

## INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO NO DESEMPENHO DE VELOCIDADE NO RÚGBI EM CADEIRAS DE RODAS

### INFLUENCE OF ROLLING RESISTANCE ON SPEED PERFORMANCE IN WHEELCHAIR RUGBY, REGARDLESS OF FUNCTIONAL CLASSIFICATION

Saulo Fernandes Melo de Oliveira<sup>1</sup>, Lúcia Inês Guedes Leite de Oliveira<sup>2</sup> e Manoel da Cunha Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Recife-PE, Brasil.

#### RESUMO

Nosso objetivo foi verificar as possíveis associações entre o desempenho de velocidade e a resistência ao rolamento ( $R_{ROL}$ ) das cadeiras de rodas em atletas de rúgbi paralímpico. Dessa forma, 16 jogadores foram avaliados nos próprios locais de treinamento das equipes. Foram coletados massa corporal dos sujeitos e a massa das cadeiras de rodas, a  $R_{ROL}$  por um procedimento de campo e a velocidade pelo protocolo de *sprint* de 20 metros. Os dados foram analisados por meio de procedimentos de correlação de Pearson, correlação parcial e regressão linear simples. Os resultados demonstraram que há uma correlação negativa e significativa entre  $R_{ROL}$ , o desempenho no teste de velocidade de 20 metros ( $r = -0,825$ ,  $p < 0,001$ ;  $R^2 = 0,680$ ,  $p < 0,001$ ), e a potência propulsiva em 20 metros ( $r = 0,960$ ,  $p < 0,001$ ;  $R^2 = 0,922$ ,  $p < 0,001$ ). Após controle pela classificação funcional e a idade dos atletas, verificou-se que a  $R_{ROL}$  permaneceu correlacionando-se negativamente com o desempenho de velocidade ( $r = -0,790$ ,  $p = 0,001$ ;  $R^2 = 0,624$ ), e positivamente com a potência propulsiva ( $r = 0,963$ ,  $p < 0,001$ ;  $R^2 = 0,928$ ). Conclui-se que a  $R_{ROL}$  pode constituir-se em um elemento importante para controle do desempenho de velocidade no rúgbi em cadeiras de rodas, independente da classe funcional e da idade do atleta.

Palavras-chave: Esporte. Pessoas com deficiência. Ergonomia.

#### ABSTRACT

Our objective was to verify the associations between speed performance and wheelchair rolling resistance ( $R_{RES}$ ) in paralympic rugby athletes. Thus, 16 athletes were evaluated at the training sites of the teams. Weights of subjects and wheelchairs were collected,  $R_{RES}$  was evaluated by a field procedure and a speed by the 20-meter sprint test. Data were analyzed using Pearson's correlation procedure, partial correlation and simple linear regression. The results showed that there is a negative and significant correlation between  $R_{RES}$ , 20-meter sprint test ( $r = -.825$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .680$ ,  $p < .001$ ), and 20-meter propulsive power ( $r = .960$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .922$ ,  $p < .001$ ). After controlling for the functional classification and the age of the athletes, it was verified that  $R_{RES}$  remained negatively correlated with speed performance ( $r = -.790$ ,  $p = .001$ ,  $R^2 = .624$ ), and positively with 20-meter propulsive power ( $r = .963$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .928$ ). It is concluded that an  $R_{RES}$  can be an important element for the control of wheelchair-free speed performance, regardless of the functional class and age of the athlete.

**Keywords:** Sports. People with disabilities. Ergonomics.

#### Introdução

Por se tratar de uma modalidade esportiva coletiva, o rúgbi em cadeiras de rodas possui como característica a união de componentes técnicos, táticos, físicos e específicos de cada tipo de deficiência, ou classe funcional a que pertencem os atletas<sup>1,2</sup>. Todos esses fatores devem ser considerados no dia-a-dia do treinamento, para seleção de atletas e composição de cada equipe. Além desses aspectos, por ser uma modalidade em que a locomoção ocorre na cadeira de rodas, aspectos relacionados à interação entre o atleta e a sua cadeira ganham importância para o bom desempenho em quadra<sup>3</sup>.

Neste sentido, pensar um modelo ergonômico que possa ser o mais adequado para atender às necessidades dos atletas e sua adaptação à cadeira de rodas de competição, torna-se um desafio para técnicos e cientistas do esporte paralímpico. Nesse contexto, Mason, Goosey-

Tolfrey e Woude<sup>4</sup> propuseram um modelo teórico que explica, em linhas gerais, fatores que possam influenciar o desempenho esportivo de modalidades praticadas em cadeiras de rodas. Neste modelo, o conjunto constituído pelo atleta e sua cadeira esportiva (atleta+cadeira de rodas) geram uma série de outras variáveis que se somam para atuarem maximizando ou atenuando o desempenho dos atletas.

Do ponto de vista mecânico a resistência ao rolamento ( $R_{ROL}$ ), constitui-se na soma de todas as forças resistivas que podem interferir no deslocamento pra frente do conjunto sujeito+cadeiras de rodas<sup>5</sup>. Assim, autores<sup>6-8</sup> têm defendido que quaisquer alterações realizadas na ergonomia desse binômio têm o potencial de influenciar as forças de  $R_{ROL}$ . Para a sua medição em condições laboratoriais, recorre-se a testes de desaceleração, utilizando-se de dinamômetros específicos para cadeiras de rodas<sup>9</sup>, ou mesmo procedimentos em esteiras ergométricas adaptadas<sup>10</sup>. Até então, carecemos de estudos no sentido de verificar os fatores de influência sobre a  $R_{ROL}$  e sua relação com o desempenho no esporte. Porém, acredita-se que manter maiores níveis de insulflação dos pneus e reduzir a massa a ser transportada pelo conjunto sujeito+cadeira de rodas, podem reduzir os efeitos da  $R_{ROL}$ .

Pela dificuldade natural de acesso aos locais de avaliação experimental das cadeiras de rodas, um procedimento de campo pode ser empregado no intuito de avaliar grande número de atletas em menor tempo, por meio de um teste de desaceleração<sup>11</sup>. Embora seja um procedimento de campo que pode ser questionado, uma vantagem de realiza-lo em detrimento de outros protocolos reside na possibilidade de aplicação em terrenos distintos, fato recorrente no dia-da-dia de treinamento e competição. Infelizmente, até a presente data não encontram-se investigações que tenham verificado o impacto ou as associações existentes entre a  $R_{ROL}$  e quaisquer variáveis de desempenho presentes no rúgbi em cadeiras de rodas.

Em virtude da dinâmica da modalidade, atletas de rúgbi percorrem distâncias relativamente altas para os padrões das deficiências elegíveis para sua prática, ao passo que a natureza intermitente da modalidade<sup>12</sup> exige que os competidores executem *sprints*<sup>13,14</sup> e outras habilidades com uso de suas cadeiras de rodas esportivas, com o máximo de eficácia e, acima de tudo, em velocidades altas. Vale ressaltar que vencer constantemente os níveis de  $R_{ROL}$  durante o jogo, derivados principalmente da mecânica das cadeiras de rodas, constitui um desafio para atletas, em especial aqueles com limitações fisiológicas importantes<sup>15</sup>, e portanto com menores pontuações em termos de classificação funcional. Adicionalmente, não se sabe ao certo qual o nível de relação entre a  $R_{ROL}$ , o desempenho de velocidade no rúgbi em cadeiras de rodas e a classificação funcional dos atletas.

A partir dessas informações, a presente investigação teve como objetivo verificar as possíveis associações entre a  $R_{ROL}$  e o desempenho de velocidade em atletas de rúgbi em cadeiras de rodas, levando em conta a classificação funcional dos jogadores.

## Métodos

### *Desenho do estudo e amostra*

O presente estudo caracteriza-se pela sua natureza transversal, do tipo descritivo correlacional, sob abordagem quantitativa e a partir de dados primários<sup>16</sup>. Anteriormente às coletas de dados os treinadores foram contatados no sentido de permitirem a visita, de modo que não fossem comprometidas as sessões de treinamento. Aos atletas e comissão técnica foram proporcionadas explicações sobre todos os propósitos da pesquisa e seus procedimentos de coleta. Inicialmente foram coletadas as medidas de massa corporal e peso da cadeira de rodas,

por meio de pesagem por meio de uma balança suspensa tipo gancho (Kaber, Itália), e em seguida todos os atletas seguiram para avaliação da  $R_{ROL}$  e da velocidade de 20 metros. Todos os atletas utilizaram suas próprias cadeiras de rodas de competição, do mesmo modelo específico para a prática do rúgbi, com seus ajustes ergonômicos peculiares e acessórios de preferência. As quadras nas quais foram realizados os testes possuem piso de cimento. Todos os protocolos contidos na investigação foram devidamente registrados e receberam permissão do comitê de ética local para sua execução (Parecer nº 1.678.117).

Participaram do estudo 16 atletas experientes do gênero masculino, sendo 15 tetraplégicos (lesão medular cervical) e apenas um com paralisia cerebral, praticantes de rúgbi em cadeiras de rodas, e pertencentes à duas equipes que concordaram em participar dos estudos e que competem na primeira divisão do Campeonato Brasileiro de Rúgbi em Cadeiras de Rodas. Em virtude da característica da pesquisa, bem como o recrutamento de possíveis atletas elegíveis para participação, não foi possível realizar cálculo amostral *a priori*.

#### *Avaliação da resistência ao rolamento ( $R_{ROL}$ )*

Foi utilizado um procedimento de campo proposto por Vinet et al.<sup>17</sup>, e presente em estudos com atletas usuários de cadeiras de rodas<sup>11</sup>. Os atletas foram solicitados que impulsionem a sua cadeira de rodas esportiva por uma distância de 20 metros demarcada por cones, e dividida em duas fases de 10 metros cada. Os primeiros 10m foram utilizados para acelerar o conjunto “sujeito+cadeira de rodas”, e a segunda fase de 10m para manter uma velocidade constante. Uma vez que o voluntário ultrapassasse a marca de 20 metros, foi solicitado que ele parasse de tocar o aro propulsivo e ficasse imóvel na cadeira de rodas. O tempo necessário para cobrir os 10 metros a uma velocidade constante e o tempo decorrido até a cadeira de rodas desacelerar e parar foram medidos usando um cronômetro com uma precisão de 0,01 segundo. Em virtude da linearidade existente entre a velocidade e o tempo durante todo o protocolo e sendo a desaceleração constante, a  $R_{ROL}$  é considerada uma força constante calculada de acordo com a seguinte equação:

$$R_{ROL} = 10 \times (\text{peso do sujeito} \times \text{peso da cadeira}) / (\text{tempo de vel. constante} \times \text{tempo de desaceleração})$$

Em que  $R_{ROL}$  é a resistência ao rolamento em Newtons.

#### *Avaliação da velocidade e da potência propulsiva em 20 metros*

Para avaliar a velocidade optamos por utilizado o teste de 20 metros. Trata-se de um protocolo pertencente à bateria Beck para atletas de rúgbi em cadeiras de rodas<sup>18</sup>, e que foi validade no Brasil por Gorla et al<sup>19</sup>. Um percurso de 20 metros é delimitado por dois cones. O atleta posicionou-se com as rodas traseiras atrás do cone de partida, e ao sinal do avaliador percorreu essa distância na maior velocidade possível. A contagem do tempo foi acionada ao primeiro movimento do atleta e concluída assim que o mesmo ultrapassou a linha final com as duas rodas traseiras. O menor tempo gasto em segundos (0,01 segundo) entre duas tentativas foi considerado a medida da velocidade. Após a avaliação da velocidade procedemos o calculo da potência propulsiva em 20 metros, utilizando a equação:  $PO = T20 \cdot R_{ROL}$ , em que PO é a potência propulsiva em Watts, T20 é o resultado do teste de velocidade em 20 metros em segundos e  $R_{ROL}$  é a resistência ao rolamento em Newtons.

### Análise dos dados

Preliminarmente os dados foram analisados para verificação dos pressupostos de normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Assumindo este pressuposto, procedemos a descrição dos resultados por meio de medidas de tendência central e de variabilidade. No sentido de verificar associações entre as variáveis recorreu-se ao coeficiente de correlação de Pearson, e a correlação de Spearman, no caso de violação da condição de normalidade dos dados. Entendendo as possíveis influências da classificação funcional dos atletas sobre o desempenho atlético, conforme apontam investigações anteriores<sup>20,21</sup>, optamos por realizar um procedimento de correlação parcial<sup>22</sup> no sentido de minimizar os efeitos dessas variáveis nas relações encontradas.

De maneira complementar, procedemos a uma regressão linear simples no sentido de analisar o grau de dependência entre as variáveis de desempenho (tempo de potência em 20 metros) e a  $R_{ROL}$ . Por fim, em se tratando de uma amostra obtida por conveniência, fato que nos impossibilitou cálculos amostrais *a priori*, optamos por verificar os tamanhos dos efeitos das respectivas análises, que foram realizados por meio do software *G\*POWER* (Fraz Faul, Alemanha). Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando os softwares SPSS versão 20.0 (IBM, EUA), e *Graphpad Prism* versão 6.0 (Graphpad, EUA). Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

### Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os dados descritivos das características clínico-demográficas, de resistência ao rolamento e do desempenho de velocidade dos atletas.

**Tabela 1.** Dados descritivos dos sujeitos e das variáveis do estudo (n=16)

ID	Idade	TEL	Local	CF	MC	PCR	$R_{ROL}$	T20	P20
1	37,00	4,00	C6-C7	0,5	74,00	17,00	9,47	19,00	180,02
2	44,00	10,00	C7	1,5	93,00	17,00	35,71	10,00	357,14
3	41,00	7,00	C6-C7	2,0	71,00	19,00	21,80	12,00	261,63
4	31,00	10,00	C5-C6	2,5	78,00	21,00	16,48	14,00	230,77
5	33,00	11,00	C5-C6	0,5	65,00	19,00	15,42	13,00	200,48
6	29,00	9,00	C5-C6	0,5	60,00	17,00	15,46	13,00	201,04
7	34,00	15,00	C6	1,0	79,00	17,00	111,06	7,21	800,78
8	24,00	9,00	C8-T1	2,5	50,00	18,00	93,96	6,20	582,57
9	32,00	10,00	C5-C6	0,5	68,50	17,00	79,23	8,24	652,88
10	35,00	14,00	C5-C6	0,5	57,00	17,00	75,99	8,00	607,90
11	46,00	6,50	C7-T1	2,5	84,50	19,00	177,73	6,45	1146,39
12	18,00	18,00	PC	2,0	67,80	22,00	54,81	10,01	548,63
13	25,00	1,00	C6-C7	1,5	105,00	15,00	129,03	8,75	1129,03
14	30,00	11,00	C4-C5	0,5	75,00	16,00	51,00	10,56	538,58
15	28,00	8,00	C7-C8	3,0	75,00	19,00	159,46	5,69	907,31
16	44,00	22,00	C5-C6	1,5	75,00	22,00	95,57	7,99	763,64
Média	33,19	10,34	##	##	73,61	18,25	71,39	10,01	569,30
DP	7,83	5,12	##	##	13,40	2,05	53,34	3,52	320,36

**Legenda:** ID (número identificador do atleta); TEL (tempo de lesão, anos); Local (região da coluna lesionada); CF (classificação funcional, pontos); MC (massa corporal, quilogramas); PCR (peso da cadeira de rodas, quilogramas);  $R_{ROL}$  (resistência ao rolamento, Newtons); T20 (tempo de sprint em 20 metros, segundos); P20 (potência propulsiva em 20 metros, Watts); PC (paralisia cerebral); DP (desvio-padrão)

**Fonte:** Os autores

Na Tabela 2 é apresentada a matriz de correlação entre a  $R_{ROL}$  e as variáveis de desempenho juntamente com outras decorrentes das características clínico-demográficas dos atletas.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson e índices de determinação ( $R^2$ ) entre a resistência ao rolamento e as variáveis clínico-demográficas e de desempenho de velocidade (n=16)

Variável	r	r (p-valor)	$R^2$	$R^2$ (p-valor)	TE
Massa corporal (kg)	0,296	0,266	0,088	0,266	##
Idade (kg)	0,031	0,911	0,001	0,911	##
Tempo de lesão (anos)	-0,053	0,847	0,003	0,847	##
Classificação funcional (pontos) <sup>a</sup>	<b>0,482</b>	<b>0,061</b>	0,220	0,067	##
Peso da cadeira de rodas (kg)	-0,046	0,864	0,002	0,864	##
Tempo de sprint 20 metros (s)	-0,825	0,000	0,681	0,000	0,82
Potência propulsiva 20 metros (W)	0,960	0,000	0,922	0,000	0,95
<b>Modelos matemáticos ajustados segundo os melhores parâmetros analisados</b>					
Modelo matemático 1:	$T20 (s) = -0,5439 \times (R_{ROL}) + 13,89$				
Modelo matemático 2:	$PO20 (W) = 5,768 \times (R_{ROL}) + 15,75$				

**Legenda:** r (coeficiente de correlação de Pearson e Spearman);  $R^2$  (índice de determinação da regressão); TE (tamanho do efeito aplicado à correlação de Pearson e Spearman); T20 (tempo alcançado no teste de velocidade em 20 metros); PO20 (potência propulsiva alcançada no teste de velocidade em 20 metros); <sup>a</sup> análise inferencial realizada por meio da correlação de Spearman

**Fonte:** os autores

Após a análise dos coeficientes de correlação e de regressão (r e  $R^2$ ), verificou-se que apenas as variáveis de desempenho (tempo e potência propulsiva) avaliadas por meio do teste de velocidade de 20 metros, apresentaram associação negativa e significativa com a  $R_{ROL}$  ( $p < 0,001$ ), demonstrando uma relação inversamente proporcional entre o desempenho no teste de sprint e a  $R_{ROL}$ . Ainda assim, optamos por verificar o impacto da classificação funcional e da idade dos atletas sobre as associações reveladas. Na tabela 3 seguem os coeficientes de correlação parcial entre  $R_{ROL}$  e as variáveis de desempenho (tempo e potência propulsiva), ajustados pela classificação funcional e a idade.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação parcial ajustada pela classificação funcional e pela idade dos atletas entre a resistência ao rolamento, o tempo e a potência atingidos no teste de velocidade em 20 metros (n=16)

Variável	r	r (p-valor)	$R^2$	TE
Tempo de sprint 20 metros (s)	-0,790	0,001	0,624	0,78
Potência propulsiva 20 metros (W)	0,963	0,000	0,928	0,96

**Legenda:** r (correlação parcial);  $R^2$  (índice de determinação obtido na regressão); TE (tamanho do efeito aplicado à correlação parcial)

**Fonte:** Os autores

Após os ajustes realizados por meio da correlação parcial, verificou-se que a  $R_{ROL}$  permanece influenciando de maneira significativa o tempo de sprint e a potência propulsiva. Adicionalmente, a  $R_{ROL}$  foi capaz de explicar 60% ( $R^2 = 0,624$ ) do tempo alcançado do sprint e cerca de 93% ( $R^2 = 0,928$ ), da potência atingida em um teste de velocidade de 20 metros.

## Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar as possíveis associações entre a  $R_{ROL}$  e o desempenho de velocidade, medido por um teste de sprint de 20 metros, em atletas de rúgbi em cadeiras de rodas. Os principais resultados dessa investigação foram as correlações negativas significantes existentes entre  $R_{ROL}$  e o tempo, positivas entre e potência nos 20 metros ( $r = -0,825$  e  $-0,963$ , respectivamente). Adicionalmente, essas associações permaneceram significativas após os ajustes pela classificação funcional dos atletas. Dessa forma, podemos sugerir que a  $R_{ROL}$  influencia o desempenho de velocidade independente da classe funcional a que o atleta de rúgbi possa pertencer.

Outras pesquisas têm sugerido que a  $R_{ROL}$  é uma variável mecânica relacionada à economia de esforço em usuários de cadeiras de rodas, juntamente com outras características biomecânicas da propulsão manual, tais quais os padrões de movimento nos ciclos de propulsão/recuperação<sup>23,24</sup>, bem como as habilidades dos sujeitos em manobrar as cadeiras em diferentes situações da vida cotidiana<sup>25</sup>. Do ponto de vista da prática esportiva, sugere-se que a manutenção de níveis ótimos de resistência geral e localizada, no sentido de suportar os efeitos impostos pela  $R_{ROL}$ . Este fator poderia influenciar positivamente o desempenho em quadra, em virtude da possibilidade de manutenção de um maior número de sprints em um jogo, com maiores velocidades de deslocamento especialmente nos momentos de transição entre defesa e ataque<sup>26,27</sup>.

Nossos resultados contrariam algumas evidências anteriores, que reforçam a relação e dependência entre a classificação funcional e o desempenho esportivo. No que concerne ao rúgbi em cadeiras de rodas, sabe-se que atletas pertencentes às classes funcionais mais baixas (0,5 a 1,5), apresentam desempenhos inferiores aos atletas de classes funcionais altas (2,0 a 3,5)<sup>21,28</sup>. Cumpre destacar que atletas pertencentes às classes baixas comumente são alocados em posição de defesa. Já para o ataque, são disponibilizadas funções ofensivas, muito em virtude da mobilidade e controle das regiões do tronco e punho<sup>26</sup>. Existe uma distinção clara, prevista em regra, entre as cadeiras de defesa e ataque, podendo causar inclusive diferenças substanciais na distribuição do seu peso.

Ainda assim, os resultados do presente estudo não permitem analisar tal influência, tendo vista que outros fatores podem influenciar na massa das cadeiras, tais como o tipo dos materiais utilizados para fabricação e os acessórios utilizados pelos atletas para sua fixação e ergonomia. Cumpre destacar que todos os atletas avaliados utilizaram cadeiras de rodas de competição e, portanto, similares em relação a sua ergonomia e o material usado para sua fabricação.

Outro fator importante que deve ser destacado são as diferenças encontradas nos valores de  $R_{ROL}$  obtidos no presente estudo, em relação aos estudos anteriores<sup>11,17</sup>. Não sabemos ao certo os motivos de tais diferenças, contudo, acreditamos que as especificidades encontradas nas cadeiras de rodas de rúgbi, em especial as carenagens que protegem dos impactos durante as partidas e sessões de treinamento, possam influenciar o massa absoluta das cadeiras, além da distribuição do peso do conjunto sujeito+cadeira, especialmente por atletas com capacidades de movimentação e equilíbrio sentado distintos<sup>6,29</sup>. Por sua vez, essas alterações também podem influenciar a relação entre tempo de velocidade constante e, sobretudo, o tempo de desaceleração.

Ao observarmos os valores dos índices de determinação obtidos após a análise de regressão, tanto para o tempo quanto para a potência nos 20 metros, percebe-se que foram considerados altos e significativos ( $R^2 = 0,62$  e  $0,92$ , respectivamente). Tais resultados demonstram o grau de dependência existente entre a  $R_{ROL}$  e o desempenho no teste de

velocidade em linha reta. Dessa forma, verifica-se que a  $R_{ROL}$  possui um poder explicativo de cerca de 60% para o tempo e de 92% para a potência na amostra estudada. Dessa forma, podemos inferir que outras variáveis podem influenciar o desempenho de velocidade em jogadores de rúgbi em cadeiras de rodas. Conforme relatado anteriormente, têm sido demonstrado que atletas com maior mobilidade e controle de membros superiores e tronco, e portanto, pertencentes a menores classes funcionais, apresentam resultados inferiores aos seus congêneres de classe funcional mais elevada.

Não sabemos ao certo quais os motivos que levaram a correlações negativas entre a  $R_{ROL}$  e o desempenho de velocidade. Contudo, em estudo recente, Teran e Ueda<sup>29</sup>, demonstraram que a resistência ao rolamento tende a aumentar de maneira proporcional à velocidade de deslocamento à frente. Segundo os autores, os resultados confirmam a conclusão de outros pesquisadores de que a  $R_{ROL}$  além de aumentar com a velocidade, também aumenta significativamente com a aceleração em uma cadeira de rodas manual. Embora não hajam evidências que suportem as reais influências de parâmetros externos nos valores de  $R_{ROL}$ , especialmente no esporte, estudos anteriores têm apontado para uma influência importante do nível de estabilidade sentado<sup>6</sup>, o tipo de pneu e o nível de insuflação<sup>30</sup> e o tipo de piso usado para locomoção<sup>7</sup>.

Outra característica que pode estar influenciando as associações negativas entre  $R_{ROL}$  e o tempo de sprint podem estar relacionadas ao treinamento dos atletas. É comum em sessões de exercício em quadra, tendo como foco o aprimoramento da força e resistência musculares, atletas realizarem sessões funcionais com deslocamento de cargas e exercícios realizados contra resistência de elásticos, cordas, pneus e similares. Dessa forma, independente das classes funcionais dos jogadores, vencer resistências específicas, principalmente nos deslocamentos realizados em linha reta, podem ser habilidades requeridas e familiares no cotidiano das equipes, forçando os atletas a desempenharem seus melhores resultados quando submetidos a resistências maiores.

Neste sentido, acreditamos que avaliar a  $R_{ROL}$  nas rotinas de treinamento poderia ser um procedimento recorrente no dia-a-dia das equipes, especialmente no que concerne à manutenção das cadeiras de rodas, pressão dos pneus e conservação de suas estruturas. Algumas limitações podem ser destacadas neste estudo. O teste utilizado para avaliar o desempenho de velocidade, muito embora validado no Brasil, não permite verificar pequenas variações de aceleração normalmente apresentadas em atletas de cadeiras de rodas. Outros estudos utilizam células fotoelétricas para minimizar esses efeitos. Tais efeitos puderam influenciar a manutenção da velocidade constante especialmente no protocolo de resistência ao rolamento.

As cadeiras de rodas dos atletas não foram avaliadas no que concerne ao estado dos materiais, especialmente os seus rolamentos e anti-tips. Trata-se de uma dificuldade concernente ao dia-a-dia de treinamento em todas as equipes de rúgbi em cadeiras de rodas do Brasil. Ainda assim, todos os procedimentos utilizados na presente investigação encontram-se alinhados com a maior parte da literatura mundial sobre a modalidade. Finalmente, recomendamos que estudos posteriores possam ser conduzidos no sentido de verificar possíveis influências exercidas por características ergonômicas sobre outras variáveis de desempenho, quer sejam biomecânicas, fisiológicas ou de habilidade específicas da modalidade.

## Conclusões

Concluimos que a  $R_{ROL}$  possui associação negativa com o desempenho de sprint em atletas de rúgbi em cadeiras de rodas, independente da classe funcional do praticante.

Portanto, minimizar os efeitos dessa variável mecânica pode se constituir em uma vantagem competitiva importante para o desempenho na modalidade. Recomenda-se que outros esportes praticados em cadeiras de rodas, tais quais o basquetebol, o handebol e o tênis, observem não só a  $R_{ROL}$ , mas também outras variáveis mecânicas potencialmente influenciadoras dessa condição, sendo incluídas em futuras investigações e nas rotinas de treinamento dos atletas.

## Referências

1. Vanlandewijck YC, Thompson WR. The paralympic athlete: handbook of sports medicine and science. Oxford, UK: Wiley-Blackwell; 2011. DOI: 10.1002/9781444328356.
2. Goosey-Tolfrey VL, Leicht C. Field-based physiological testing of wheelchair athletes. *Sports Med* 2013;43(2):77–91. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181c67d82.
3. Cooper RA, De Luigi AJ. Adaptive Sports Technology and Biomechanics: Wheelchairs. *Pm&R* 2014;6(8):S31–9. DOI: 10.1016/j.pmrj.2014.05.020.
4. Mason BS, Woude LH V, Goosey-Tolfrey VL. The ergonomics of wheelchair configuration for optimal performance in the wheelchair court sports. *Sport Med* 2013;43:23–38. DOI: 10.1007/s40279-012-0005-x.
5. Sauret C, Bascou J, Saint RN, Pillet H, Vaslin P, Lavaste F. Assessment of field rolling resistance of manual wheelchairs. *J Rehabil Res Dev* 2012;49(1):63. DOI: 10.1682/JRRD.2011.03.0050.
6. Lemaire ED, Lamontagne M, Barclay HW, John T, Martel G. A technique for the determination of center of gravity and rolling resistance for tilt-seat wheelchairs. *J Rehabil Res Dev* 2014;28(3):51. DOI: 10.1682/JRRD.1991.07.0051
7. Chua JJC, Fuss FK, Subic A. Rolling friction of a rugby wheelchair. *Procedia Eng* 2010;2(2):3071–6. DOI: 10.1016/j.proeng.2010.04.113
8. Theisen D, Francaux M, Fayt A, Sturbois X. A new procedure to determine external power output during handrim wheelchair propulsion on a roller ergometer: a reliability study. *Int J Sports Med* 1996;17(8):564–71.
9. Digiovine C, Cooper R, Boninguer M. Dynamic calibration of a wheelchair dynamometer. *J Rehabil Res Dev* 2001;38(1):41-56.
10. Groot S, Zuidgeest M, Woude LHV. Standardization of measuring power output during wheelchair propulsion on a treadmill Pitfalls in a multi-center study. *Med Eng Phys* 2006;28(6):604–12. DOI: 10.1016/j.medengphy.2005.09.004
11. Vinet A, Le Gallais D, Bouges S, Bernard P-L, Poulain M, Varray A, et al. Prediction of  $VO_{2peak}$  in wheelchair-dependent athletes from the adapted Léger and Boucher test. *Spinal Cord* 2002;40(10):507–12. DOI: 10.1038/sj.sc.3101361
12. Campana MB, Gorla JI, Duarte E, Scaglia AJ, Tavares MdCCF, De Barros JF. O Rugby em Cadeira de Rodas: Aspectos técnicos e táticos e diretrizes para seu desenvolvimento. *Motriz Rev Educ Fis* 2011;17(4):748–57. DOI: 10.1590/S1980-65742011000400020
13. Mason BS, Woude LHV, Goosey-Tolfrey VL. Influence of Glove Type on Mobility Performance for Wheelchair Rugby Players. *Am J Phys Med Rehabil* 2009;88(7):559–70. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181aa41c5
14. Barfield JP, Malone LA. Performance Test Differences and Paralympic Team Selection: Pilot Study of the United States National Wheelchair Rugby Team. *Int J Sports Sci Coach* 2012;7(4):715–20. DOI: 10.1260/1747-9541.7.4.715
15. Leicht CA, Bishop NC, Goosey-Tolfrey VL. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 2012;22(6):729–36. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2011.01328.x
16. Thomas J, Nelson J, Silverman S. Métodos de pesquisa em atividade física. 2.ed. Artmed; 2002.
17. Vinet A, Bernard PL, Ducomps C, Selchow O, Le Gallais D, Micallef JP. A field deceleration test to assess total wheelchair resistance. *Int J Rehabil Res* 1998;21(4):397–401.
18. Yilla AB, Sherrill C. Validating the Beck Battery of Quad Rugby Skill Tests. *Adapt Phys Act Q* 1998; 15(2):155–67. DOI: 10.1123/apaq.15.2.155
19. Gorla JI, Costa e Silva AA, Costa LT, Campos LFCC. Validação da bateria Beck de testes de habilidades para atletas brasileiros de rugby em cadeira de rodas. *Rev Bras Educ Física e Esporte* 2011;25(3):473–86. DOI: 10.1590/S1807-55092011000300011



20. Sarro KJ, Misuta MS, Malone L, Burkett BMR, Barros L, et al. Correlation Between Functional Classification and Kinematical Variables in Elite Wheelchair Rugby Players. *Science. International Symposium of Biomechanics in Sports*. 2008;5–6.
21. Rhodes JM, Mason BS, Malone LA, Goosey-Tolfrey VL. Effect of team rank and player classification on activity profiles of elite wheelchair rugby players. *J Sports Sci* 2015;04(14):1–9. DOI: 10.1080/02640414.2015.1028087
22. Field A. *Descobrimos a estatística usando o SPSS*. Bookman; 2009.
23. Vanlandewijck Y, Theisen D, Daly D. Wheelchair propulsion biomechanics: implications for wheelchair sports. *Sports Med* 2001;31(5):339–67. DOI: 10.2165/00007256-200131050-00005
24. Starrs P, Chohan A, Fewtrell D, Richards J, Selfe J. Biomechanical differences between experienced and inexperienced wheelchair users during sport. *Prosthet Orthot Int* 2012;36(3):324–31. DOI: 10.1177/0309364612448807
25. Robertson SJ, Burnett AF, Cochrane J. Tests examining skill outcomes in sport: A systematic review of measurement properties and feasibility. *Sport Med* 2014;44(4):501–18. DOI: 10.1007/s40279-013-0131-0
26. Molik B, Lubelska E, Kosmol A, Bogdan M, Yilla AB, Hyla E. An examination of the international wheelchair rugby federation classification system utilizing parameters of offensive game efficiency. *Adapt Phys Act Q* 2008;25(4):335–51.
27. Usma-Alvarez CC, Fuss FK, Subic A. Effects of rugby wheelchair design on output velocity and acceleration. *Procedia Eng* 2011;13:315–21. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.05.091
28. Molik B, Kosmol A, Morgulec-Adamowicz, N Laskin, JJ Jezior, T Patrzalek M. Game Efficiency of Elite Female Wheelchair Basketball Players During World Championships (Gold Cup) 2006. *Eur J Adapt Phys Act* 2009;2(2):26–38.
29. Kwarcia AM, Yarossi M, Ramanujam A, Dyson-Hudson TA, Sisto SA. Evaluation of wheelchair tire rolling resistance using dynamometer-based coast-down tests. *J Rehabil Res Dev* 2009;46(7):931. DOI: 10.1682/JRRD.2008.10.0137
30. Teran E, Ueda J. Influence of rolling resistance on manual wheelchair dynamics and mechanical efficiency. *Int J Intell Robot Appl* 2017;1(1): 55-73. DOI: 10.1007/s41315-016-0007-1

**ORCID dos autores:**

Saulo Fernandes Melo de Oliveira: 0000-0002-4402-1984

Lúcia Inês Guedes Leite de Oliveira: 0000-0002-5515-677X

Manoel da Cunha Costa: 0000-0001-8815-8846

Recebido em 18/04/17.

Revisado em 28/05/18.

Aceito em 09/07/18.

---

**Endereço para correspondência:** Saulo Fernandes Melo de Oliveira. Rua alto do reservatório, s/nº, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, CEP 55608-680. E-mail: saulofmoliveira@gmail.com