

A relação entre classificação funcional, força muscular de membros superiores e agilidade de atletas do rúgbi em cadeira de rodas

Relationship between functional classification, upper extremity muscle strength, and agility in wheelchair rugby athletes

La relación entre la clasificación funcional, la fuerza muscular de las extremidades superiores y la agilidad de los deportistas de rugby en silla de ruedas

Matheus Emiliano Silva¹, Gustavo Nunes Tasca Ferreira², Eduardo Stieler³, Renato de Carvalho Guerreiro⁴, Marco Tulio de Mello⁵, Andressa Silva⁶

RESUMO | O objetivo do estudo foi comparar a força e a agilidade de atletas do rúgbi em cadeira de rodas (RCR) por meio de diferentes classificações funcionais (CFs), bem como descrever a relação da agilidade com a força muscular isométrica (FMI) de membros superiores. Foram analisados 10 atletas de RCR, divididos em dois grupos: Grupo 1 (G1): CF 0,5 e 1,0; e Grupo 2 (G2): CF 1,5 a 2,5. A FMI foi avaliada pela dinamometria, e a agilidade pelo teste em ziguezague. A correlação de Spearman foi utilizada para descrever a relação entre a FMI e o desempenho no teste de agilidade, enquanto o teste t foi usado para comparar a força e a agilidade entre as diferentes CFs ($p \leq 0,05$). A FMI dos extensores do ombro foi maior no G2 ($p=0,001$; $d=3,10$), que também se mostrou mais ágil que o G1 ($G1=23,66s > G2=17,55s$; $p=0,015$; $d=2,00$). Verificou-se a correlação entre força muscular bilateral de extensores de ombro e agilidade em ambos os grupos ($r=-0,721$; $p=0,019$). Atletas com pontuação alta na CF são mais ágeis comparados a atletas com pontuações baixas e, portanto, apresentam maior velocidade de deslocamento

ao executar as tarefas do RCR. Maior força muscular dos extensores de ombro é associada à maior agilidade em atletas do RCR.

Descritores | Paratletas; Cadeiras de Rodas; Força Muscular.

ABSTRACT | This study aimed to compare the strength and agility of wheelchair rugby (WR) athletes with different functional classifications (FC) and describe the relationship between agility and upper extremity isometric muscle strength (IMS). A total of 10 WR athletes were analyzed, divided into two groups: Group 1 (G1): FC 0.5 and 1.0; and Group 2(G2): FC 1.5 to 2.5. IMS was evaluated by a dynamometer, and agility by a zig-zag test. Spearman's correlation was used to describe the relationship between IMS and performance on the agility test. In contrast, the t-test was used to compare strength and agility between different FCs ($p \leq 0.05$). Shoulder extensor IMS was higher in G2 athletes ($p=0.001$; $d=3.10$), which were also more agile than G1 athletes ($G1=23.66s > G2=17.55s$; $p=0.015$; $d=2.00$). Both groups showed a correlation between bilateral

Trabalho apresentado no I Webnário Paradesportivo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 24 e 25 de outubro de 2020.

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil; Faculdade de Saúde e Ecologia Humana (FASEH) – Vespasiano (MG), Brasil. E-mail: matheus95emiliano@gmail.com. ORCID-0000-0001-7176-564X

²Faculdade de Saúde e Ecologia Humana (FASEH) – Vespasiano (MG), Brasil. E-mail: gustavonunestasca@gmail.com. ORCID-0000-0002-9204-5681

³Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil; Academia Paralímpica Brasileira (APB) – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: eduardostieler@hotmail.com. ORCID-0000-0002-0637-6709

⁴Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: guerreirorenato@hotmail.com. ORCID-0000-0001-6419-0489

⁵Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil; Academia Paralímpica Brasileira (APB) – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: tmello@demello.net.br. ORCID-0000-0003-3896-2208

⁶Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil; Academia Paralímpica Brasileira (APB) – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: andressa@demello.net.br. ORCID-0000-0001-8155-4723

Endereço para correspondência: Andressa Silva – Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte (MG), Brasil – CEP: 31270-901 – E-mail: andressa@demello.net.br – Fonte de financiamento: nada a declarar – Conflito de interesses: nada a declarar – Apresentação: 16 fev. 2022 – Aceito para publicação: 2 mar. 2023 – Aprovado pelo Comitê de Ética: Protocolo nº 3.655.217.

shoulder extensor strength and agility ($r=-0.721$; $p=0.019$). Athletes with high FC scores are more agile than athletes with low scores and, therefore, have greater movement speed when performing WR tasks. Greater shoulder extensor muscle strength is associated with greater agility in WR athletes.

Keywords | Para-Athletes; Wheelchairs; Muscle Strength.

RESUMEN | El objetivo de este estudio fue comparar la fuerza y la agilidad de los deportistas de rugby en silla de ruedas (RSR) desde diferentes clasificaciones funcionales (CF), así como describir la relación entre la agilidad y la fuerza muscular isométrica (FMI) de las extremidades superiores. Se evaluaron a diez deportistas RSR en dos grupos: Grupo 1 (G1): CF 0,5 y 1,0; y Grupo 2 (G2): CF 1,5 a 2,5. En la evaluación de la FMI se utilizó la dinamometría; y en la evaluación de la agilidad, la prueba de

zigzag. La correlación de Spearman se utilizó para describir la relación entre la FMI y el rendimiento en la prueba de agilidad, mientras que la prueba t se utilizó para comparar la fuerza y la agilidad entre las diferentes CF ($p \leq 0,05$). La FMI de los extensores del hombro fue mayor en el G2 ($p=0,001$; $d=3,10$), y este también fue más ágil que el G1 ($G1=23,66s > G2=17,55s$; $p=0,015$; $d=2,00$). Hubo una correlación entre la fuerza muscular bilateral de los extensores del hombro y la agilidad en ambos grupos ($r=-0,721$; $p=0,019$). Los deportistas con altas puntuaciones de CF fueron los más ágiles en comparación con aquellos con bajas puntuaciones, por lo tanto, se constata que tienen una mayor velocidad de desplazamiento en la realización de tareas de RSR. Una mayor fuerza muscular de los extensores de hombro se asocia con una mayor agilidad en los deportistas RSR.

Palabras clave | Paratletas; Silla de Ruedas; Fuerza Muscular.

INTRODUÇÃO

Atualmente os esportes em cadeira de rodas têm se popularizado, tornando a prática esportiva entre pessoas com deficiência mais procurada tanto por novos adeptos quanto por espectadores. Nesse contexto, a busca pelo alto rendimento esportivo evidencia a necessidade de compreender os fatores que influenciam o desempenho dos atletas nas modalidades¹⁻³.

Dentre as modalidades adaptadas para pessoas com deficiência física que utilizam cadeira de rodas, o rúgbi em cadeiras de rodas (RCR) é uma modalidade paralímpica de esporte coletivo desenvolvido para atletas com lesão medular (tetraplégicos), paralisia cerebral, amputações múltiplas e doenças neuromusculares. Para uma competição mais justa, os atletas são alocados em classes funcionais (CFs), que levam em consideração suas características físicas individuais, bem como as específicas do esporte. A pontuação decorrente da classificação funcional varia entre 0,5 (maiores comprometimentos) e 3,5 (menores comprometimentos)⁴.

Estudos sugerem que jogadores com maior pontuação apresentam melhor desempenho ao executar as tarefas do RCR. Essa relação entre CF e desempenho pode ser atribuída à maior estabilidade de ombro e à capacidade de movimentos de tronco, punho e mão^{5,6}, habilidades que interferem diretamente na técnica de propulsão da cadeira de rodas, equilíbrio e ritmo e, conseqüentemente, afetam o desempenho esportivo⁷. Durante a execução do movimento de propulsão, ocorre a

ativação conjunta dos músculos dos membros superiores, principalmente do complexo do ombro. Os flexores do ombro são músculos primários durante o estágio de propulsão da cadeira; e os extensores do ombro são dominantes no estágio de retorno, havendo aumento da co-contracção dos músculos do ombro durante a transição entre as fases de propulsão e desaceleração da cadeira de rodas⁸.

A propulsão no RCR tem como finalidades principais a aceleração, o sprint, a frenagem, o giro e o bloqueio, sendo que, em todos esses gestos esportivos, a força e o controle neuromuscular são primordiais. Para avaliação da força muscular de membros superiores, como as do ombro e do cotovelo, pode ser utilizada a dinamometria manual^{9,10}, método de baixo custo e fácil aplicação, com confiabilidade e validade testadas na população de atletas cadeirantes^{11,12}. Além disso, apresenta alta eficácia, concorrente com a dinamometria isocinética¹³.

Nesse sentido, pesquisadores têm investigado as cargas mecânicas impostas sobre os membros superiores de cadeirantes¹⁴ e suas inúmeras variações conforme a tarefa, o ambiente, o indivíduo e a presença ou não de lesão¹⁵, fadiga muscular¹⁶ ou dor¹⁷. Entretanto, os estudos aplicam testes em ambiente laboratorial com equipamentos que não são acessíveis às equipes técnicas na prática. Portanto, este estudo teve como objetivo comparar a agilidade de atletas de RCR de diferentes pontuações na CF e investigar a relação da agilidade com a FMI de flexores, extensores e abdutores do ombro e de flexores e extensores de cotovelo.

METODOLOGIA

Aspectos éticos

Todos os atletas assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foram devidamente informados dos riscos e dos benefícios do estudo.

Crítérios de seleção

Foram considerados para a pesquisa os atletas que já haviam passado por um processo de classificação funcional conduzido por avaliadores oficiais; e que competem em nível nacional e/ou internacional.

Foram excluídos da amostra os atletas em tratamento médico de disfunções musculoesqueléticas dos membros superiores e os que relatassem ter sofrido lesão de membro superior que demandou afastamento da rotina de treino nas seis semanas anteriores. E, ainda, quaisquer atletas que apresentassem, no dia dos testes, pelo menos um dos seguintes sinais clínicos no exame físico realizado pelo fisioterapeuta da equipe: dor de qualquer intensidade durante a abdução, a flexão e a extensão ativa resistida de ombro; dor de qualquer intensidade durante a flexão e a extensão ativa resistida de cotovelo; ou sinais flogísticos em membros superiores (rubor, calor, edema, disfunção).

Definição da amostra

A amostragem foi por conveniência e participaram 10 atletas integrantes de uma equipe de RCR, tetraplégicos, com lesão medular, sendo quatro atletas com lesão cervical nível 5 (C5), três C6, dois C7 e um C8. O tempo médio de lesão medular foi de $10,9 \pm 4,5$ anos; a faixa etária dos pesquisados de $33,8 \pm 6,3$ anos; e tempo de prática esportiva de $7,4 \pm 2,2$ anos. Quanto à pontuação na CF, quatro atletas tinham pontuação 0,5; um atleta 1,0; um atleta 1,5; dois atletas 2,0; e dois atletas 2,5.

Desenho do estudo

Inicialmente foi aplicado um questionário sociodemográfico para coletar informações descritivas da amostra, e, na sequência, os atletas se equiparam com os aparatos de treino e utilizaram a cadeira de rodas específica para a prática do RCR. Eles foram, então, orientados pelo treinador da equipe a realizar um aquecimento de treino habitual, com três minutos

de exercícios educativos para membros superiores e sete minutos tocando a cadeira em velocidade moderada. Após o aquecimento, os atletas tiveram dois minutos para hidratação, e, em seguida, os testes de força isométrica foram realizados conforme descrito na seção a seguir. Todos os voluntários executaram o teste aplicado pelo mesmo avaliador e descansaram por cinco minutos antes de realizar o teste de agilidade.

Teste de força muscular isométrica (FMI)

Para a avaliação da FMI, foi utilizado o dinamômetro manual MicroFET2 (HHD, Hoggan Health indústrias, Draper, UT, EUA), por meio do qual foram analisados os valores de pico da força isométrica.

O teste de FMI consistiu na execução de três contrações isométricas máximas de flexores, extensores e abdutores de ombro e de flexores e extensores de cotovelo por três segundos, com intervalos de 10 segundos de repouso entre elas¹². O descanso entre os grupos musculares foi padronizado em um minuto¹², e, para análise dos dados, foi considerada a média das três tentativas. Os valores de força bilateral foram obtidos através da soma dos resultados de ambos os membros superiores dividido por dois.

Quanto ao posicionamento do voluntário na cadeira, as correias estabilizadoras foram verificadas e a cadeira de rodas de treinamento foi travada. O participante foi orientado a realizar força isométrica contra a mão do avaliador para a confirmação da compreensão do teste. O avaliador instruiu o participante em relação ao posicionamento do membro superior testado, do braço contralateral e do tronco, a fim de evitar estratégias compensatórias.

Para FMI de abdutores do ombro, o braço foi posicionado alinhado ao tronco e com discreta abdução, simulando o contato da mão com o aro da cadeira de rodas; o cotovelo permaneceu em extensão completa; e o dinamômetro foi posicionado em contato com a face posterior distal do punho mantido em neutro (Figura 1A). Para FMI de flexores do ombro, o braço teve o posicionamento mantido, enquanto a superfície circular do dinamômetro foi posicionada em contato com a face posterior distal do antebraço, próxima ao punho em posição neutra (Figura 1B). Para FMI de extensores do ombro, o braço teve o posicionamento mantido; o cotovelo foi posicionado em leve flexão; e o dinamômetro foi mantido em contato com a face posterior distal do úmero (Figura 1C).

Para a flexão e extensão de cotovelo, ele foi mantido em 90° de flexão; o ombro foi posicionado alinhado ao tronco; e o dinamômetro foi mantido em contato

com o punho. Cinco atletas com pontos baixos na CF (G1=0,5 e 1,0) não tinham função de extensores de cotovelo (Figura 1D e 1E).



Figura 1. Testes de força muscular isométrica manual: (A) Força de abdutores de ombro; (B) Força de flexores de ombro; (C) Força de extensores de ombro; (D) Força de flexores de cotovelo; (E) Força de extensores de cotovelo

Teste de agilidade em ziguezague (TAG)

Finalizadas as medições de força, os participantes aguardaram por cinco minutos em repouso e realizaram o TAG de acordo com o protocolo preestabelecido por Gorgatti e Böhme¹⁸, com a única alteração de que, neste estudo, o tempo de descanso entre as tentativas foi de 40 segundos.

Os pontos do percurso foram sinalizados verticalmente com cones, e horizontalmente com linhas e setas que indicavam o ponto de partida do circuito e o sentido das mudanças de direção¹³, havendo um avaliador no ponto de chegada do circuito e outro em um ponto intermediário, ambos equipados com cronômetro de precisão em décimos de segundos.

Ao sinal do avaliador portador do cronômetro, o atleta impulsionava a cadeira através do percurso na maior velocidade possível. Em caso de erro de percurso ou colisão com um cone marcador, reiniciava-se a tentativa após 40 segundos de repouso. Foram efetuadas cinco voltas: uma para o reconhecimento do percurso em baixa velocidade; outra em alta velocidade; e três em máxima velocidade. Para a análise, foi considerado o menor tempo entre as três últimas.

Os atletas com baixa e alta pontuação na CF foram divididos em dois grupos de acordo com a capacidade ou não de realizar a extensão ativa de cotovelo, ficando no Grupo 1 (G1) os atletas com baixa pontuação (0,5 a 1,0); e no Grupo 2 (G2) os atletas com média e alta pontuação (1,5 a 2,5).

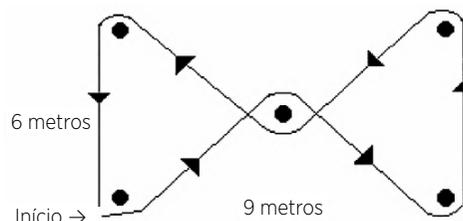


Figura 2. Percurso do teste de agilidade em ziguezague

Fonte: Gorgatti e Böhme¹⁸.

Análise dos dados

Foi utilizado o software SPSS versão 26.0. As estatísticas descritivas são apresentadas como tendência central e dispersão. A distribuição normal dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para análise da relação entre os valores de força muscular e o desempenho no TAG, foi utilizada a correlação de Spearman. O teste t para grupos independentes foi aplicado para identificar diferenças na força isométrica bilateral de flexão, extensão e abdução de ombro e flexão de cotovelo, assim como para o tempo de execução do TAG entre grupos com classificações funcionais distintas. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Teste de força muscular

A caracterização do desempenho alcançado pelos atletas do G1 e G2 no teste de força isométrica são apresentados

na Tabela 1. Atletas de pontuação mais alta na classificação funcional (G2) têm maior força isométrica de extensores de ombro comparados com atletas de pontuação mais baixa (G1) ($p=0,001$), com magnitude de efeito grande ($d=3,10$).

Tabela 1. Valores do teste de força muscular isométrica de G1 e G2, expressos em média e desvio-padrão

	G1 (CF: 0,5 e 1,0) G2 (CF: 1,5 a 2,5)	N	Média (lbf)	Desvio-padrão
Força de flexão do ombro bilateral	G1	5	24,74	6,89
	G2	5	31,98	5,08
Força de extensão do ombro bilateral	G1	5	29,60	5,19
	G2	5	44,64	4,46
Força de abdução do ombro bilateral	G1	5	26,42	4,20
	G2	5	27,64	4,97
Força de flexão de cotovelo bilateral	G1	5	53,18	17,06
	G2	5	62,90	13,49
Força de extensão de cotovelo bilateral	G1	5	0*	0*
	G2	5	38,84	9,16

*Atletas que não tinham função de extensores de cotovelo.

lbf: libra-força.

Classificação funcional × Agilidade

O tempo de execução máximo foi de 28,25 segundos, e o mínimo de 16,15 segundos, enquanto o tempo médio foi de $20,60 \pm 4,54$ s. Atletas do G2 apresentaram menor tempo para realizar o TAG que atletas do G1 ($p=0,01$; $d=2,00$), conforme exposto no Gráfico 1.

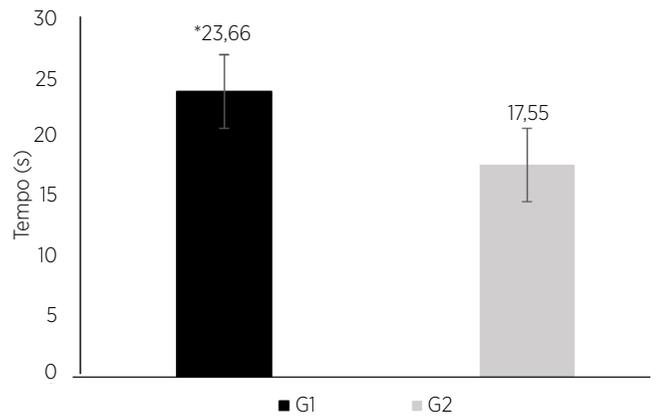


Gráfico 1. Comparação do tempo de execução do teste de agilidade em ziguezague entre atletas do G1 e G2

*G1 ($23,66 \pm 3,98$) > G2 ($17,55 \pm 1,64$), $p=0,01$, $d=2,00$.

s: segundos.

Correlação entre força e agilidade

Observamos correlação negativa entre o tempo de execução do percurso de agilidade e a força isométrica bilateral de extensores de ombro ($p=0,019$; $r=-0,71$), como mostra o Gráfico 2. No entanto, não houve correlação entre o tempo de execução do percurso de agilidade e a força isométrica bilateral de flexores de ombro ($p=0,67$), abdutores de ombro ($p=0,58$), flexores de cotovelo ($p=0,60$) e extensores de cotovelo ($p=0,18$) em ambos os grupos.

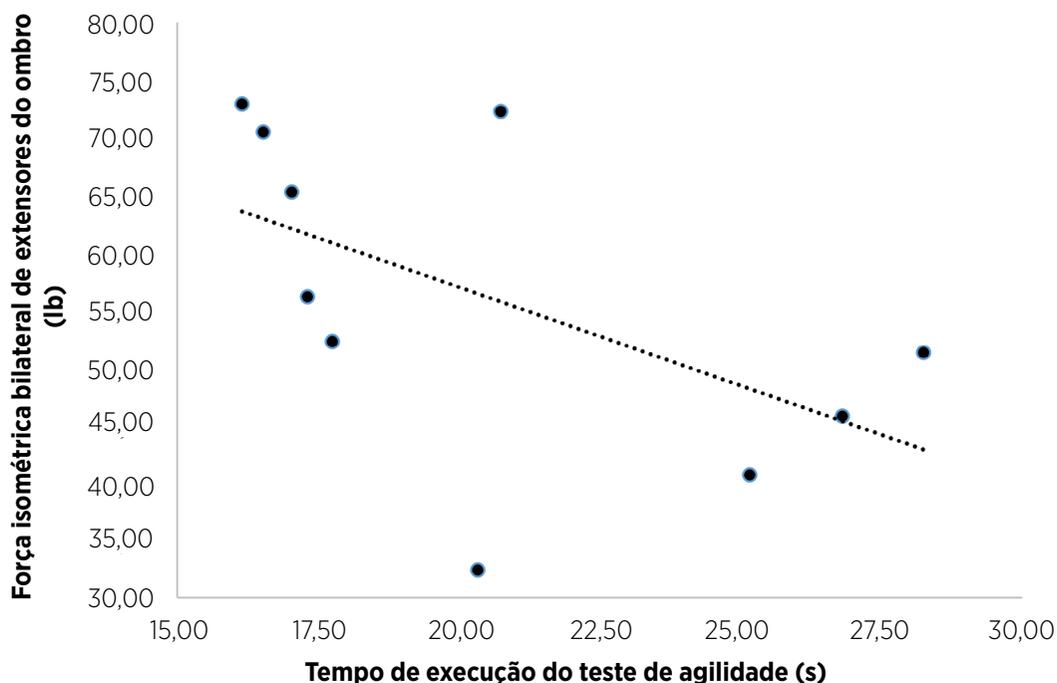


Gráfico 2. Correlação entre o resultado do teste de agilidade em ziguezague e a força isométrica bilateral de extensores de ombro

lb: libras; s: segundos.

DISCUSSÃO

O estudo comparou a agilidade de dois grupos de atletas de RCR separados de acordo com a pontuação na CF e descreveu a relação entre a agilidade e a FMI de membros superiores. Os atletas do G2 (CF=1,5, 2,0 e 2,5) foram significativamente mais ágeis na execução do teste do que os atletas do G1 (CF=0,5 e 1,0). Houve correlação negativa entre a FMI bilateral de extensores de ombro e o tempo para realizar o TAG. Esses resultados indicam que, na performance do atleta, há uma maior influência da fase de recuperação, na qual os músculos extensores do ombro reposicionam as mãos para reiniciar o ciclo. Tal achado pode direcionar treinadores e fisioterapeutas em relação à necessidade de treinamentos específicos para melhora do desempenho de atletas de menor CF em ações de agilidade.

A biomecânica do ombro depende da velocidade do movimento realizado, de modo que o aumento da aceleração angular para os movimentos de flexão/extensão é proporcional ao aumento da velocidade do gesto de propulsão da cadeira¹⁹. Durante a propulsão da cadeira de rodas, os extensores do ombro têm maior ativação na fase de retorno. Ainda, é observada maior atividade do músculo subescapular tanto na fase de impulso quanto na fase de retorno. Além disso, o tríceps braquial cabeça longa, que também tem função extensora do ombro, apresenta maior atividade eletromiográfica em indivíduos tetraplégicos²⁰.

No TAG, as mudanças de direção demandam alta capacidade de aceleração e frenagem da cadeira, aumentando a demanda excêntrica dos extensores de ombro, que atuam na desaceleração tanto do próprio membro superior quanto da cadeira de rodas. Considerando esses fatores, os músculos extensores do ombro (principalmente subescapular e tríceps sural cabeça longa) atuam de forma compensatória em atletas de RCR, promovendo estabilidade do ombro não só na fase de recuperação, mas também na fase de impulsão, como demonstrado em estudos anteriores. Sendo assim, a alta demanda excêntrica do TAG pode ser um dos fatores que justificam a correlação negativa apresentada no estudo, uma vez que atletas que possuíam maior força isométrica desse grupamento muscular tiveram melhor desempenho no teste.

Os melhores desempenhos no TAG de atletas com pontuações mais altas na CF corroboram os achados do estudo de Rhodes et al.⁵ e de Goosey-Tolfrey et al.²¹. Rhodes et al.⁵, ao avaliarem os indicadores de mobilidade

em quadra de atletas de RCR, constataram que atletas com pontuação baixa na CF permanecem menos tempo em quadra, atingem menor pico de velocidade e passam menores períodos executando deslocamentos em alta velocidade, quando comparados com jogadores de alta pontuação na CF. Goosey-Tolfrey et al.²¹ observaram maior distância percorrida e menor tempo utilizado na execução de um teste de sprint em jogadores de pontuação mais alta na CF. Essa diferença entre atletas com pontuações altas e baixas na CF pode ser justificada pelo grande prejuízo motor gerado nas lesões medulares cervicais, o que reduz a variabilidade da resposta motora do atleta.

Em relação às técnicas de propulsão da cadeira, Goosey-Tolfrey et al.²¹ descrevem que indivíduos com alta pontuação executam a fase de impulsão com mais frequência, e gastam menos tempo nessa mesma fase durante os ciclos de propulsão da cadeira. Já em outra modalidade, Vanlandewijck et al.¹⁹ observaram a técnica de propulsão em relação à CF de 40 atletas de elite do basquete em diferentes velocidades de condução, não tendo encontrado diferenças significativas entre as CFs. Porém, destaca-se que, embora o basquete e o rúgbi sejam modalidades disputadas sobre cadeira de rodas, as capacidades físicas e funcionais dos atletas de cada modalidade são consideravelmente heterogêneas.

Dentre as limitações deste estudo, é importante destacar o tamanho da amostra que, embora seja de atletas de alto rendimento da modalidade, é pequena. Além disso, deve-se considerar que força muscular é apenas um dos fatores que influenciam a agilidade, e a FMI pode não reproduzir na íntegra as características dinâmicas do toque da cadeira de rodas. Ademais, os testes de força foram realizados com dinamômetro manual por um avaliador treinado; no entanto, instrumentos que não necessitem da aplicação de força contra a resistência de um avaliador podem oferecer medidas mais precisas.

CONCLUSÃO

Conclui-se que atletas com pontuação mais alta na CF são significativamente mais ágeis na execução do TAG. Além disso, a força isométrica de extensores de ombro apresentou correlação negativa com o desempenho no TAG, indicando que, quanto maior a força, menor o tempo necessário para concluir o teste – ou seja, melhor o desempenho de agilidade no RCR.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Faculdade da Saúde e Ecologia Humana (FASEH), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), da Academia Paralímpica Brasileira do Comitê Paralímpico Brasileiro (APB/CPB) e do Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício (Cepe).

REFERÊNCIAS

- Silva A, Vital R, Mello MT. Atuação da fisioterapia no esporte paraolímpico. *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22(2):157-61. doi: 10.1590/1517-869220162202154214.
- Churton E, Keogh JW. Constraints influencing sports wheelchair propulsion performance and injury risk. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2013;5:3. doi: 10.1186/2052-1847-5-3.
- Osmotherly PG, Thompson E, Rivett DA, Haskins R, Snodgrass SJ. Injuries, practices and perceptions of Australian wheelchair sports participants. *Disabil Health J*. 2021;14(2):101044. doi: 10.1016/j.dhjo.2020.101044.
- Silva AAC, Marques RFR, Pena LGS, Molchansky S, Borges M, et al. Esporte adaptado: abordagem sobre os fatores que influenciam a prática do esporte coletivo em cadeira de rodas. *Rev Bras Educ Fis Esp*. 2013;27(4):679-87. doi: 10.1590/S1807-55092013005000010.
- 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;33(19):2070-8. doi: 10.1080/02640414.2015.1028087.
- 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.
- Haydon DS, Pinder RA, Grimshaw PN, Robertson WSP. Overground-propulsion kinematics and acceleration in elite wheelchair rugby. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(2):156-62. doi: 10.1123/ijsp.2016-0802.
- Akinoğlu B, Kocahan T. Characteristics of upper extremity's muscle strength in Turkish national wheelchair basketball players team. *J Exerc Rehabil*. 2017;13(1):62-7. doi: 10.12965/jer.1732868.434.
- Roy JS, MacDermid JC, Orton B, Tran T, Faber KJ, et al. The concurrent validity of a hand-held versus a stationary dynamometer in testing isometric shoulder strength. *J Hand Ther*. 2009;22(4):320-7. doi: 10.1016/j.jht.2009.04.008.
- Morrow MM, Rankin JW, Neptune RR, Kaufman KR. A comparison of static and dynamic optimization muscle force predictions during wheelchair propulsion. *J Biomech*. 2014;47(14):3459-65. doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.09.013.
- Hutchinson MJ, Phillips JLK, Mason BS, Goosey-Tolfrey VL, Beckman EM. Measures of impairment applicable to the classification of Paralympic athletes competing in wheelchair sports: a systematic review of validity, reliability and associations with performance. *J Sports Sci*. 2021;39(Suppl 1):40-61. doi: 10.1080/02640414.2020.1815957.
- Mason BS, Altmann VC, Hutchinson MJ, Goosey-Tolfrey VL. Validity and reliability of isometric tests for the evidence-based assessment of arm strength impairment in wheelchair rugby classification. *J Sci Med Sport*. 2020;23(6):559-63. doi: 10.1016/j.jsams.2019.12.022.
- Juul-Kristensen B, Bech C, Liaghat B, Cools AM, Olsen HB, et al. Assessment of shoulder rotation strength, muscle co-activation and shoulder pain in tetraplegic wheelchair athletes – a methodological study. *J Spinal Cord Med*. 2022;45(3):410-9. doi: 10.1080/10790268.2020.1803659.
- Moon Y, Jayaraman C, Hsu IMK, Rice IM, Hsiao-Wecksler ET, et al. Variability of peak shoulder force during wheelchair propulsion in manual wheelchair users with and without shoulder pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013;28(9-10):967-72. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.10.004.
- Bossuyt FM, Hogaboom NS, Worobey LA, Koontz AM, Arnet U, et al. Start-up propulsion biomechanics changes with fatiguing activity in persons with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2020;43(4):476-84. doi: 10.1080/10790268.2019.1582603.
- Kolber MJ, Beekhuizen K, Cheng MSS, Fiebert IM. The reliability of hand-held dynamometry in measuring isometric strength of the shoulder internal and external rotator musculature using a stabilization device. *Physiother Theory Pract*. 2007;23(2):119-24. doi: 10.1080/09593980701213032.
- Mason BS, Vegter RJK, Paulson TAW, Morrissey D, van der Scheer JW, et al. Bilateral scapular kinematics, asymmetries and shoulder pain in wheelchair athletes. *Gait Posture*. 2018;65:151-6. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.07.170.
- Gorgatti MG, Böhme MTS. Autenticidade científica de um teste de agilidade para indivíduos em cadeira de rodas. *Rev Paul Educ Fis*. 2003;17(1):41-50. doi: 10.11606/issn.2594-5904.rpef.2003.138842.
- Vanlandewijck YC, Spaepen AJ, Lysens RJ. Wheelchair propulsion: functional ability dependent factors in wheelchair basketball players. *Scand J Rehabil Med*. 1994;26(1):37-48. doi: 10.2340/1650197719942613748.
- Mulroy SJ, Farrokhi S, Newsam CJ, Perry J. Effects of spinal cord injury level on the activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion: an electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):925-34. doi: 10.1016/j.apmr.2003.08.090.
- Goosey-Tolfrey VL, Vegter RJK, Mason BS, Paulson TAW, Lenton JP, et al. Sprint performance and propulsion asymmetries on an ergometer in trained high- and low-point wheelchair rugby players. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28(5):1586-93. doi: 10.1111/sms.13056.