjerujemo da svaki roditelj želi da njegovu dijete ima najkvalitetniju školsku torbu dostupnu na tržištu. Najvažnija informacija koju smo mnogo puta mogli čuti prilikom kupnje je da je ova ili ona školska torba ergonomski prilagođena upravo našem djetetu. Pa je li to baš tako? Ali, zašto ne povjerovati kad na mnogim torbama upravo tako piše. Oblik torbe ili ergonomski dizajn je zaista važan faktor svake torbe. I tu nema sumnje. Ali, nije jedini! U istraživanjima se najčešće navode četiri osnovna faktora koji mogu utjecati negativno na zdravlje djeteta, a povezani su sa školskom torbom.

Mnogi znanstvenici se slažu da je masa torbe jedan od najvažnijih faktora koji može utjecati na zdravlje i pravilan rast djeteta, osobito u osnovnoj školi. U mnogim istraživanjima mogu se pronaći preporuke da bi pravilna masa školske torbe biti oko 10-15% ukupne mase djeteta (2). Nažalost mišljenje struke u mnogim stvarima se ne uvažava već je upravo suprotno. Kako raste broj obaveza školske djece tako i masa dječje torbe raste iz dana u dan (11). Pascoe i suradnici u svojem istraživanju navode da je prosječna masa školske torbe u Sjedinjenim Američkim Državama 17.7% tjelesne mase (TM) djeteta osnovne škole, što predstavlja vrijednost iznad preporučene (13). Podaci su još alarmantniji prema Negriniu i Carabalonu koji navode da je masa školske torbe u Italiji 20% TM (12) jednako kao u području grada Hong Kongu u NR Kini (7). Podaci Vírya pokazuju da je prosječna masa školske torbe u Francuskoj oko 10 kg u školskom uzrastu djece između 11 i 13 godina, a koja imaju u prosjeku 40 kg (17). Često djeca nose to opterećenje bez obzira na njihovu tjelesnu masu koja može biti i znatno manja. Iz tog razloga rizičnu skupinu od pojave ozljeda čine mlađi školski uzrast djece i djevojčice zbog svoje izrazito krhke građe i nedovoljno razvijenog muskulo-skeletnog sustava. U anketi, koju je proveo Weir 2012. godine, 80% djece izvijestilo je da im je ponekad školska torba teška (19). Njih 65,7% reklo je da je umorno zbog nošenja torbe, a njih 46,1% smatra da je njihovu bol u leđima prouzročila njihova teška torba. Novija istraživanja povezuju upravo masu torbe sa povećanim brojem lumbalnog bolnog sindroma školske djece (15) te navode da će se kod 10-30% zdrave djece pojaviti neki od oblika posturalne preopterećenosti i bol u donjem dijelu kralježnice (5).

Drugi faktor utjecaja na zdravlje je način nošenja torbe. Danas djeca u većini slučajeva nose torbe na leđima preko oba ramena. Djeca koja učestalo nose školsku torbu na jednom ramenu dodatno asimetrično opterećuju kralježnicu i leđnu muskulaturu. Uz ionako preveliko opterećenje, ovaj oblik nošenja pokazuje veću statističku vjerojatnost pojave lumbalnog bolnog sindroma i pojave boli u gornjem dijelu kralježnice i ramenima (18).

Treći faktor je tjelesna neaktivnost, veliki zdravstveni problem kojeg je i Svjetska zdravstvena organizacija (20) prepoznala kao jednog od primarnih problema modernog življenja. Dokazuje je moguće pronaći u činjenici da u prosjeku djeca između 5-17 godine života provode ispred televizora 136 minuta dnevno dok

istovremeno samo 91 minutu u tjelesnoj aktivnosti. Trend se nastavlja odnosno vrijeme provedeno ispred televizora se povećava dok se kvalitetno vrijeme provedeno u aktivnosti smanjuje. Ove činjenice se mogu primijetiti u svim razvijenim zemljama, a posebice u urbanim područjima i gradovima (20). Ovakav nekvalitetan način života djece utječe negativno na dječju lokomociju, pretilost, pravilno držanje tijela i snagu leđne muskulature.

Četvrti faktor opisuje način i vrijeme transporta torbe od škole do kuće i natrag. Podaci pokazuju da više od 90% djece nose svoje školske torbe na leđima hodajući u školu (18). Za neke autore udaljenost i vrijeme koje dijete provede hodajući do škole i natrag također predstavlja rizik za zdravlje kralježnice djeteta (16, 17). Istraživanje u Italiji pokazuje da 94,5% djece u šestom razredu osnovne škole, prosječne dobi 11,7 godina, hoda i nosi školsku torbu preko oba ramena, a njih 37,3% pješake više od 15 minuta svaki školski dan (12). Četvrtom faktoru treba pridodati vrstu podloge po kojoj se dijete kreće na putu u školu, nagib terena, prepreke kao što su stepenice i nogostupi te način kretanja (hodanje, brzo hodanje, trčanje, poskakivanje i drugo). Na sreću ili na žalost, teško je reći, djeca često hodaju po asfaltnim ili betonskim površinama. To su tvrde i monotone površine koje uvijek na jednak način opterećuju tijelo djeteta.

Problem ovog istraživanja veže najviše prvi i četvrti faktor, odnosno utvrditi koja su to opterećenja, izražena okomitom silom reakcije podloge (F_z), prisutna i djeluju na tijelo djeteta pri nošenju školske torbe u jednom školskom danu pri spontanom pokretima koje dijete izvodi na putu u školu. Većina istraživanja bavi se hodom po ravnoj površini ili na pokretnoj traci. Vrlo je malo znanstvenih radova koji opisuju i istražuju ovo područje.

Cilj istraživanja je utvrditi razinu opterećenja te koliko ono utječe na bilateralnu asimetriju ekstremiteta koja može imati za posljedicu pojavu lumbalnog bolnog sindroma školske djece.

ISPITANICI I METODE

Istraživanje predstavlja prikaz slučaja potpuno zdrave i normalno tjelesno aktivne učenice petog razreda osnovne škole. Na dan mjerenja imala je 11. godina i tjelesnu masu 34,5 kg. Svakodnevno pješaci ukupno 3 km do škole i natrag noseći školsku torbu mase 7,21 kg (21% tjelesne mase). Dominantno koristi desnu stranu tijela. Protokolom istraživanja mjerena je okomita sila reakcije podloge F_z pri kontaktu stopala s podlogom pri simuliranim gibanjima u laboratoriju. Za simulaciju su odabrana gibanja koje dijete izvodi spontano u jednom školskom danu. Testovi koji su obuhvatili ova gibanja su: hod po ravnoj površini, hod uz stepenice i hod niz stepenice. Testovi su izvođeni bez i sa školskom torbom. U testu „hod uz stepenice“ analiziran je posljednji kontakt stopala sa ravnom površinom dok je u zadatku „spuštanje niz stepenice“ analiziran prvi kontakt stopala s ravnom površinom. Ispitanica je izvodila 15 ponavljanja svakog zadatka spontanom brzinom kretanja.

Sila F_z promatrana je kroz tri osnovne faze koje opisuju hod prema mnogim znanstvenicima i

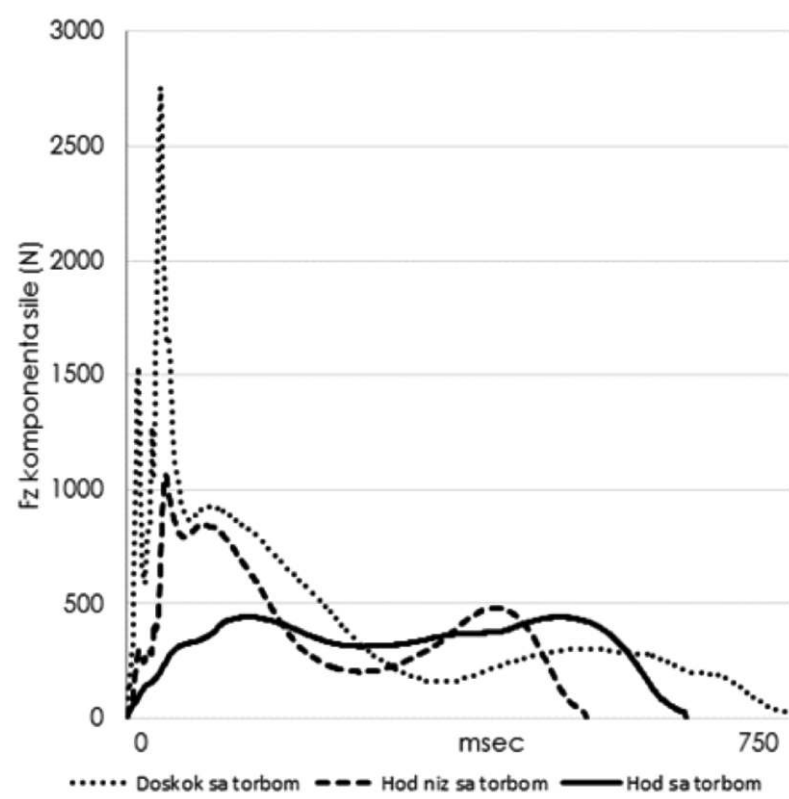
istraživanjima. Prva faza predstavlja maksimalno opterećenje pri inicijalnom kontaktu pete s podlogom (IK). Druga faza opisuje središnji dio kontakta (SK) dok treća faza opisuje aktivno djelovanje mišića nogu u odrazu od podloge (OP). U radu je korišteno 10 varijabla koje opisuju navedene faze hoda kroz tri različite komponente sile reakcije podloge (Tablica 1). Za prikupljanje, obradu i analizu signala korišten je BTS, Elite sustav koji sadrži platformu za mjerenje sile reakcije

podloge, proizvođača Kistler, veličine 60 x 40cm. Frekvencija uzorkovanja iznosila je 1000 Hz. Za obradu i interpretaciju rezultata korišten je statistički programski paket STATISTICA 12. Za utvrđivanje pojave asimetrije između ekstremiteta odnosno za testiranje statistički značajne razlike između ekstremiteta i njihovih aritmetičkih sredina korišten je studentov t-test za zavisne varijable uz pogrešku zaključivanja od 0.05 ($p < 0.05$).

Tablica 1. Naziv, opis i mjerna jedinica varijabli

Table 1. Name, description and unit of measurement variables

Br.	Naziv	Opis varijabli	Jed.
01.	RF1	Maksimalna vertikalna sila inicijalnog kontakta desnog stopala	N
02.	RF2	Minimalna vertikalna sila središnjeg kontakta desnog stopala	N
03.	RF3	Maksimalna vertikalna sila završnog kontakta desnog stopala	N
04.	Rt	Vrijeme maksimuma vertikalne sile inicijalnog kontakta desnog stopala	s
05.	RF1/t	Odnos maksimalne vertikalne sile inicijalnog kontakta desnog stopala i vremena	N/s
06.	LF1	Maksimalna vertikalna sila inicijalnog kontakta lijevog stopala	N
07.	LF2	Minimalna vertikalna sila središnjeg kontakta lijevog stopala	N
08.	LF3	Maksimalna vertikalna sila završnog kontakta lijevog stopala	N
09.	Lt	Vrijeme maksimuma vertikalne sile inicijalnog kontakta lijevog stopala	s
10.	LF1/t	Odnos maksimalne vertikalne sile inicijalnog kontakta lijevog stopala i vremena	N/s



Slika 1. Prikaz signala okomite sile reakcije podloge Fz pri nošenju školske torbe različitim načinima hoda (po ravnoj površini, uz stepenice i doskok sa visine dvije stepenice).

Figure 1. Displaying the signal vertical ground reaction force Fz when wearing school bag the different ways of gait (on a flat surface, up the stairs and landing from a height of two steps).

REZULTATI

T test za zavisne uzorke testirane su razlike između lijeve i desne noge koja sugerira postojanje asimetrije između donjih ekstremiteta. Najmanje razlika registrirano je u testu hod po ravnoj površini bez opterećenja školskom torbom. Najviše razlika registrirano je u testu hod niz stepenice sa opterećenjem.

RASPRAVA

Svrha ovog istraživanja bila je istražiti i kvantificirati opterećenje lokomotornog sustava djeteta nošenjem školske torbe u svakodnevnim i spontanim aktivnostima. Za utvrđivanje opterećenja korištena je kinetička platforma za registraciju sile pri kontaktu stopala sa podlogom. Mjerenje sila reakcije podloge (GRF) upotrebljava se kako bi se u potpunosti moglo razumjeti mehanička svojstva donjih ekstremiteta u kretanju. Za tu svrhu koriste se mjerne platforme koje vrlo precizno

moгу prikazati opterećenja pri kontaktu (1, 4). U ovom istraživanju korišteno je 6 jednostavnih testova i 10 varijabli (Tablica 1.) koje su imali za cilj simulirati opterećenja koja djeluju na tijelo djeteta pri nošenju školske torbe u jednom školskom danu. Varijable opisuju djelovanje vertikalne komponente sile u tri osnovne faze hoda, vrijeme oslonca i vrijeme potrebno za postizanje maksimuma sile. Testovi opisuju tri osnovne strukture gibanja, a to su hod po ravnoj površini, hod uz stepenice i hod niz stepenice. Svaki test izvođen je spontanom brzinom djeteta bez i sa opterećenjem školskom torbom. Testovi su izvođeni redosljedom: hod po ravnoj površini bez školske torbe, hod po ravnoj površini sa školskom torbom, hod uz stepenice bez školske torbe, hod uz stepenice sa školskom torbom, hod niz stepenice bez školske torbe i hod niz stepenice sa školskom torbom. Njihova funkcija bila je detektirati moguće postojanje asimetrije tijela dijeta, nevidljivo u svakodnevnom životu, doziranjem opterećenja u laboratorijskim kontroliranim uvjetima.

Tablica 2. Prikaz statistički značajnih razlika između desne i lijeve noge korištenjem t-testa za zavisne uzorke u testu hod po ravnoj površini bez opterećenja školskom torbom

Table 2. Display statistically significant differences between the right and left legs using t-test for dependent samples in test gait on a flat surface without load of school bag

Variable	t-test za zavisne varijable (hod po ravnoj površini bez opterećenja školskom torbom)									
	Pros.	St. dev.	N	Diff	St. dev. Diffu	t	sv	p	Int. pouz. -95,000%	Int. pouz. +95,000%
RF1 LF1	401,07 385,80	17,90 13,40	15	15,27	21,73	2,72	14	0,016562	3,23	27,30
RF3 LF3	402,13 388,67	16,86 11,39	15	13,47	16,48	3,16	14	0,006894	4,34	22,59

Tablica 3. Prikaz statistički značajnih razlika između desne i lijeve noge korištenjem t-testa za zavisne uzorke u testu hod uz stepenice bez opterećenja školskom torbom

Table 3. Display statistically significant differences between the right and left legs using t-test for dependent samples in test gait up the stairs without load of school bag

Variable	t-test za zavisne varijable (hod uz stepenice bez opterećenja školskom torbom)									
	Pros.	St. dev.	N	Diff	St. dev. Diffu	t	sv	p	Int. pouz. -95,000%	Int. pouz. +95,000%
RF1 LF1	458,27 426,47	13,67 33,03	15	31,80	25,88	4,76	14	0,000306	17,47	46,13
RF3 LF3	452,20 421,33	16,07 7,65	15	30,87	16,25	7,36	14	0,000004	21,87	39,87

Testovi bez opterećenja školskom torbom „hod po ravnoj površini“ i „hod uz stepenice“ registrirali su po dvije razlike između ekstremiteta (Tablica 2. i 3.). U oba testa desna noga producira statistički značajno veću silu. U „hodu po ravnoj površini bez školske torbe“ u inicijalnom kontaktu (RF1 i LF1) srednja sila desne noge iznosi 401,07 N (17,9 SD) dok lijeve L 385,80 N (13,40 SD). U istoj fazi u testu „hod uz stepenice“ srednja sila desne noge iznosi 458,27 N (13,67 SD), a lijeve 426,47 N (33,03 SD). U završnoj fazi hoda ili odrazu od podloge (RF3 i LF3) ispitanica značajno više koristi ponovno desnu nogu što je vidljivo u većoj sili odraza u oba testa. U

„hodu po ravnoj površini bez školske torbe“ sila desne noge u odrazu iznosi 402,13 N (16,86 SD) dok lijeve 388,67 N (11,39 SD). U „hodu uz stepenice bez opterećenja“ vrijednosti sile desne noge ponovo su više i iznose 452,20 N (16,07 SD) dok su lijeve 421,33 N (7,65 SD) (Tablica 2. i 3.). Hong i Cheung (8) u svojim istraživanjima navode da opterećenja školskom torbom mase 10-15% mase tjelesne ne izazivaju značajne promjene u hodu. Njihov zaključak je da se statistički značajne promjene u lokomotivnoj primjećuju kod mase torbe od 20% tjelesne mase. Ovo istraživanje potkrepljuje naše rezultate.

Tablica 4. Prikaz statistički značajnih razlika između desne i lijeve noge korištenjem t-testa za zavisne uzorke u testu hod uz stepenice s opterećenjem školskom torbom

Table 4. Display statistically significant differences between the right and left legs using t-test for dependent samples in test gait up the stairs with load of school bag

Variable	t-test za zavisne varijable (hod uz stepenice s opterećenjem školskom torbom)									
	Pros.	St. dev.	N	Diff	St. dev. Diffu	t	sv	p	Int. pouz. -95,000%	Int. pouz. +95,000%
RF1	523,33	24,44	15	33,07	29,76	4,30	14	0,000729	16,58	49,55
LF1	490,27	13,27								
RF3	514,80	20,08	15	26,80	23,02	4,51	14	0,000491	14,05	39,55
LF3	488,00	7,15								
Rt	0,15	0,015	15	0,02	0,02	4,88	14	0,000245	0,014	0,036
Lt	0,12	0,01								
RF1/t	3,64	0,43	15	-0,47	0,61	-3,01	14	0,009436	-0,81	-0,14
LF1/t	4,11	0,47								

U testu „hod uz stepenice s opterećenjem“ ponovo su statistički značajno više vrijednosti vertikalne sile reakcije podloge desne noge u inicijalnom kontaktu (RF1 i LF1) i završnoj fazi (RF3 i LF1) pri odrazu od podloge (Tablica 4.). Hong i Li (9) u svojem istraživanju navode da se maksimalna vrijednost vertikalne sile reakcije podloge značajno povećava pri penjanju uz stepenice noseći masu torbe 15% tjelesne mase što se slaže s našim rezultatima. U ovom testu statistički značajna razlika primjećuje se u

vremenu postizanja maksimalne sile u inicijalnom kontaktu (Rt i Lt). Vrijeme desnom nogom iznosi 0,15 s (0,015 SD) dok je vrijeme lijeve 0,12 s (0,01 SD). Zbog statistički značajne razlike u maksimalnoj sili reakcije podloge u inicijalnom kontaktu pojavljuje se i statistički značajna razlika u odnosu maksimalne vertikalne sile inicijalnog kontakta i vremena koju opisuju varijable RF1/t i LF1/t. Vrijednosti odnosa za desnu nogu iznose 3,64 N/s (0,43 SD), a za lijevu 4,11 N/s (0,47 SD) (Tablica 4.)

Tablica 5. Prikaz statistički značajnih razlika između desne i lijeve noge korištenjem t-testa za zavisne uzorke u testu hod niz stepenice bez opterećenja školskom torbom

Table 5. Display statistically significant differences between the right and left legs using t-test for dependent samples in test gait down the stairs without load of school bag

Variable	t-test za zavisne varijable (hod niz stepenice bez opterećenja školskom torbom)									
	Pros.	St. dev.	N	Diff	St. dev. Diffu	t	sv	p	Int. pouz. -95,000%	Int. pouz. +95,000%
RF1	690,60	64,43	15	-186,60	94,13	-7,68	14	0,000002	-238,73	-134,47
LF1	877,20	63,50								
RF3	525,87	16,46	15	27,33	42,50	2,49	14	0,025895	3,80	50,86
LF3	498,53	51,38								
RF1/t	9,78	1,72	15	-2,90	1,71	-6,55	14	0,000013	-3,85	-1,95
LF1/t	12,68	2,07								

Test „hod niz stepenice bez opterećenja“ registrirao je tri statistički značajne razlike između desne i lijeve noge. Kao u prethodnom, to su maksimalna sila u inicijalnom kontaktu, maksimalna sila u završnom kontaktu pri odrazu te odnos maksimalne vertikalne sile inicijalnog kontakta i vremena potrebnog za njeno postizanje. Važno je spomenuti da je vrijednost maksimalne sile, u ovom testu, u inicijalnom kontaktu lijeve strane statistički značajno viša u odnosu na desnu stranu. Maksimalna sila je, u inicijalnom kontaktu lijevom

nogom (LF1), statistički značajno viša i iznosi 877,20 N (63,50 SD) dok desnom (RF1) iznosi 690,60 N (64,43 SD). U fazi odraza od podloge (RF1) ponovo su vrijednosti desne noge statistički značajno više (525,87 N, 16,46 SD). Zbog statistički značajne razlike u inicijalnom kontaktu registrirana je i razlika između ekstremiteta u odnosu maksimalne sile i vremena. Vrijednost za desnu nogu iznosi 9,78 N/s (1,72 SD) dok je za lijevu nogu statistički značajno viša 12,68 N/s (2,07 SD) (Tablica 5.).

Tablica 6. Prikaz statistički značajnih razlika između desne i lijeve noge korištenjem t-testa za zavisne uzorke u testu hod niz stepenice s opterećenjem školskom torbom

Table 6. Display statistically significant differences between the right and left legs using t-test for dependent samples in test gait down the stairs with load of school bag

Variable	t-test za zavisne varijable (hod niz stepenice s opterećenjem školskom torbom)									
	Pros.	St. dev.	N	Diff	St. dev. Diffu	t	sv	p	Int. pouz. -95,000%	Int. pouz. +95,000%
RF1	873,73	30,29	15	-90,40	43,56	-8,038	14	0,000001	-114,52	-66,28
LF1	964,13	26,91								
RF2	266,26	37,43	15	35,13	36,31	3,75	14	0,002163	15,03	55,24
LF2	231,13	23,14								
RF3	651,93	17,67	15	59,20	26,33	8,71	14	0,000001	44,62	73,78
LF3	592,73	31,77								
RF1/t	13,50	2,46	15	-4,24	5,42	-3,03	14	0,008982	-7,24	-1,24
LF1/t	17,74	5,23								

Test „hod niz stepenice s opterećenjem“ registrirao je četiri statistički značajne razlike što pokazuje da uslijed većeg opterećenja tijela dolazi do izraženije pojave asimetrije između ekstremiteta te nepravilnog opterećenja lokomotornog sustava (Tablica 6.). Jednako kao u prethodnom testu bez opterećenja ekstremiteti se statistički značajno razlikuju u maksimalnom vertikalnom opterećenju u inicijalnoj fazi. Maksimalna vertikalna sila u inicijalnom kontaktu lijeve noge (LF1) statistički je značajno viša od desne strane (RF1) i iznosi 964,13 N (26,91 SD). Vertikalna sila desne strane iznosi 873,73 N (26,29 SD). Jedino u ovom testu pojavljuje se statistički značajna razlika u vertikalnoj sili središnjeg kontakta između ekstremiteta. Kod desne noge iznosi 266,26 N (37,43 SD), a kod lijeve 231,13 N (23,14 SD). U završnoj fazi ponovo je statistički značajno veća sila desne noge 651,93 N (17,67 SD) od lijeve sa 592,73 (31,77 SD). Najveća se razlika između ekstremiteta očituje u ovom testu u varijabli koja opisuje odnos maksimalne sile u inicijalnom kontaktu i vremenu. U desnoj nozi iznosi 13,50 N/s (2,46 SD) dok u lijevoj statistički značajno više 17,74 N/s (5,23 SD).

Kao dešnjakinja, ispitanica dominantno koristi desnu nogu što je vidljivo u povećanoj maksimalnoj vrijednosti sile (RF1 i RF3) u testovima „hod po ravnoj površini“ i „hod uz stepenice“. Obrnuto, u zahtjevnijem testu „hod niz stepenice“ maksimum sile je manji od maksimuma lijeve strane i pri nošenju torbe i bez nje. Objasnjenje možemo pronaći u činjenici da se dominantna noga učestalije koristi te da iz tog razloga ima snažniju miškulaturu i bolju neuromuskularnu koordinaciju što je potrebno za bolju amortizaciju udarca u inicijalnom kontaktu. S druge strane više snage producira pri odrazu od podloge u završnoj fazi. Ovu tezu ne podupire istraživanje Hamilltona i suradnika (6) koji navode kako ne postoji statistički značajna razlika između dominantnog i nedominantnog ekstremiteta pri hodu. Svoju tezu objašnjava postojanjem više razine simetrije između donjih ekstremiteta te da se hemisferična dominacija ne može generalizirati i prenijeti na donje ekstremitete. Niti istraživanje Cottalorda i suradnika ne

navodi postojanje razlika pri nošenju dječje torbe na oba ramena, ali navodi postojanje asimetrije pri nošenju torbe preko jednog ramena u anterio-posteriorom smjeru. Naši se rezultati slažu s rezultatima Cottalorda (4), samo uz važnu napomenu da su u našem istraživanju korištene školske torbe na oba ramena. Istraživanje ukazuje da aplikacijom vanjskog opterećenja dolazi do pojave asimetrija i razlike između ekstremiteta koja se vizualizacijom ne može kvantificirati. Osobito je ova razlika između desne i lijeve noge vidljiva u najzahtjevnijem testu „hod niz stepenice s torbom“ u kojem su zabilježene četiri razlike koje se protežu kroz sve tri glavne faze hoda. U svakodnevnom životu ove statistički značajne razlike mogu ukazati na deficit mišićne snage, a kao posljedicu preopterećenje te povećani rizik nastanka ozljede (13). Promatrano kroz tri osnovne faze hoda (IK, SK i OP) najmanje statistički značajnih razlika registrirano je u srednjoj fazi kontakta stopala s podlogom, samo jedna. Znatno više statistički značajnih razlika u vertikalnoj sili registrirano je u inicijalnoj (IK) i završnoj fazi (PO) njih 4. Mnogi znanstvenici koji proučavaju hod slažu se da je prvi dio kontakta stopala s podlogom ili inicijalni kontakt najvažniji dio u cijelom ljudskom koraku. Upravo iz tog razloga ova faza je i najviše proučavana u cijelom ciklusu hoda (10, 14). Parametar koji je mjeren samo u IK fazi, a najpreciznije opisuje stres pri udarcu stopala o podlogu je odnos (RF1/t i LF1/t) između maksimalne vertikalne komponente sile reakcije podloge (RF1 i LF1) i vremena za postizanje njenog maksimuma (Rt i Lt). Što je aplikacija sile veća u manjem vremenskom intervalu, to je i stres na tijelo veći. Dobrom neuromuskularnom koordinacijom uz snažnu miškulaturu donjih ekstremiteta osobito m. quadricepsa moguće je znatno umanjiti silu, ali i povećati vrijeme postizanja njenog maksimuma. U ovom parametru vidljiva je statistički najznačajnija razlika ($p=0,008982$, $p<0,05$) između desne (13,50) i lijeve (17,74) noge koja je pokazatelj pojave asimetrije osobito u testu hod niz stepenice sa školskom torbom. Velika statistički značajna razlika može se vidjeti i u istom testu bez opterećenja školskom torbom (desna

9,78, lijeva 12,68, $p=0,000013$, $p<0,05$). Statistički značajna razlika registrirana je i u testu „hod uz stepenice sa opterećenjem“ (desna 3,64, lijeva 4,11, $p=0,009436$, $p<0,05$) (Slika 1.). Chow (3) navodi da ovakva opterećenja mogu dovesti do ispravljanja lumbalne lordoze i torakalne kifoze te tako uzrokovati neposredne promjene u leđnoj zakrivljenosti.

ZAKLJUČAK

U istraživanju su precizno kvantificirana opterećenja kojima je dijete izloženo noseći školsku torbu na spontani i svakodnevni način. Izabrani testovi uspjeli su simulirati svakodnevna kretanja djeteta sa i bez opterećenja. Prijašnje studije nisu detektirale i potencirale ovaj

problem. Najvažnije, uspjeli smo potvrditi hipotezu da se povećavanjem opterećenja povećavaju i razlike između ekstremiteta. Odnosno, jasnije se vidi asimetrija između donjih ekstremiteta iako neki autori smatraju da ona ne postoji u hodu. Ove razlike, uz neaktivni način života bez tjelesne aktivnosti, mogu biti potencijalno uzrok nastanka ozljeda kralježnice i lokomotornog sustava djeteta sa posljedicama koje će ga pratiti kroz cijeli život. Buduća istraživanja u ovom pravcu trebala bi uključiti veći broj ispitanika kao i veći broj opterećenja.

ZAHVALA

Ovaj rad prvi autor posvećuje svojoj kćeri koja je dobrovoljno i strpljivo sudjelovala u ovom eksperimentu.

Literatura

1. Belli A, Bui P, Berger A, Geysant A, Lacour JR. A treadmill ergometer for three-dimensional ground reaction forces measurement during walking. *Journal of Biomechanics* 2001;34:105–12.
2. Brackley HM, Stevenson JM. Are children's backpack weight limits enough? A critical review of the relevant literature. *Spine* 2004;29:2184-90.
3. Chow DHK, Leung KTY, Holmes AD. Changes in spinal curvature and proprioception of schoolboys carrying different weights of backpack. *Ergonomics* 2007;50:2148–56.
4. Cottalorda J. Gait analysis: matching the method to the goal. *Revue Du Rhumatisme* 1999;66:367–9.
5. Grimmer K, Dansie B, Milanse S, Pirunsan U, Trott P. Adolescent standing postural response to backpack loads: A randomized controlled experimental study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2002;3:10.
6. Hamill J, Bates BT, Knutzen KM. Ground reaction force symmetry during walking and running. *Research Quarterly for Exercise & Sport* 1984;55:289-93.
7. Hong Kong Society for Child Health and Development. The weight of school bags and its relation to spinal deformity. Hong Kong: The Department of Orthopedic Surgery, University of Hong Kong, The Duchess of Kent Children's Hospital. 1998
8. Hong Y, Cheung CK. Gait and posture responses to backpack load during level walking in children. *Gait and Posture* 2003;17:28–33.
9. Hong Y, Li JX. Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking. *Gait and Posture* 2005;22:63–8.
10. Kirtley C. *Clinical Gait Analysis*. Amsterdam: Churchill Livingstone, 2012.
11. Kistner FE. Postural Compensations and Subjective Complaints Due to Backpack Loads and Wear Time in Schoolchildren Aged 8 to 11. Miami: University of Miami. 2011;613. Dissertation.
12. Negrini S, Carabalona R. Backpacks on! Schoolchildren's perceptions of load, associations with back pain and factors determining the load. *Spine* 2002;27:187-95.
13. Pascoe DD, Pascoe DE, Wang YT, Shim DM, Kim CK. Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics* 1997;40:631-41.
14. Perry J, Burnfield J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. Grove Road: SLACK Incorporated, 2010.
15. Ramprasad M, Alias J, Raghuvver AK. Effect of Backpack Weight on Postural Angles in Preadolescent Children. *The Indian Journal of Pediatrics* 2010;47:575-80.
16. Siambanes D, Martinez JW, Butler EW, Haider T. Influence of school backpacks on adolescent back pain. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2004;24:211-7.
17. Viry P, Creveuil C, Marcelli C. Nonspecific back pain in children. *Revue Du Rhumatisme* 1999;66:381-8.
18. Voll HJ, Klimt F. On strain in children caused by carrying schoolbags. *Offentliche Gesundheitswesen* 1977;39:369-78. [in German].
19. Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *Canadian Medical Association Journal* 2012;6: 167:669.
20. World Health Organization (WHO). Recommended levels of physical activity for children aged 5 - 17 years, in *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*, (http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/)