

Mochilas Escolares e Forças Reativas do Solo: o efeito da diminuição da rigidez das alças das mochilas

Autores

João Barbosa¹; Daniel A. Marinho¹; Pedro Forte¹; Henrique P. Neiva¹; Mikel Izquierdo^{2,3}; Mário Marques¹

pedromiguel.forte@iscedouro.pt

Resumo

As mochilas são utilizadas por crianças e jovens para o transporte de material escolar. Mais ainda, enquanto as carregam, maioritariamente aos ombros, as crianças tendem a brincar, andar e correr. No entanto, a carga por vezes excessiva e acima das recomendações poderá gerar uma força de reação ao solo capaz de ser explicativa de eventuais lesões. Desta forma, o objetivo deste estudo foi de: 1) investigar o efeito do transporte de mochilas escolares nas FRS, com cargas reais, normalmente utilizadas pelos alunos do 5º ano e 9º ano de escolaridade, na marcha e na corrida; 2) investigar possíveis efeitos benéficos nas FRS através da diminuição da rigidez das alças das mochilas, pela introdução de material elástico. Participaram neste estudo 22 crianças do 9º ano (G-9; 5 raparigas e 7 rapazes) e do 5º ano de escolaridade (G-5; 5 raparigas e 5 rapazes). A mochila utilizada foi o modelo Padded, da marca Eastpack (Boston, USA), um dos modelos frequentemente utilizado por alunos da escola. Para a análise do efeito dos elásticos nas alças da mochila, os mesmos foram costurados às alças, a 3,5 cm e 14,5 cm do topo da alça. Na marcha, a carga que os alunos normalmente transportam para a escola afetou de forma significativa a magnitude de todas as variáveis cinéticas analisadas. Correndo utilizando a mochila sem adaptações, o tempo total de apoio aumentou em ambos os grupos. As cargas transportadas pelos alunos nas suas mochilas afetaram de forma significativa as FRS. A introdução de material elástico nas alças das mochilas fez modificar os parâmetros das FRS, com uma diminuição na magnitude dos valores pico e na taxa de carga.

Palavras-chave: Mochilas; Elásticos; Força; Reação; Solo; Crianças

¹ CIDESD - Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano

² Neuromuscular Research Center da Universidade de Jyväskylä, Finlândia

³ Human Performance Laboratory da Universidade de Connecticut, EUA

Introdução

As mochilas são utilizadas de forma massificada para o transporte de cargas escolares (Chow et al., 2010; Dockrell, Sims & Blacke, 2013) e é verificado um conjunto de preocupações na comunidade, com origem sobretudo na elevada carga transportada (Hestbaek et al., 2006; Dahl et al., 2016; Mallakzadeh et al., 2016), bem como o impacto que poderá ter na saúde das crianças (Chow et al., 2010; Neuschwander et al., 2010; Pau et al., 2011). As alterações na postura e nos padrões de deslocamento, tais como a redução na rotação pélvica (Chow et al., 2005), incrementos no ângulo do pescoço com uma posição anteriorizada e flexão excessiva do tronco (Chow et al., 2005; Hong & Cheung, 2003; Kim et al., 2008; Song et al., 2014; Pascoe et al., 1997; Chansirinukor et al., 2001; Quesada et al., 2000; Brackley, Stevenson & Selinger, 2009; Birrell & Haslam, 2010; Castro et al., 2013; Castro et al., 2015; Knapik, Harman & Reynolds, 1996), bem como um aumento da magnitude das forças reativas do solo (FRS) (Castro et al., 2013; Simpson, Munro & Steele, 2012; Chen & Qu, 2018), poderão estar associados ao peso excessivo das mochilas. Tanto quanto é sabido, elevadas magnitudes das FRS podem originar lesões nos membros inferiores (Birrell, Hooper & Haslam, 2007) e da coluna vertebral (Voloshin, 2000). As forças a que a coluna vertebral está sujeita influenciam o seu desenvolvimento (Gelalis et al., 2012) e quando elevadas, podem ter efeitos nefastos na saúde óssea (Zadpoor & Nikooyan, 2011).

A literatura têm apresentado esforços da comunidade científica no sentido de propor um limite de carga a ser transportado pelas crianças (Dockrell, Simms & Blake, 2013; Lindstrom-Hazel, 2009), sendo 10% do peso corporal da criança o valor mais coerente (Dockrell, Simms & Blake, 2013; Al-Hazzaa, 2006; Moore, White & Moore, 2007). Contudo, este limite é frequentemente ultrapassado (Al-Hazzaa, 2006; Moore, White & Moore, 2007; Brattberg, 2004). Na tentativa de minimizar os efeitos do transporte de elevadas cargas, têm sido propostos vários modelos alternativos de mochilas (Kim et al., 2008; Dahl et al., 2016; Mallakzadeh et al., 2016; Ramadan & Al-Shayea, 2013) e a introdução de material elástico nas alças da mochila parece ser benéfico na diminuição dos valores de pico das FRS (Ren, Jones & Howard, 2005).

As crianças, sobretudo as mais novas, usualmente brincam (andando e correndo) com as mochilas aos ombros. Além disso, talvez seja pertinente a análise em diferentes anos de escolaridade uma vez que a carga transportada pelas crianças ao longo do

seu percurso escolar varia, essencialmente entre ciclos (p.ex.: 2º e 3º ciclos). Assim, foram definidos como objetivos deste estudo: 1) investigar o efeito do transporte de mochilas escolares nas FRS, com cargas reais, normalmente utilizadas pelos alunos do 5º ano e 9º ano de escolaridade, na marcha e na corrida; 2) investigar possíveis efeitos benéficos nas FRS através da diminuição da rigidez das alças das mochilas, pela introdução de material elástico.

Métodos

Sujeitos

Participaram neste estudo 22 crianças do 9º ano (G-9; 5 raparigas e 7 rapazes, com uma idade média de 15.0 ± 0.7 anos, 56.7 ± 11.2 kg de massa corporal e 1.63 ± 0.1 m de altura) e do 5º ano de escolaridade (G-5; 5 raparigas e 5 rapazes, com idade média de 11.0 ± 0.3 anos, 35.3 ± 7.3 kg de massa corporal e 1.41 ± 0.1 m de altura). Todas as crianças e os seus pais foram informados dos procedimentos experimentais do estudo e assinaram o consentimento informado e os procedimentos foram de acordo com a declaração de Helsínquia com investigação em seres humanos.

Recolha de dados

Foi solicitado aos participantes que realizassem os seus ensaios numa plataforma de madeira com 0,56 m de comprimento, 0,62 m de largura e 0,06 m de altura. A Plataforma de forças (MuscleLab, Ergotest Innovation; Porsgrunn, Noruega), com 0,80 m de comprimento, foi embutida a meio da plataforma de madeira, ficando ao mesmo nível. Através do software Ergotest MuscleLab V8.0, foi possível registar e posteriormente exportar os dados recolhidos com a plataforma de forças. Foi solicitado aos participantes que realizassem os testes com a roupa e sapatilhas que habitualmente utilizam na escola.

No início de cada sessão era solicitado aos participantes que caminhassem, corressem e saltassem sobre a plataforma para se familiarizassem com o equipamento. Para que cada participante pisasse a plataforma de forças com o pé direito (dominante em todos), quer na marcha quer na corrida, ambas as situações eram treinadas de forma a se encontrar um ponto início que permitisse que isso

acontecesse sem provocar alterações no deslocamento. Toda esta preparação era realizada com e sem mochila.

A mochila foi carregada com 5kg de livros para o G-5 e 4,5 kg para o G-9. Esta era colocada sobre ambos os ombros e ajustada individualmente pelo próprio participante. A mochila utilizada foi o modelo Padded, da marca Eastpack (Boston, USA), um dos modelos frequentemente utilizado por alunos da escola. Para a análise do efeito dos elásticos nas alças da mochila, os mesmos foram costurados às alças, a 3,5 cm e 14,5 cm do topo da alça. Esta posição permitiu que os elásticos se estendessem de 7 a 8 cm. Os elásticos tinham 7 cm de comprimento (interior), mais 3,5 cm do material de fixação, 0,5 cm de largura e 0,5 cm de espessura (Barbosa et al., 2019; Brzek et al., 2017). A mesma mochila foi usada em todos os ensaios e os elásticos puderam ser removidos.

Para evitar o efeito de aprendizagem ou de fadiga, as tarefas foram realizadas de forma aleatória. O primeiro participante poderia realizar, por exemplo, as 5 repetições de “marcha sem mochila”, o segundo “corrida com mochila adaptada” e o terceiro “marcha com mochila sem adaptações”. De seguida começava um novo ciclo de tarefas.

Análise dos dados

Foi utilizado o software Microsoft Excel (Microsoft Office 365 ProPlus) para a aleatorização das condições de realização das tarefas e para organizar os dados exportados a partir do software MuscleLab. Para a análise dos dados recolhidos recorreu-se a estatística descritiva e Test-T para amostras emparelhadas. Os procedimentos estatísticos foram concretizados recorrendo ao software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS v.20) e o nível de significância estatística definido em 5%. Adicionalmente, o tamanho do efeito nas diferenças significativas foi calculado com pelo “d de Cohen” (Faul et al., 2007; Cohen, 2013), a interpretação do tamanho do efeito foi considerada pequena quando $d=0.2$; média quando $d=0.5$ e grande quando $d=0.8$.

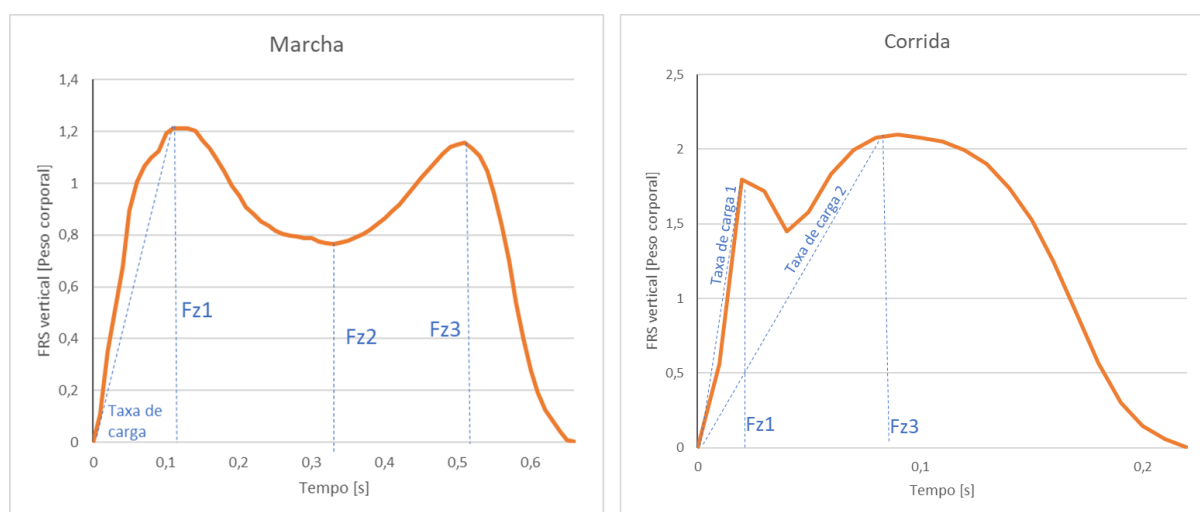


Figure 1. Curvas típicas da componente vertical das FRS no tempo, de um dos participantes durante a realização de um ensaio de marcha e outro de corrida se. Assinalaram-se os momentos: primeiro pico (pico de impacto - Fz1), mínimo relativo (Fz2), segundo pico (Fz3) e a taxa de carga. Os valores encontram-se normalizados ao peso corporal do participante.

Resultados

Na marcha, a carga que os alunos normalmente transportam para a escola afetou de forma significativa a magnitude de todas as variáveis cinéticas analisadas. No grupo dos alunos do 5º ano (G-5), para além das variáveis cinéticas, o transporte da carga também fez aumentar o tempo total de apoio. Com a utilização da mochila adaptada verificou-se uma diminuição ao nível da magnitude do primeiro pico e um aumento do mínimo relativo, face à utilização da mochila sem adaptações, mas apenas no grupo dos alunos do 9º ano (G-9).

Correndo utilizando a mochila sem adaptações, o tempo total de apoio aumentou em ambos os grupos. As variáveis cinéticas foram afetadas de um modo diferente em relação à marcha, já que os valores de pico de força não foram afetados e a taxa de produção de força diminuiu. Apenas o impulso total aumentou e ainda assim menos do que na marcha. A utilização da mochila adaptada não fez alterar as variáveis temporais comparando com a utilização da mochila sem adaptações, contudo, a valor pico da força reativa vertical do solo foi menor, fazendo diminuir também a taxa de aplicação de força.

Tabela 1. Variáveis temporais e cinéticas para a marcha sem mochila, mochila sem adaptações e mochila adaptada.

Marcha	5º ano						9º ano							
	Sem mochila	Mochila sem adaptações	$p^{\#}$	d	Mochila adaptada	p^*	d	Sem mochila	Mochila sem adaptações	$p^{\#}$	d	Mochila adaptada	p^*	d
Variáveis temporais														
Tempo total de apoio (s)	0.61 ± 0.06	0.63 ± 0.05	0.001	0.55	0.620 ± 0.057	0.174		0.65 ± 0.04	0.66 ± 0.04	0.077		0.670 ± 0.041	0.174	
Tempo até Fz1(s)	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.188		0.133 ± 0.018	0.507		0.14 ± 0.05	0.14 ± 0.01	1.000		0.147 ± 0.015	0.220	
Tempo de Fz1 a Fz2 (s)	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.088		0.168 ± 0.031	0.500		0.16 ± 0.07	0.17 ± 0.02	0.391		0.165 ± 0.020	0.302	
Tempo de Fz2 a Fz3 (s)	0.18 ± 0.03	0.178 ± 0.05	0.696		0.167 ± 0.031	0.076		0.18 ± 0.03	0.18 ± 0.02	0.925		0.191 ± 0.024	0.030	0.29
Tempo após Fz3 (s)	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.161		0.152 ± 0.027	0.665		0.17 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.855		0.168 ± 0.019	0.508	
Tempo entre picos (s)	0.33 ± 0.04	0.34 ± 0.04	0.009	0.40	0.336 ± 0.034	0.135		0.34 ± 0.08	0.35 ± 0.02	0.437		0.355 ± 0.022	0.285	
Variáveis cinéticas														
Primeiro pico - Fz1 (N)	433.01 ± 108.29	507.98 ± 130.27	<0.001	1.50	510.87 ± 95.86	0.749		695.74 ± 128.03	768.37 ± 150.18	<0.001	1.14	754.76 ± 148.26	0.039	0.27
Primeiro pico - Fz1 (N/PC)	1.24 ± 0.11	1.46 ± 0.14	<0.001	1.62	1.48 ± 0.15	0.251		1.26 ± 0.14	1.39 ± 0.16	<0.001	1.19	1.37 ± 0.17	0.058	
Mínimo relativo - Fz2 (N)	217.99 ± 51.87	248.56 ± 44.67	<0.001	0.78	250.8 ± 69.6	0.779		379.96 ± 86.17	392.07 ± 89.62	0.049	0.26	405.16 ± 79.44	0.039	0.27
Mínimo relativo - Fz2 (N/PC)	0.63 ± 0.10	0.73 ± 0.13	<0.001	0.89	0.72 ± 0.12	0.638		0.68 ± 0.08	0.71 ± 0.09	0.022	0.30	0.73 ± 0.07	0.028	0.29
Segundo pico - Fz3	417.39 ± 63.57	481.65 ± 94.61	<0.001	1.25	483.86 ± 81.32	0.672		650.18 ± 116.30	708.46 ± 131.45	<0.001	1.27	706.1 ± 129.43	0.672	
Segundo pico - Fz3 (N/PC)	1.22 ± 0.10	1.40 ± 0.10	<0.001	1.52	1.41 ± 0.12	0.330		1.18 ± 0.07	1.28 ± 0.09	<0.001	1.34	1.28 ± 0.11	0.796	
Máximo absoluto (N)	446.06 ± 98.22	520.92 ± 125.04	<0.001	1.79	516.32 ± 93.13	0.575		709.81 ± 122.55	774.42 ± 145.19	<0.001	1.07	764.45 ± 145.58	0.102	
Máximo relativo (N/PC)	1.29 ± 0.10	1.50 ± 0.11	<0.001	2.33	1.50 ± 0.13	0.917		1.3 ± 0.16	1.42 ± 0.19	<0.001	1.11	1.40 ± 0.19	0.117	
Impulso total	167.79 ± 37.35	201.06 ± 43.95	<0.001	2.64	199.54 ± 50.04	0.499		289.4 ± 62.75	314.86 ± 66.83	<0.001	1.37	320.98 ± 62.57	0.037	0.27
Taxa de carga Fz1 (KN/s)	3.42 ± 1.05	3.80 ± 1.12	0.023	0.35	3.89 ± 0.88	0.537		5.00 ± 0.98	5.36 ± 1.05	0.017	0.32	5.18 ± 1.08	0.081	
Diff. MaxAbsl to Fz2	228.06 ± 86.06	272.36 ± 124.55	<0.001	0.59	265.52 ± 89.16	0.658		329.86 ± 102.25	382.35 ± 136.24	<0.001	0.54	359.3 ± 132.74	0.048	0.26

Relativo à diferença entre as condições sem mochila e com mochila sem adaptações; * Relativo à diferença entre a utilização de mochila sem adaptações e mochila adaptada.

Tabela 2. Variáveis temporais e cinéticas para a corrida sem mochila, com mochila sem adaptações e mochila adaptada.

Corrida	5º ano						9º ano							
	Sem mochila	Mochila sem adaptações	<i>p</i> [#]	d	Mochila adaptada	<i>p</i> [*]	d	Sem mochila	Mochila sem adaptações	<i>p</i> [#]	d	Mochila adaptada	<i>p</i> [*]	d
Variáveis temporais														
Tempo total de apoio (s)	0.26 ± 0.03	0.30 ± 0.03	<0.001	1.61	0,297 ± 0,025	0,459		0.30 ± 0.03	0.32 ± 0.03	<0.001	0.94	0.320 ± 0.028	0.913	
Tempo até Fz1(s)	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.017	0.37	0,038 ± 0,009	1,000		0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.056		0.040 ± 0.010	0.075	
Tempo até Fz2(s)	0.11 ± 0.02	0.13 ± 0.02	<0.001	0.74	0,123 ± 0,023	0,456		0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.02	<0.001	0.76	0.130 ± 0.036	0.226	
Tempo entre picos (s)	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.001	0.55	0,087 ± 0,018	0,609		0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.02	<0.001	0.66	0.093 ± 0.028	0.096	
Variáveis cinéticas														
Primeiro pico-Fz1 (N)	502.77 ± 191.88	486.97 ± 152.16	0.416		0.476 ± 0.129	0.458		729.75 ± 210.28	729.3 ± 219.93	0.984		0.718 ± 0.183	0.449	
Primeiro pico-Fz1 (N/PC)	1.46 ± 0.43	1.41 ± 0.34	0.444		1.37 ± 0.21	0.388		1.36 ± 0.32	1.35 ± 0.28	0.811		1.3 ± 0.26	0.113	
Segundo pico-Fz2	0.85 ± 0.16	0.84 ± 0.17	0.105		0.82 ± 0.15	0.040	0.32	1.40 ± 0.26	1.41 ± 0.29	0.396		1.39 ± 0.29	0.161	
Segundo pico-Fz2 (N/PC)	2.49 ± 0.19	2.42 ± 0.18	0.051		2.38 ± 0.23	0.073		2.63 ± 0.52	2.64 ± 0.48	0.723		2.51 ± 0.27	0.009	0.35
Máximo absoluto (N)	0.85 ± 0.16	0.84 ± 0.17	0.110		0.82 ± 0.15	0.036	0.32	1.40.71 ± 263.7	1.41 ± 0.29	0.396		1.39 ± 0.29	0.161	
Máximo relativo (N/PC)	2.44 ± 0.19	2.37 ± 0.17	0.054		2.34 ± 0.23	0.063		2.58 ± 0.51	2.59 ± 0.47	0.726		2.56 ± 0.46	0.130	
Taxa de carga Fz1 (KN/s)	16.85 ± 10.25	14.51 ± 7.41	0.058		13.30 ± 5.23	0.164		23.35 ± 10.85	20.78 ± 7.28	0.019	0.31	19.41 ± 7.31	0.113	
Taxa de carga Fz2 (KN/s)	7.71 ± 1.34	6.76 ± 1.68	<0.001	0.56	6.57 ± 1.32	0.288		11.51 ± 2.76	10.59 ± 2.84	<0.001	0.53	10.18 ± 2.60	0.028	0.29
Impulso total	113.83 ± 31.05	129.99 ± 30.34	<0.001	1.68	127.57 ± 26.7	0.033	0.33	203.32 ± 41.29	222.22 ± 44.77	<0.001	1.26	219.93 ± 43.15	0.092	

Relativo à diferença entre as condições sem mochila e com mochila sem adaptações; * Relativo à diferença entre a utilização de mochila sem adaptações e mochila adaptada.

Discussão

Através de uma análise geral podemos afirmar que o transporte das cargas afetou as FRS durante a marcha e durante a corrida. Na marcha, os valores de pico de força, o impulso e a taxa de carga aumentaram em ambos os grupos. Na corrida observou-se uma influência diferente, em que os valores de pico de força não aumentaram e a taxa de carga diminuiu. Estes resultados são concomitantes com os de diversos estudos que compararam a marcha com e sem carga (Chow et al., 2005; Castro et al., 2013; Simpson, Munro & Steele, 2012; Birrell et al., 2007; Liew, Morris & Netto, 2016; Mosaad & Abdel-Aziem, 2015; Razali et al., 2006; Ahmad & Barbosa, 2019). Não temos conhecimento que esta análise tenha sido feita noutra tipo de locomoção para além da marcha. Os estudos reportaram diminuição na velocidade de marcha (Chow et al., 2005; Kellet et al., 1996; Schwartz, Rozumalski & Trost, 2008), incrementos ao nível das magnitudes da componente vertical das FRS (Kellet et al., 1996; Schwartz, Rozumalski & Trost, 2008) e um comportamento protetor (Castro et al., 2013; Simpson, Munro & Steele, 2012) no sentido de atenuar o incremento da magnitude das FRS. A presente investigação pôde observar efeitos similares, mas expressos de forma diferente nos dois níveis de escolaridade e nos dois tipos de locomoção analisados.

Na marcha, o uso da mochila pelos alunos do 5º ano de escolaridade induziu um prolongamento do tempo de apoio, o que está em linha com o observado por Ahmad e Barbosa (2019) em crianças entre os 7 e os 9 anos de idade. O aumento verificado no primeiro pico foi de 17% e no segundo pico foi de 15%. Mosaad e Abdel-Aziem (2015) registaram um incremento de 11% no primeiro pico em crianças com 10 anos de idade transportando 7.5% do seu peso corporal. Devemos lembrar que no presente estudo a carga transportada foi de 14.3% do peso corporal. Razali et al. (2006) registaram incrementos de 10.4% e 25% em crianças de 9-10 anos, transportando 10% e 15% do peso corporal respetivamente.

O aumento da taxa de carga, 11%, foi inferior ao aumento da magnitude do primeiro pico (17%), o que se ficou a dever ao prolongamento do tempo de apoio, atenuando este aumento, tal como observado por Simpson, Munro & Steele (2012). Este comportamento pode ser classificado como protetor, procurando minimizar os efeitos de elevadas magnitudes de FRS sobre o sistema músculo-esquelético (Castro et al.,

2013). Os alunos do 9º ano não tiveram necessidade de aumentar o tempo de apoio durante a marcha.

Na marcha e sem mochila, a magnitude do primeiro pico foi cerca de 1.25 vezes o peso corporal para todos os estudantes, o que se encontra num intervalo expectável de valores (Keller et al., 1996). Contudo, quando a mochila foi adicionada, a magnitude do primeiro pico aumentou numa razão de 1.5 vezes (G-5) e 1.6 vezes (G-9) a carga adicionada. Este facto deverá estar relacionado com as modificações causadas nos padrões de postura e deslocamento (Mosaad & Abdel-Aziem, 2015) pelo peso da mochila uma vez que esta não está completamente presa ao corpo.

Se, durante a marcha, todas as variáveis cinéticas analisadas aumentaram com a adição da mochila, na corrida o resultado foi diferente. Os picos de força não sofreram alterações e a taxa de carga diminuiu. Na corrida, os alunos do 5º ano aumentaram o tempo de apoio em 15%, enquanto os alunos do 9º ano aumentaram em 8%. Durante a marcha, apenas os alunos do 9º ano experimentaram diferenças significativas entre os dois tipos de mochila. Este fenómeno de absorção de energia pelo elástico terá sido, provavelmente, responsável pela principal vantagem verificada com a utilização da mochila adaptada. Nos alunos do 5º ano não se verificaram diferenças entre as duas mochilas, provavelmente porque a carga seria tão elevada que alongou totalmente os elásticos, não deixando margem para que eles pudessem atuar.

Durante a corrida, o impulso total diminuiu com a utilização da mochila modificada. Uma possível explicação para este facto poderá ser o reduzido ressalto da mochila nos ombros, promovido pela ação dos elásticos. Com um ressalto diminuído, a aceleração vertical negativa da mochila também seria menor, diminuindo a necessidade de gerar impulso para a neutralizar (Foisac et al., 2009). Os alunos do 5º ano experimentaram diferenças entre as duas mochilas na corrida, ao contrário da marcha. Estas manifestações, principalmente a diminuição da magnitude dos picos aquando da utilização da mochila adaptada (Ren, Jones & Howard, 2005).

Conclusão

As cargas transportadas pelos alunos nas suas mochilas afetaram de forma significativa as FRS. Durante a marcha, a carga transportada induziu significativos incrementos nos valores pico de força, bem como no impulso total, com efeitos mais vincados nos alunos do 5º ano. Durante a corrida verificou-se um prolongamento do

tempo de apoio na proporção da carga relativa transportada, evitando assim incrementos nos valores pico de força.

A introdução de material elástico nas alças das mochilas fez modificar os parâmetros das FRS, na marcha e na corrida. Verificou-se uma diminuição na magnitude dos valores pico e na taxa de carga, mas não em todas as condições/grupos. Considera-se pertinente aprofundar a investigação neste âmbito, no sentido de definir os parâmetros a controlar para se maximizar este efeito.

Bibliografia

- Ahmad, H. N., & Barbosa, T. M. (2019). The effects of backpack carriage on gait kinematics and kinetics of schoolchildren. *Scientific reports*, 9(1), 1-6.
- Al-Hazzaa, H. (2006). How much load do Saudi school boys carry on their shoulder. *Saudi Med. J*, 27, 1567-1571.
- Barbosa, J., Marques, M. C., Izquierdo, M., Neiva, H. P., Barbosa, T. M., Ramírez-Vélez, R., ... & Marinho, D. A. (2019). Schoolbag weight carriage in Portuguese children and adolescents: a cross-sectional study comparing possible influencing factors. *BMC pediatrics*, 19(1), 1-7.
- Birrell, S. A., & Haslam, R. A. (2010). The effect of load distribution within military load carriage systems on the kinetics of human gait. *Applied ergonomics*, 41(4), 585-590.
- Birrell, S. A., Hooper, R. H., & Haslam, R. A. (2007). The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait & posture*, 26(4), 611-614.
- Brackley, H. M., Stevenson, J. M., & Selinger, J. C. (2009). Effect of backpack load placement on posture and spinal curvature in prepubescent children. *Work*, 32(3), 351-360.
- Brattberg, G. (2004). Do pain problems in young school children persist into early adulthood? A 13-year follow-up. *European Journal of Pain*, 8(3), 187-199.
- Brzęk, A., Dworak, T., Strauss, M., Sanchis-Gomar, F., Sabbah, I., Dworak, B., & Leischik, R. (2017). The weight of pupils' schoolbags in early school age and its influence on body posture. *BMC musculoskeletal disorders*, 18(1), 1-11.

- Castro, M. P., Figueiredo, M. C., Abreu, S., Sousa, H., Machado, L., Santos, R., & Vilas-Boas, J. P. (2015). The influence of gait cadence on the ground reaction forces and plantar pressures during load carriage of young adults. *Applied ergonomics*, 49, 41-46.
- Castro, M., Abreu, S., Sousa, H., Machado, L., Santos, R., & Vilas-Boas, J. P. (2013). Ground reaction forces and plantar pressure distribution during occasional loaded gait. *Applied ergonomics*, 44(3), 503-509.
- Chansirinukor, W., Wilson, D., Grimmer, K., & Dansie, B. (2001). Effects of backpacks on students: measurement of cervical and shoulder posture. *Australian Journal of physiotherapy*, 47(2), 110-116.
- Chen, X., & Qu, X. (2018). Effects of backpack load on stair gait in young male adults. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 67, 53-59.
- Chow, D. H. K., Ou, Z. Y., Wang, X. G., & Lai, A. (2010). Short-term effects of backpack load placement on spine deformation and repositioning error in schoolchildren. *Ergonomics*, 53(1), 56-64.
- Chow, D. H. K., Ou, Z. Y., Wang, X. G., & Lai, A. (2010). Short-term effects of backpack load placement on spine deformation and repositioning error in schoolchildren. *Ergonomics*, 53(1), 56-64.
- Chow, D. H., Kwok, M. L., Au-Yang, A. C., Holmes, A. D., Cheng, J. C., Yao, F. Y., & Wong, M. S. (2005). The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. *Ergonomics*, 48(6), 642-656.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press, New York, USA.
- Dahl, K. D., Wang, H., Popp, J. K., & Dickin, D. C. (2016). Load distribution and postural changes in young adults when wearing a traditional backpack versus the BackTpack. *Gait & posture*, 45, 90-96.
- Dockrell, S., Simms, C., & Blake, C. (2013). Schoolbag weight limit: can it be defined?. *Journal of school health*, 83(5), 368-377.
- Duyar, I. (2008). Growth patterns and physical plasticity in adolescent laborers. *Collegium antropologicum*, 32(2), 403-412.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.

- Foissac, M., Millet, G. Y., Geysant, A., Freychat, P., & Belli, A. (2009). Characterization of the mechanical properties of backpacks and their influence on the energetics of walking. *Journal of biomechanics*, 42(2), 125-130.
- Gelalis, I. D., Ristanis, S., Nikolopoulos, A., Politis, A., Rigas, C., & Xenakis, T. (2012). Loading rate patterns in scoliotic children during gait: the impact of the schoolbag carriage and the importance of its position. *European Spine Journal*, 21(10), 1936-1941.
- Hestbaek, L., Leboeuf-Yde, C., Kyvik, K. O., & Manniche, C. (2006). The course of low back pain from adolescence to adulthood: eight-year follow-up of 9600 twins. *Spine*, 31(4), 468-472..
- Hong, Y., & Cheung, C. K. (2003). Gait and posture responses to backpack load during level walking in children. *Gait & posture*, 17(1), 28-33.
- Keller, T. S., Weisberger, A. M., Ray, J. L., Hasan, S. S., Shiavi, R. G., & Spengler, D. M. (1996). Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clinical biomechanics*, 11(5), 253-259.
- Kim, M. H., Yi, C. H., Kwon, O. Y., Cho, S. H., & Yoo, W. G. (2008). Changes in neck muscle electromyography and forward head posture of children when carrying schoolbags. *Ergonomics*, 51(6), 890-901.
- Knapik, J., Harman, E., & Reynolds, K. (1996). Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Applied ergonomics*, 27(3), 207-216.
- Liew, B., Morris, S., & Netto, K. (2016). The effect of backpack carriage on the biomechanics of walking: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Journal of applied biomechanics*, 32(6), 614-629.
- Lindstrom-Hazel, D. (2009). The backpack problem is evident but the solution is less obvious. *Work*, 32(3), 329-338.
- Mallakzadeh, M., Javidi, M., Azimi, S., & Monshizadeh, H. (2016). Analyzing the potential benefits of using a backpack with non-flexible straps. *Work*, 54(1), 11-20.
- Moore, M. J., White, G. L., & Moore, D. L. (2007). Association of relative backpack weight with reported pain, pain sites, medical utilization, and lost school time in children and adolescents. *Journal of School Health*, 77(5), 232-239.
- Mosaad, D. M., & Abdel-Aziem, A. A. (2015). Backpack carriage effect on head posture and ground reaction forces in school children. *Work*, 52(1), 203-209.

- Neuschwander, T. B., Cutrone, J., Macias, B. R., Cutrone, S., Murthy, G., Chambers, H., & Hargens, A. R. (2010). The effect of backpacks on the lumbar spine in children: a standing magnetic resonance imaging study. *Spine*, 35(1), 83-88.
- Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Y. T., Shim, D. M., & Kim, C. K. (1997). Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics*, 40(6), 631-640.
- Pau, M., Corona, F., Leban, B., & Pau, M. (2011). Effects of backpack carriage on foot-ground relationship in children during upright stance. *Gait & posture*, 33(2), 195-199.
- Quesada, P. M., Mengelkoch, L. J., Hale, R. C., & Simon, S. R. (2000). Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics*, 43(3), 293-309.
- Ramadan, M. Z., & Al-Shayea, A. M. (2013). A modified backpack design for male school children. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(5), 462-471.
- Razali, R., Abu Osman, N. A., Shasmin, H. N., Usman, J., & Wan Abas, W. A. B. (2006). Acceptable load carriage for primary school girls. *European Journal of Scientific Research*, 15(3), 396-403.
- Ren, L., Jones, R. K., & Howard, D. (2005). Dynamic analysis of load carriage biomechanics during level walking. *Journal of biomechanics*, 38(4), 853-863.
- Schwartz, M. H., Rozumalski, A., & Trost, J. P. (2008). The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *Journal of biomechanics*, 41(8), 1639-1650.
- Simpson, K. M., Munro, B. J., & Steele, J. R. (2012). Effects of prolonged load carriage on ground reaction forces, lower limb kinematics and spatio-temporal parameters in female recreational hikers. *Ergonomics*, 55(3), 316-326.
- Song, Q., Yu, B., Zhang, C., Sun, W., & Mao, D. (2014). Effects of backpack weight on posture, gait patterns and ground reaction forces of male children with obesity during stair descent. *Research in Sports Medicine*, 22(2), 172-184.
- Voloshin, A. S. (2000). Impact propagation and its effects on the human body. *Biomechanics in sport*, 577.
- Zadpoor, A. A., & Nikooyan, A. A. (2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. *Clinical biomechanics*, 26(1), 23-28.