

A influência do transporte das cargas escolares de alunos Portugueses nas forças reativas do solo.

Autores

João P. Barbosa ^{1,2}; Mário C. Marques ^{1,2}; Henrique P. Neiva ^{1,2}; Mikel Izquierdo ³; Tiago M. Barbosa ^{1,4}; Daniel A. Marinho ^{1,2}

joaobarbosa02@gmail.com

Resumo

As vantagens mecânicas da utilização da mochila para o transporte dos artigos escolares têm permitido o transporte diário de cargas elevadas. O efeito dessas cargas tem sido encarado com preocupação pela possibilidade de afetarem o desenvolvimento da criança, nomeadamente pelo incremento nas forças reativas do solo, que se sabe ter efeitos prejudiciais ao nível das articulações e saúde óssea. Com o presente estudo procuramos perceber a influência das cargas escolares que são diariamente transportadas por alunos Portugueses nas forças reativas do solo, enquanto caminham, correm e saltam. Participaram neste estudo 21 alunos, divididos em dois grupos: os que frequentavam o último ano do ensino básico (9º ano) e os que iniciavam o segundo ciclo do ensino básico (5º ano). Os alunos do 9º ano transportaram uma mochila com 4.5 kg enquanto os alunos do 5º ano transportaram 5 kg. Durante a marcha, nos alunos do 5º ano observaram-se incrementos de 17.3%, 15.4% e 20% na magnitude do primeiro pico, segundo pico e no integral total da componente vertical da força reativa do solo, respetivamente. Os alunos do 9º ano não aumentaram o tempo total do apoio, ao contrário dos alunos do 5º ano, e registaram incrementos de 10.4%, 9% e 9% nas mesmas variáveis. Durante a corrida, o tempo total de apoio aumentou 15% e 8.5% nos alunos do 5º e 9º ano respetivamente, enquanto que a magnitude dos picos não aumentou. As cargas transportadas aumentaram profundamente as forças reativas do solo. Durante a marcha, induziram grandes incrementos na magnitude dos picos e no integral. Esses incrementos foram superiores nos alunos do 5º ano. Durante a corrida, os alunos aumentaram o tempo de apoio na proporção da carga relativa transportada, evitando aumentos na magnitude dos picos de força.

¹ Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano

² Universidade da Beira Interior, Departamento de Ciências do Desporto

³ Universidade Pública de Navarra, Departamento de Ciências da Saúde, Espanha

⁴ National Institute of Education, Nanyang Technological University, Singapore

Palavras-chave: mochila, carga escolar, força, marcha, corrida, salto.

INTRODUÇÃO

O uso da mochila é a estratégia mais adotada para o transporte do material escolar, incluindo, na maioria das vezes, o material desportivo ⁽¹⁾. A sua utilização está massivamente implementada pelas várias vantagens ergonómicas e de conforto que apresenta. Contudo, a utilização da mochila para o induz um conjunto de alterações na postura e locomoção ⁽²⁻¹³⁾, e os valores abusivos de carga transportada têm sido associados a diversos problemas físicos ⁽¹⁴⁻²¹⁾.

Neste campo, o efeito das forças reativas do solo (FRS) durante o transporte de material escolar na mochila tem sido amplamente estudado e os resultados têm confirmado o aumento da magnitude das FRS aquando da sua utilização ^(10, 22-24). Dado que elevadas magnitudes das FRS têm sido associados a lesões dos membros inferiores ⁽²⁴⁾, tais como degradação das propriedades biomecânicas das cartilagens das articulações, e também lesões do tronco, nomeadamente ao nível da coluna vertebral ⁽²⁵⁾, o tema continua a merecer atenção. Já se percebeu que as forças que atuam sobre a coluna vertebral influenciam o seu crescimento ⁽²⁶⁾ e que elevadas taxas de aplicação dessas mesmas forças têm efeitos negativos na saúde óssea ⁽²⁷⁾. Os jovens estudantes, que diariamente transportam cargas nas suas mochilas e que se encontram numa fase sensível do desenvolvimento corporal, merecem uma atenção especial.

Até á data, os estudos publicados têm utilizado cargas que hipoteticamente serão transportadas pelos estudantes e limitam-se ao estudo de um único grupo etário. Porém, a carga transportada varia ao longo do percurso académico ⁽¹⁾ e as características físicas dos estudantes também sofrem alterações significativas. Assim, a forma como as crianças/jovens lidam com essas cargas, sob uma perspetiva dinâmica, também poderá variar. Além disso, os estudos tendem a centrar-se na análise da marcha, contudo, as crianças/jovens em idade escolar também correm e saltam com a mochila aos ombros. Posto isto, o presente estudo procurou analisar a influência das cargas que são diariamente transportadas pelos alunos Portugueses em diferentes períodos do seu percurso académico, ao nível das FRS, enquanto caminham, correm ou saltam.

MÉTODO

Sujeitos

Participaram neste estudo 21 sujeitos divididos em dois grupos. Alunos do nono ano de escolaridade (5 raparigas e 7 rapazes; 15 anos de idade, 56.7 kg de massa corporal e 1.63 cm de altura) e alunos do 5º ano (4 raparigas e 5 rapazes; 11 anos de idade, 35.3 kg de massa corporal e 1.41 m de altura). Os alunos foram convidados a participar no estudo em função da compatibilidade do seu horário escolar para a realização das sessões experimentais. Os responsáveis parentais foram informados acerca dos procedimentos e obtida a declaração de autorização e de consentimento informado. Os procedimentos experimentais foram aprovados pela comissão de ética do Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano (CIDESD – UBI) e seguiram as recomendações da declaração de Helsínquia.

Recolha de dados

Aos participantes foi solicitado que desempenhassem as tarefas sobre uma plataforma de madeira com 3.3 m de comprimento, 62 cm de largura e 6 cm de altura. No centro deste corredor encontrava-se a plataforma de forças, *MuscleLab* da *Ergotest*, com 80 cm de comprimento e a mesma largura e altura da plataforma de madeira.

No início de cada sessão foi solicitado aos participantes que caminhassem, corressem e saltassem sobre a plataforma para que se familiarizassem com o dispositivo e assim promover a normalização dos seus desempenhos. Posteriormente e uma vez definido o ponto de partida este era marcado no solo e a partir daí eram realizados vários ensaios para que na marcha e corrida os participantes tivessem um desempenho natural. Toda esta preparação foi realizada com e sem mochila.

A mochila, com 5 kg de livros para os alunos do 5º ano e 4.5 kg para os alunos do 9º ano, foi colocada aos ombros dos participantes e ajustada individualmente. Para cada participante as correias de ajuste eram desapertadas e era-lhes solicitado que as ajustassem tal como normalmente faziam nas suas mochilas. O modelo de mochila utilizado foi o *Padded* da *Eastpack*, um dos modelos mais utilizado pelos alunos destas faixas etárias.

Solicitámos aos participantes que desempenhassem as tarefas com as roupas e calçado que normalmente utilizam na escola, tendo-se apresentado com roupas

variadas, mas todos com sapatilhas. Para evitar o efeito de aprendizagem ou fadiga na realização das tarefas, a ordem foi totalmente randomizada com a ajuda da função *randbetween* do Microsoft Excel.

Análise dos dados

O software *Ergotest MuscleLab* V8.0 foi o utilizado para a conectividade da plataforma de forças com o computador e assim se poder fazer a recolha dos dados. O *Microsoft Excel* (*Microsoft Office 365 ProPlus*) foi utilizado para randomizar as condições de realização das tarefas e também para organizar os dados exportados a partir do *Ergotest MuscleLab*. A análise estatística foi realizada utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS v.20) e o nível de significância foi definido em $p < 0.05$. Neste campo da análise estatística foram realizados procedimentos de estatística descritiva, T-Test para amostras emparelhadas, testes de normalidade e coeficientes de correlação intra-classe. A dimensão do efeito verificado foi calculada com base no método *Cohen's d*, utilizando a fórmula para amostras emparelhadas proposta pelo projeto *GPower*⁽²⁸⁾. Tal como originalmente foi proposto por Cohen, sugerem-se as seguintes referências para uma interpretação genérica dos valores da dimensão do efeito: pequeno efeito $d=0.2$; médio efeito $d=0.5$ e grande efeito $d=0.8$. As variáveis analisadas foram relacionadas com o tempo de apoio (total ou entre fases do apoio) e com a magnitude das forças verticais: máximo absoluto (MaxAbsl), valores pico em cada fase do apoio (Fz1, Fz2, Fz3), integral da força vertical e taxa de aplicação dessa força (LoadRate). A magnitude das forças foi também calculada em função do peso corporal dos participantes (PC). O efeito relativo da mochila (BPackW) foi calculado dividindo a diferença entre as condições com e sem mochila, pelo peso da mochila. Ambos os cálculos foram realizados para cada sujeito em cada valor recolhido, utilizando o SPSS. (Figura1).

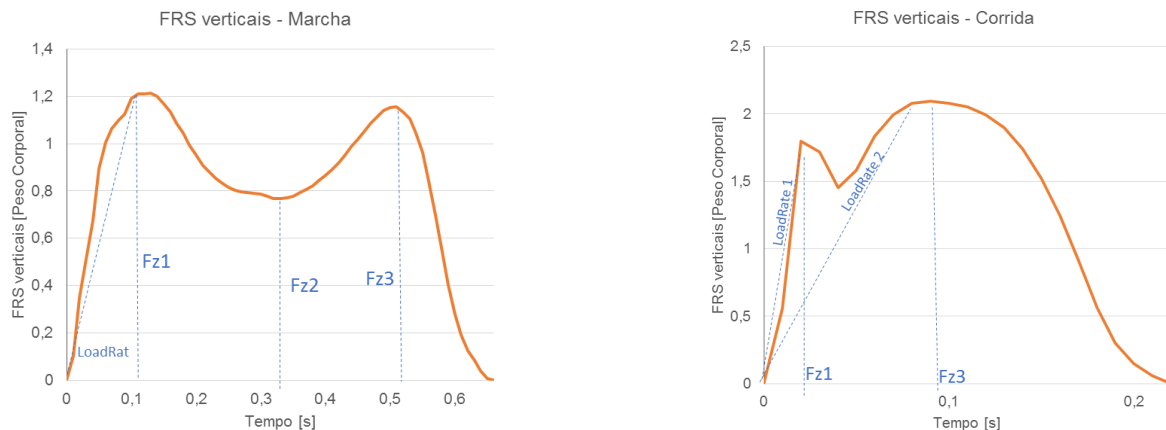


Figura. 1. Curva força/tempo típica (relativa a um dos participantes) durante a marcha (em cima) e a corrida (em baixo), sem mochila, demonstrando o primeiro pico (pico de impacto – Fz1), mínimo relativo (Fz2), segundo pico (Fz3) e taxa de aplicação de força (LoadRate).

RESULTADOS

Marcha

As cargas que os alunos normalmente transportam para a escola promoveram um aumento do tempo de apoio e afetaram profundamente todas as variáveis relacionadas com as FRS verticais. Os alunos do 5º ano, que são mais pequenos e mais leves e transportam uma carga superior (14.3% do PC), tiveram a sua marcha mais afetada. A magnitude do primeiro pico aumentou 17.3%, ($p < 0.001$, $d = 1.50$), do segundo pico aumentou 15.4% ($p < 0.001$, $d = 1.25$) e o mínimo relativo aumentou 14% ($p < 0.001$, $d = 0.78$). O integral total da FRS vertical sofreu um aumento de 20% ($p < 0.001$, $d = 2.64$). A taxa de aplicação de força desde o início do apoio até ao primeiro pico aumentou em 380N/s (11.1%; $p < 0.001$, $d = 0.35$).

Nestes alunos do 5º ano de escolaridade, o tempo total de apoio aumentou ($p = 0.001$, $d = 0.56$) sobretudo pelo aumento do tempo entre picos ($p = 0.009$, $d = 0.40$) e provavelmente com mais relevância da primeira parte deste período ($p = 0.088$), ou seja, o tempo entre o primeiro pico e o mínimo relativo. (Figura 2).

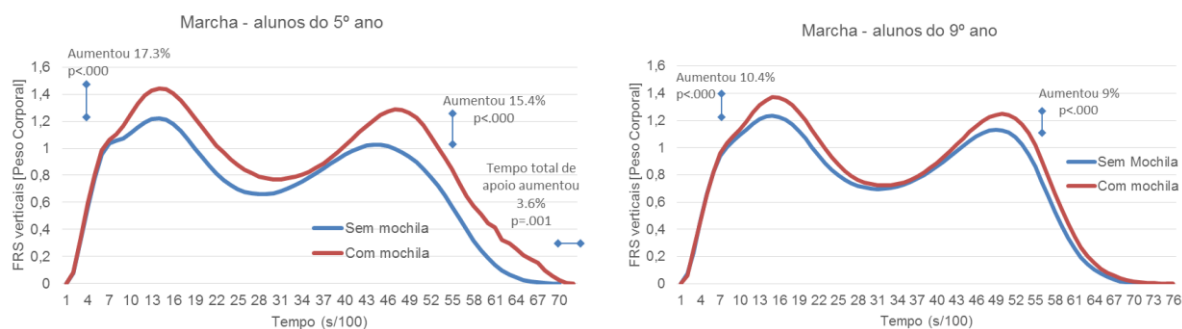


Figura 2. Curvas força/tempo representando a média dos valores dos alunos do 5º ano (em cima) e do 9º ano (em baixo), durante a marcha, com e sem mochila.

Os alunos mais velhos, do 9º ano, que transportavam menos peso, 8% do seu peso corporal (PC), não registaram diferenças nas variáveis temporais. Contudo, a carga transportada provocou aumentos em todas as variáveis relacionadas com as FRS. O primeiro pico aumentou 10.4% ($p < 0.001$, $d = 1.14$) e o segundo pico aumentou 9% ($p < 0.001$, $d = 1.27$). O aumento do mínimo relativo foi de apenas 3% o que representa apenas 28% da carga transportada ($p < 0.05$, $d = 0.26$). O integral total das forças aumentou 9% ($p < 0.001$, $d = 1.37$) e a taxa de aplicação de forças até ao primeiro pico aumentou em 360N/s (7.2%; $p = 0.17$, $d = 0.32$). (Tabela 1)

Corrida

Quando os alunos correram com a mochila, o tempo de apoio aumentou 15% ($p < 0.001$; $d = 1.60$) nos alunos do 5º ano e 8.5% ($p < 0.01$, $d = 0.94$) nos alunos do 9º ano. As variáveis relacionadas com as FRS foram afetadas de forma diferente relativamente à marcha: os valores pico não aumentaram e a taxa de aplicação de força diminuiu. Apenas o integral da força aumentou, 14% ($p < 0.001$, $d = 1.68$) e 9% ($p < 0.001$, $d = 1.26$), e ainda assim menos do que na marcha. (Figura 3 /Tabela 1)

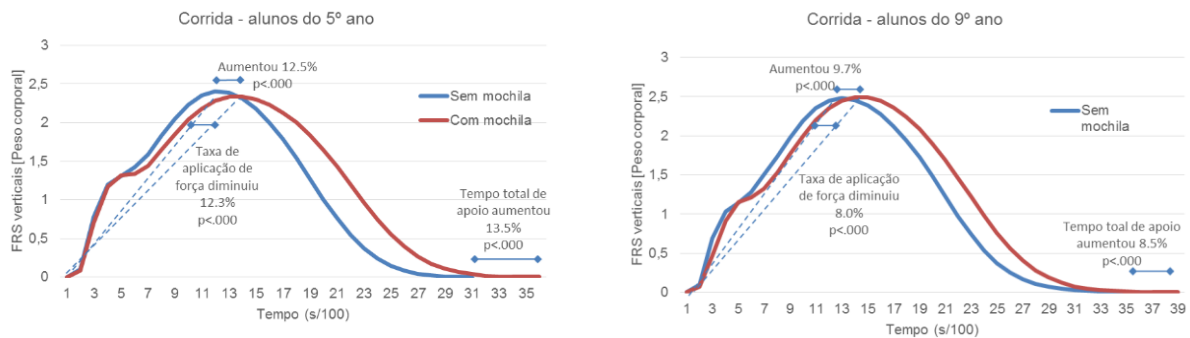


Figura 3. Curvas força/tempo representando a média dos valores dos alunos do 5º ano (em cima) e do 9º ano (em baixo). durante a corrida. com e sem mochila.

Tabela 1. Variáveis de tempo e força na marcha com e sem mochila – média (DP)

Marcha	5º ano				9º ano			
	Sem mochila	Com mochila	<i>p</i>	<i>d</i>	Sem mochila	Com mochila	<i>p</i>	<i>d</i>
Variáveis temporais (s)								
Tempo total de apoio	0.607 (0.056)	0.629 (0.05)	0.001	0.55	0.652 (0.04)	0.662 (0.038)	0.077	
Tempo para Fz1	0.130 (0.022)	0.136 (0.017)	0.188		0.144 (0.049)	0.144 (0.013)	1.000	
Tempo de Fz1 a Fz2	0.155 (0.031)	0.165 (0.025)	0.088		0.16 (0.075)	0.168 (0.017)	0.391	
Tempo de Fz2 a Fz3	0.175 (0.034)	0.178 (0.045)	0.696		0.183 (0.027)	0.183 (0.025)	0.925	
Tempo após Fz3	0.147 (0.019)	0.15 (0.019)	0.161		0.166 (0.033)	0.166 (0.019)	0.855	
Tempo entre picos	0.33 (0.035)	0.343 (0.037)	0.009	0.40	0.343 (0.08)	0.351 (0.023)	0.437	
FRS verticais (N)								
Primeiro pico-Fz1	433.01(108.29)	507.98(130.27)	0.000	1.50	695.74 (128.03)	768.37(150.18)	0.000	1.14
Primeiro pico-Fz1 (PC)	1.24 (0.11)	1.46 (0.14)	0.000	1.62	1.26 (0.14)	1.39 (0.16)	0.000	1.19
Fz1 BPackW*		1.53 (1.26)				1.65 (1.45)	0.030#	
Fz2	217.99 (51.87)	248.56 (44.67)	0.000	0.78	379.96 (86.17)	392.07 (89.62)	0.049	0.26
Fz2 (PC)	0.63 (0.1)	0.73 (0.13)	0.000	0.89	0.68 (0.08)	0.71 (0.09)	0.022	0.30
Segundo pico -Fz3	417.39 (63.57)	481.65 (94.61)	0.000	1.25	650.18 (116.3)	708.46 (131.45)	0.000	1.27
Segundo pico -Fz3 (PC)	1.22 (0.1)	1.4 (0.1)	0.000	1.52	1.18 (0.07)	1.28 (0.09)	0.000	1.34
Fz3 BPackW*		1.31 (0.16)				1.32 (0.13)		
MaxAbsl	446.06 (98.22)	520.92(125.04)	0.000	1.79	709.81(122.55)	774.42 (145.19)	0.000	1.07
MaxAbsl (PC)	1.29 (0.1)	1.5 (0.11)	0.000	2.33	1.3 (0.16)	1.42 (0.19)	0.000	1.11
Integral total	167.79 (37.35)	201.06 (43.95)	0.000	2.64	289.4 (62.75)	314.86 (66.83)	0.000	1.37
LoadRate (KN/s)	3.42 (1.05)	3.80 (1.12)	0.023	0.35	5.00 (0.98)	5.36 (1.05)	0.017	0.32
LoadRate (BW/s)	9.94 (2.77)	10.95 (1.95)	0.049	0.31	9.26 (2.06)	9.84 (1.64)	0.051	
Dif. MaxAbsl para Fz2	228.06 (86.06)	272.36 (124.55)	0.000	0.59	329.86 (102.25)	382.35 (136.24)	0.000	0.54

* BPackW = (Com mochila – Sem mochila) / Peso corporal

Tabela 2. Variáveis de tempo e força na corrida com e sem mochila – média (DP)

Corrida	5º ano				9º ano			
	Sem mochila	Com mochila	<i>p</i>	<i>d</i>	Sem mochila	Com mochila	<i>p</i>	<i>d</i>
Variáveis temporais (s)								
Tempo total de apoio	0.260 (0.026)	0.300 (0.027)	0.000	1.61	0.295 (0.031)	0.320 (0.029)	0.000	0.94
Tempo para Fz1	0.034 (0.010)	0.038 (0.010)	0.017	0.37	0.035 (0.011)	0.037 (0.010)	0.056	
Tempo para Fz2	0.112 (0.017)	0.126 (0.018)	0.000	0.74	0.124 (0.016)	0.136 (0.016)	0.000	0.76
Tempo entre picos	0.078 (0.012)	0.088 (0.016)	0.001	0.55	0.089 (0.014)	0.099 (0.016)	0.000	0.66
FRS verticais (N)								
Primeiro pico-Fz1	502.77 (191.88)	486.97 (152.16)	0.416		729.75 (210.28)	729.3 (219.93)	0.984	
Primeiro pico-Fz1 (PC)	1.46 (0.43)	1.41 (0.34)	0.444		1.36 (0.32)	1.35 (0.28)	0.811	
Segundo pico-Fz2	854.61 (159.96)	835.51 (170.55)	0.105		1395.71 (263.7)	1405.72 (290.71)	0.396	
Segundo pico-Fz2 (PC)	2.49 (0.19)	2.42 (0.18)	0.051		2.63 (0.52)	2.64 (0.48)	0.723	
MaxAbsl	854.61 (159.96)	835.9 (170.03)	0.110		1395.71 (263.7)	1405.72 (290.71)	0.396	
MaxAbsl (PC)	2.44 (0.19)	2.37 (0.17)	0.054		2.58 (0.51)	2.59 (0.47)	0.726	
LoadRate 1 (KN/s)	16.85 (10.25)	14.51 (7.41)	0.058		23.35 (10.85)	20.78 (7.28)	0.019	0.31
LoadRate 2 (KN/s)	7.71 (1.34)	6.76 (1.68)	0.000	0.56	11.51 (2.76)	10.59 (2.84)	0.000	0.53
Integral total	113.83 (31.05)	129.99 (30.34)	0.000	1.68	203.32 (41.29)	222.22 (44.77)	0.000	1.26

Salto

Aquando da receção ao solo depois de um salto, o integral de forças aumentou para ambos os grupos ($p=0.025$, $d=0.34$ e $p<0.001$, $d=0.62$); contudo, as restantes variáveis foram afetadas de forma díspar nos dois grupos: não foram registadas diferenças nos alunos do 5º ano enquanto que o tempo da receção ao solo dos alunos do 9º ano aumentou ($d=0.49$) e o pico de força diminuiu ligeiramente ($d=0.34$).

Tabela 3. Variáveis de tempo e força no salto com e sem mochila – média (DP)

Salto	5º ano		<i>p</i>	<i>d</i>	9º ano		<i>p</i>	<i>d</i>
	Sem mochila	Com mochila			Sem mochila	Com mochila		
Variáveis temporais (s)								
Tempo total de recepção	0.238 (0.157)	0.288 (0.189)	0.102		0.34 (0.165)	0.42 (0.139)	0.000	0.49
Tempo para pico de FRS	0.038 (0.018)	0.038 (0.017)	0.847		0.056 (0.02)	0.061 (0.02)	0.050	0.26
Variáveis de força (N)								
MaxAbsl	1783.9 (580.9)	1761.4 (627.5)	0.786		2474.5 (804.3)	2269.2 (659.4)	0.011	0.34
MaxAbs (PC)	5.14 (1.37)	5.05 (1.43)	0.699		4.49 (1.241)	4.122 (0.999)	0.011	0.34
LoadRate	61248 (42339)	61681 (39522)	0.944		58255 (49046)	46685 (40565)	0.072	
Integral total	144.25 (92.60)	178.52 (104.08)	0.025	0.34	308.97 (149.92)	387.96 (138.61)	0.000	0.62

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo perceber a influência das cargas transportadas nas mochilas escolares ao nível das FRS que os alunos estão sujeitos. Foi nossa intenção analisar a influência de cargas reais, transportadas por alunos portugueses, e por isso elas foram previamente avaliadas para que pudéssemos usar as cargas médias transportadas pelos alunos do 5º ano e do 9º ano numa escola pública do ensino básico ⁽¹⁾.

O transporte destas cargas afetou as FRS. Esta constatação é concomitante com o verificado em vários estudos ^(6, 10, 22-24, 29-31). Contudo, a forma como as FRS foram afetadas foi diferente entre os dois anos escolares e entre os tipos de locomoção. Durante a marcha, o uso da mochila pelos alunos do 5º ano induziu um prolongamento do tempo de apoio e um grande incremento dos picos de força e integral de forças. A magnitude do primeiro pico aumentou 17% e o segundo pico aumentou 15%. A taxa de aplicação de força, apesar do grande aumento da magnitude do primeiro pico, aumentou menos, 11%, o que representa um pequeno

incremento, justificado pelo prolongamento do tempo de apoio, que atenuou a taxa de aplicação da força. O integral total, influenciado pelo incremento dos picos de força e do tempo de apoio, aumentou 20%. Vale a pena recordar que os alunos do 5º ano transportavam 14.3% do PC e os alunos do 9º ano transportavam 8% do PC. Contudo, estes últimos também provocaram um grande aumento no primeiro pico de força, que aumentou 10%, o segundo pico aumentou 9% e a taxa de aplicação de força aumentou 7%.

Quando sem mochila, a magnitude do primeiro pico foi de cerca de 1.25 do PC para todos os alunos, o que está dentro de um intervalo de valores expectável⁽³²⁾. Contudo, com a mochila aos ombros, a magnitude do primeiro pico aumentou na razão de 1.5 vezes (alunos do 5º ano) e 1.6 vezes (alunos do 9º ano) o valor da carga adicionada. Isto significa que a carga adicionada na mochila teve o dobro da influência do que se essa mesma carga tivesse sido adicionada como peso corporal. Isto é, a magnitude do primeiro pico de força de um aluno de 50 kg com uma mochila de 5 kg deverá ser superior à de um aluno de 55 kg. Isto deve-se, provavelmente, às modificações na postura e no padrão de marcha [23] uma vez que a mochila não está completamente presa ao corpo, tendo centro de massa próprio e oscilações próprias. De acordo com a constatação acima, o primeiro pico de força num aluno do 5º ano será, aproximadamente, $1.24*PC+1.50*CargaMochila$ e $1.26*PC+1.65*CargaMochila$ para os alunos do 9º ano.

Curiosamente, a influência da mochila no primeiro pico foi superior nos alunos do 9º ano. Uma vez que os alunos do 5º ano transportavam cargas relativas muito superiores, tiveram a necessidade de diminuir a velocidade de deslocamento, o que está de acordo com estudos anteriores em que cargas relativas superiores diminuem a velocidade de marcha e aumentam o tempo de apoio^(6, 31). Provavelmente, essa foi a razão pela qual o incremento no primeiro pico foi maior nos alunos do 9º ano, já que velocidades superiores originam maiores incrementos nos picos das FRS^(32, 33). Com as elevadas cargas transportadas, as crianças do 5º ano terão ajustado inconscientemente as características da marcha, nomeadamente a velocidade e provavelmente a flexão do joelho⁽²²⁾ a fim de reduzir o incremento da magnitude das forças.

Já no segundo pico, a razão do incremento foi cerca de 1.3 vezes a carga adicionada, para ambos os grupos. Neste caso, a velocidade da marcha não teve

influência, o que não é surpreendente uma vez que a velocidade da marcha afeta mais o primeiro pico de forças do que o segundo ⁽³³⁾. Um incremento de 1.6 e 1.3 vezes a carga adicionada nos primeiro e segundo picos respetivamente, foi também verificada por Mosaad e Abdel-Aziem ⁽²³⁾, em que os alunos carregaram uma carga individual de 7.5% do PC, perto dos nossos alunos do 9ºano (8% do PC). Isto poderá indicar a possibilidade de prever o efeito nos picos das FRS sabendo qual a carga transportada, pelo menos em situações enquadradas numa “zona de conforto”, onde as crianças não tenham que ajustar o padrão de marcha.

Se durante a marcha todas as variáveis relacionadas com a magnitude das FRS aumentaram com a carga adicionada, durante a corrida os resultados encontrados mostraram uma realidade diferente. Os picos de força não aumentaram e a taxa de aplicação de força diminuiu. Isto deve ficar a dever-se, provavelmente, à grande diminuição verificada na velocidade, evidenciada pelo tempo de apoio. Durante a corrida, os alunos do 5º ano aumentaram o tempo de apoio em cerca de 15% quando comparado com a situação sem mochila, enquanto que os alunos do 9º ano aumentaram este tempo de apoio em 8%. Curiosamente, são os mesmos valores da carga relativa transportada. Esta constatação pode sugerir que as crianças, durante a corrida, tenham a necessidade em diminuir a velocidade de deslocamento na mesma proporção da carga relativa transportada. Isto poderá ficar a dever-se à necessidade de manter os níveis de FRS dentro de limites confortáveis ou simplesmente conter a oscilação da mochila, uma vez que durante a corrida, pelo fato de não estar completamente amarrada ao tronco, ela tende a manter um movimento dessincronizado com o corpo.

Parece ainda que, quando os alunos saltam, neste caso por cima de um obstáculo e com ambos os pés ao mesmo tempo, o acréscimo da mochila produz visíveis modificações no movimento. O incremento na flexão do joelho foi óbvio e originou um aumento do tempo de receção em cerca de 20% para que as crianças conseguissem atenuar o aumento dos níveis das FRS e limitar o desconforto da receção.

CONCLUSÃO

As cargas transportadas pelos alunos Portugueses nas suas mochilas afetaram profundamente as FRS. Durante a marcha, as cargas transportadas induziram grande incrementos nos picos das FRS e no seu integral. Esses incrementos foram superiores nos alunos do 5º ano uma vez que transportavam cargas relativas muito superiores. Além disso, estes alunos do 5º ano aumentaram o seu tempo de apoio, o que provavelmente lhes permitiu evitar um aumento maior destes picos de força. Em ambos os grupos, este aumento foi superior a 1.5 vezes a carga adicionada na mochila. Durante a corrida, quando transportavam a mochila, os alunos aumentaram o tempo de apoio proporcionalmente à carga relativa transportada, evitando o aumento nos picos das FRS. Na receção ao solo, depois de um salto com ambos os pés ao mesmo tempo, os alunos adaptaram o movimento prolongando-o em 20% a fim de poderem suavizar a receção, minimizando o aumento da magnitude das FRS. Este conhecimento vem reforçar a necessidade de se adotarem algumas das medidas já sugeridas, ou outras, que permitam limitar a carga transportada pelos alunos Portugueses. Por outro lado, partindo desta base de conhecimento, seria um desafio construtivo a adaptação da mochila escolar na tentativa de minimizar a sua influência, mantendo o padrão estético e funcional para que pudesse ser adotada pelos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barbosa, J., et al., *Schoolbag weight carriage in Portuguese children and adolescents: a cross-sectional study comparing possible influencing factors*. BMC Pediatrics, 2019. **19**(1): p. 157.
2. Pascoe, D.D., et al., *Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths*. Ergonomics, 1997. **40**(6): p. 631-41.
3. Chansirinukor, W., et al., *Effects of backpacks on students: measurement of cervical and shoulder posture*. Australian Journal of Physiotherapy, 2001. **47**(2): p. 110-6.
4. Hong, Y. and C.K. Cheung, *Gait and posture responses to backpack load during level walking in children*. Gait & Posture, 2003. **17**(1): p. 28-33.
5. Quesada, P.M., et al., *Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching*. Ergonomics, 2000. **43**(3): p. 293-309.
6. Chow, D.H., et al., *The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls*. Ergonomics, 2005. **48**(6): p. 642-56.
7. Kim, M.H., et al., *Changes in neck muscle electromyography and forward head posture of children when carrying schoolbags*. Ergonomics, 2008. **51**(6): p. 890-901.
8. Brackley, H.M., J.M. Stevenson, and J.C. Selinger, *Effect of backpack load placement on posture and spinal curvature in prepubescent children*. Work, 2009. **32**(3): p. 351-60.
9. Birrell, S.A. and R.A. Haslam, *The effect of load distribution within military load carriage systems on the kinetics of human gait*. Applied ergonomics, 2010. **41**(4): p. 585-90.
10. Castro, M., et al., *Ground reaction forces and plantar pressure distribution during occasional loaded gait*. Applied ergonomics, 2013. **44**(3): p. 503-9.
11. Song, Q., et al., *Effects of backpack weight on posture, gait patterns and ground reaction forces of male children with obesity during stair descent*. Research in Sports Medicine, 2014. **22**(2): p. 172-84.
12. Castro, M.P., et al., *The influence of gait cadence on the ground reaction forces and plantar pressures during load carriage of young adults*. Applied ergonomics, 2015. **49**: p. 41-6.

13. Knapik, J., E. Harman, and K. Reynolds, *Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects*. Applied ergonomics, 1996. **27**(3): p. 207-16.
14. Neuschwander, T.B., et al., *The effect of backpacks on the lumbar spine in children: a standing magnetic resonance imaging study*. Spine, 2010. **35**(1): p. 83-8.
15. Grimmer, K. and M. Williams, *Gender-age environmental associates of adolescent low back pain*. Applied ergonomics, 2000. **31**(4): p. 343-60.
16. Chiang, H.Y., K. Jacobs, and G. Orsmond, *Gender-age environmental associates of middle school students' low back pain*. Work, 2006. **26**(2): p. 197-206.
17. Sheir-Neiss, G.I., et al., *The association of backpack use and back pain in adolescents*. Spine, 2003. **28**(9): p. 922-30.
18. Haselgrove, C., et al., *Perceived school bag load, duration of carriage, and method of transport to school are associated with spinal pain in adolescents: an observational study*. Australian Journal of Physiotherapy, 2008. **54**(3): p. 193-200.
19. Chow, D.H., et al., *Short-term effects of backpack load placement on spine deformation and repositioning error in schoolchildren*. Ergonomics, 2010. **53**(1): p. 56-64.
20. Hong, Y., D.T. Fong, and J.X. Li, *The effect of school bag design and load on spinal posture during stair use by children*. Ergonomics, 2011. **54**(12): p. 1207-13.
21. Pau, M., et al., *Effects of backpack carriage on foot-ground relationship in children during upright stance*. Gait & Posture, 2011. **33**(2): p. 195-9.
22. Simpson, K.M., B.J. Munro, and J.R. Steele, *Effects of prolonged load carriage on ground reaction forces, lower limb kinematics and spatio-temporal parameters in female recreational hikers*. Ergonomics, 2012. **55**(3): p. 316-26.
23. Mosaad, D.M. and A.A. Abdel-Aziem, *Backpack carriage effect on head posture and ground reaction forces in school children*. Work, 2015. **52**(1): p. 203-9.
24. Birrell, S.A., R.H. Hooper, and R.A. Haslam, *The effect of military load carriage on ground reaction forces*. Gait & Posture, 2007. **26**(4): p. 611-4.
25. Voloshin, A., *Impact propagation and its effects on the human body*, in *Biomechanics in sport*. 2000, Blackwell Science Ltd. p. 577-587.

26. Gelalis, I.D., et al., *Loading rate patterns in scoliotic children during gait: the impact of the schoolbag carriage and the importance of its position*. European Spine Journal, 2012. **21**(10): p. 1936-41.
27. Zadpoor, A.A. and A.A. Nikooyan, *The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review*. Clinical Biomechanics, 2011. **26**(1): p. 23-8.
28. Faul, F., et al., *G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences*. Behav Res Methods, 2007. **39**(2): p. 175-91.
29. Liew, B., S. Morris, and K. Netto, *The Effect of Backpack Carriage on the Biomechanics of Walking: A Systematic Review and Preliminary Meta-Analysis*. Journal of Applied Biomechanics, 2016. **32**(6): p. 614-629.
30. Razali, R., et al., *Acceptable Load Carriage for Primary School Girls*. European Journal of Scientific Research, 2006. **15**(3): p. 396-403.
31. Ahmad, H.N. and T.M. Barbosa, *The effects of backpack carriage on gait kinematics and kinetics of schoolchildren*. Sci Rep, 2019. **9**(1): p. 3364.
32. Keller, T.S., et al., *Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1996. **11**(5): p. 253-259.
33. Schwartz, M.H., A. Rozumalski, and J.P. Trost, *The effect of walking speed on the gait of typically developing children*. J Biomech, 2008. **41**(8): p. 1639-50.