

MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DE FORÇA MUSCULAR NA CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DE ESPORTES PARALÍMPICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

METHODS FOR MEASURING MUSCLE STRENGTH IN THE FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF PARALYMPIC SPORTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Alan Luiz Pereira
Ingrid Ludimila Bastos Lôbo
Renato Carvalho Guerreiro
Eduardo Stieler
Aline Ângela da Silva Cruz
Marco Túlio de Mello
Andressa Silva

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), MG, Brasil
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), MG, Brasil
Associação dos Deficientes Físicos de Poços de Caldas (ADEFIP), MG, Brasil
Centro de Treinamento Esportivo (CTE/UFMG), MG, Brasil

Resumo

O sistema de classificação no esporte paralímpico visa agrupar em classes esportivas atletas com níveis de imparidade similares, sendo fundamental a utilização de métodos de avaliação consistentes e com validade para as características de cada modalidade. Porém, alguns métodos podem gerar diferentes interpretações entre os classificadores, sendo importante desenvolver pesquisas para implementar sistemas mais precisos. Para a avaliação da força são utilizadas técnicas de Teste Muscular Manual, que podem apresentar divergências entre os avaliadores. Nesse sentido, este estudo objetivou identificar os testes de avaliação de força muscular utilizados para a classificação funcional de atletas com deficiências físicas por meio de uma revisão sistemática. Foram investigados estudos nacionais e internacionais publicados entre o período de 2010 a maio de 2020, sendo incluídos estudos transversais, randomizados e de casos (com mais de duas pessoas). Foram identificados oito estudos que atenderam aos critérios de inclusão, referentes às modalidades Atletismo, Basquete em Cadeira de Rodas, Natação e Rugby em Cadeira de Rodas. Dentre os segmentos mensurados, foram verificados estudos relacionados com força isométrica máxima de membros superiores, membros inferiores e tronco, os quais utilizaram dinamômetros de prensão manual e células de carga. Foi demonstrado que a escolha por variáveis isométricas é uma opção adequada, pois apresenta maior resistência ao treinamento esportivo quando comparadas a testes isotônicos e isocinéticos. Os métodos apresentados também foram considerados como válidos e confiáveis para a classificação funcional. Sugere-se a realização de novas pesquisas em diferentes modalidades e populações, com números amostrais maiores e outros instrumentos de avaliação de força.

Palavras-chaves: Atividade Motora Adaptada. Esporte Paralímpico. Classificação Funcional. Avaliação de Força Muscular.

Abstract

The classification system in Paralympic sport aims to group athletes with similar levels of impairment into sporting classes, for this is essential to use consistent assessment methods that are valid for the characteristics of each sport. However, some methods can generate different interpretations among classifiers, for that reason it is important to develop research to implement more accurate systems. For the assessment of strength, Manual Muscle Test techniques are used, which may present divergences among the classifiers. In this sense, this study aimed to identify the muscle strength assessment tests used for the functional classification of athletes with physical disabilities through a systematic review. National and international studies published between 2010 and May 2020 were investigated, including cross-sectional, randomized and case studies (more than two people). Eight studies were identified that met the inclusion criteria, referring to athletics, wheelchair basketball, swimming and wheelchair rugby. Among the segments measured, studies related to maximum isometric strength of the upper limbs, lower limbs and trunk were verified, which used handgrip dynamometers and load cells. It was shown that the choice of isometric variables is an adequate option, as it presents greater resistance to sports training when compared to isotonic and isokinetic tests. The methods presented were also considered valid and reliable for classification. Further research is suggested in different sports and populations, with larger sample numbers and other strength assessment tools.

Keywords: Adapted Physical Activity. Paralympic Sport. Paralympic Classification. Assessment Muscle Strength.

1 Introdução

A participação de pessoas com deficiência (PcD) em esportes foi fomentada com o intuito de promover a reabilitação, a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida. Ao longo dos anos observou-se o crescimento do número de adeptos, bem como a melhoria do desempenho esportivo (CARDOSO; GAYA, 2014). Diante desse contexto, foi necessário regulamentar os métodos de avaliação dos atletas, para aproximar aspectos físicos e competitivos, possibilitando uma concorrência justa e equilibrada entre os competidores. Assim, foi criado o sistema de classificação esportiva para categorizar os atletas em classes funcionais (MASHKOVSKIY; BRITAIN, 2017; NOGUEIRA; DANTAS, 2019).

Inicialmente, a classificação esportiva foi pautada no diagnóstico médico do atleta (Classificação Médica). No entanto, esse processo era impreciso, pois atletas com condições médicas distintas competiam juntos, causando uma vantagem para aqueles que apresentavam menores graus de comprometimento (TWEEDY; VANLANDEWIJCK, 2011). Visando reduzir o número de classes e tornar o esporte mais inclusivo e democrático, foi implantado o sistema de Classificação Funcional (CF), que se baseia na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), na qual os principais fatores que determinam a classe estão pautados na avaliação das características funcionais dos atletas (COOPER; NOWAK, 2011).

Destaca-se que cada Federação Internacional é responsável por uma modalidade esportiva e estabelece o seu próprio sistema de classificação e as habilidades funcionais que são determinantes para o desempenho do atleta. Contudo, o Comitê Paralímpico Internacional (IPC) tem incentivado o desenvolvimento de pesquisas acerca dos métodos de classificação esportiva paralímpica, que podem elucidar novas possibilidades de medidas no futuro (LÔBO; FREITAS; SILVA, 2021; SILVA; VITAL; MELLO, 2016). Dessa forma, a CF paralímpica baseada em evidências tem como objetivo agrupar em classes esportivas atletas com características de deficiência similares e para isso é fundamental incentivar a elaboração de métodos de avaliações assertivos, consistentes, quantificáveis, focados nos esportes e resistentes ao treinamento esportivo (TWEEDY; BECKMAN; CONNICK, 2014).

No que tange as modalidades para deficientes físicos, cada esporte possui um sistema de classificação internacional, que determina a elegibilidade do atleta e as classes de competição (IPC, 2020). O processo é normalmente composto por 3 momentos: *classificação clínica*, que avalia aspectos físicos como força, coordenação, amplitude de movimento e equilíbrio; *classificação técnica*, que avalia tarefas e gestos específicos da modalidade; e *observação na competição*, que ocorre durante as partidas e provas visando confirmar os achados das etapas anteriores. É importante destacar que o objetivo da classificação é assegurar uma concorrência justa e reduzir o impacto da deficiência nos resultados, sendo que atletas com diferentes deficiências físicas podem ser agrupados em uma mesma classe, desde que seja demonstrado que o impacto causado pelo comprometimento ou pela deficiência se equipara ao desempenho esportivo (CONNICK; BECKMAN; TWEEDY, 2018).

Entretanto, os métodos de avaliações utilizados podem gerar diferentes interpretações entre os classificadores (LIRA *et al.*, 2010; BURKETT *et al.*, 2018) e nesse sentido, o IPC tem incentivado pesquisas baseadas em evidências científicas testadas e validadas (Classificação Baseada em Evidências), para desenvolver e implementar sistemas cada vez mais precisos e consistentes (MASHKOVSKIY; BRITAIN, 2017; TWEEDY; MANN; VANLANDEWIJCK, 2016).

Dentre os vários testes realizados para a CF, a avaliação de força muscular de atletas com deficiências físicas é um dos procedimentos que vem sendo revisado pelos pesquisadores. Os classificadores utilizam técnicas de Teste Muscular Manual (TMM), que classificam a força em uma escala de 0 a 5, na qual 0 equivale a ausência de contração muscular voluntária e 5 refere-se à força típica do músculo contra a gravidade e a resistência (TWEEDY; BECKMAN; CONNICK, 2014; TWEEDY; CONNICK; BECKMAN, 2018). Este método apresenta vantagens, pois é de baixo custo, fácil administração e amplamente utilizado na prática clínica. Contudo, pode apresentar divergências entre os avaliadores, bem como escalas ordinais inadequadas para pesquisas

que visam desenvolver métodos de classificação baseados em evidências (TWEEDY; WILLIAMS; BOURKE, 2010; BECKMAN; CONNICK; TWEEDY, 2017). Diante disso, esse estudo objetivou identificar os testes de avaliação de força muscular utilizados para a classificação funcional paralímpica de atletas com deficiências físicas por meio de uma revisão sistemática.

2 Método

Foi realizada uma revisão sistemática nas bases de dados MEDLINE, Embase e SciELO. As buscas foram realizadas entre os meses de abril e maio de 2020. Foram utilizados os descritores: *evaluation OR assessment OR rating AND strength test OR force test OR power test AND paralympic functional classification OR paralympic athletes classification OR adapted sport classification AND paralympic athletes*.

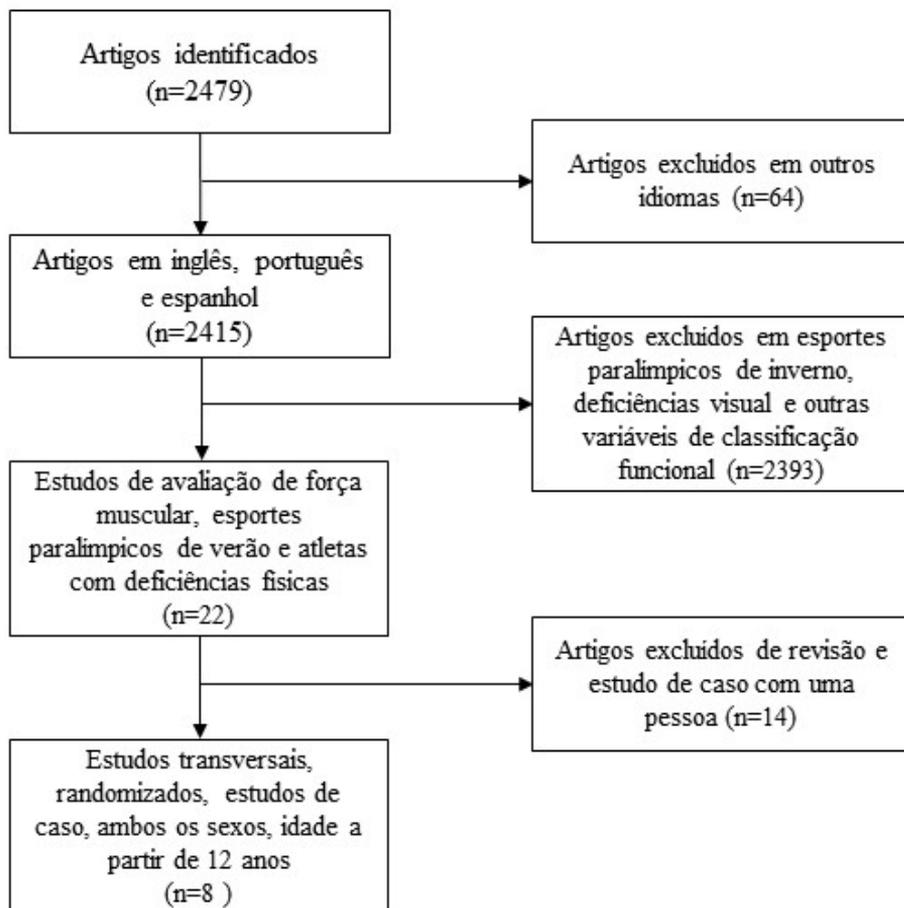
Foram incluídos estudos transversais, randomizados e de casos (com duas ou mais pessoas), que empregaram testes de avaliação de força em atletas com deficiências físicas praticantes de esportes paralímpicos de verão. Adicionalmente, foram ainda considerados estudos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol, no período de 2010 a maio de 2020, em pessoas com idade a partir de 12 anos e de ambos os sexos. Como critérios de exclusão, foram considerados estudos realizados em esportes paralímpicos de inverno, atletas com deficiência visual ou intelectual, estudos de revisão e estudos de caso com apenas uma pessoa.

3 Resultados

A partir dos descritores supracitados, inicialmente foram identificados 2.479 artigos. Ao considerar os idiomas inglês, português e espanhol foram constatados 2.415 artigos. Em seguida, foram excluídos estudos de esportes de inverno, amostras compostas por atletas com deficiência visual ou intelectual, que avaliaram outras variáveis na classificação funcional e duplicados, totalizando 2393 artigos excluídos.

Para a análise detalhada, foram então identificados 22 estudos relacionados com esportes paralímpicos de verão e atletas com deficiências físicas. Após a verificação desses estudos, foram excluídos artigos de revisão e estudos de casos com apenas uma pessoa (n=14). Assim, a amostra final foi composta por 8 estudos, que atenderam a todos os critérios de inclusão (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma de seleção de estudos



Fonte: elaboração própria

Os estudos selecionados foram publicados no período de 2011 a 2019. As modalidades avaliadas nos artigos foram Atletismo, Rugby em Cadeira de Rodas (RCR), Basquete em Cadeira de Rodas (BCR) e Natação. Nesses estudos foram incluídos atletas paralímpicos que apresentaram as seguintes deficiências físicas: sequelas de espinha bífida, lesão medular (cervical, torácica e lombar), mielite transversa, artrogripose, mielodisplasia, amputações múltiplas, doenças neuromusculares, síndrome de regressão caudal, paralisia cerebral, Charcot-Marie-Tooth, hipertonía e condições ortopédicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização dos estudos selecionados

Estudo	Amostra	Modalidade	Deficiência
Vanlandewijck <i>et al.</i> (2011)	13 atletas (10 homens e 3 mulheres) com idade média de 25,6 anos (\pm 6,6)	Atletismo	Lesão medular, amputação, espinha bífida, artrogripose, mielite transversa e mielodisplasia
Beckman, Connick e Tweedy (2016)	41 atletas do sexo masculino (13 com deficiência e 28 sem deficiência) com idade média de 23,1 anos (\pm 4,1)	Atletismo	Deficiências decorrentes de lesão cerebral
Hyde <i>et al.</i> (2017)	10 atletas (8 homens e 2 mulheres), com idade média de 32 anos (\pm 10 anos)	Atletismo, BCR e RCR	Lesão medular
Santos <i>et al.</i> (2017)	42 atletas do sexo masculino com idade média de 28,3 anos (\pm 7,6)	BCR	Lesão medular, poliomielite, amputação, espinha bífida, artrogripose e paralisia cerebral
Altmann <i>et al.</i> (2018)	27 atletas do sexo masculino com idade média de 37,4 anos (\pm 10,2)	BCR e RCR	Lesão medular, poliomielite, amputação, espinha bífida, paralisia cerebral, doença neuromuscular, displasia esquelética e condições ortopédicas
Connick <i>et al.</i> (2018)	32 atletas do sexo masculino com idade média de 32,2 anos (\pm 9,0)	Atletismo	Lesão medular, poliomielite, síndrome de regressão caudal, amputação, espinha bífida e artrogripose
Hogarth <i>et al.</i> (2019)	72 atletas (42 com deficiência e 30 sem deficiência). 23 atletas com hipertonia e 16 atletas com potência muscular prejudicada	Natação	Lesão medular, poliomielite, espinha bífida, paralisia cerebral, Charcot-Marie-Tooth e outras
Mason <i>et al.</i> (2019)	50 atletas (20 do sexo masculino com deficiências e 30 sem deficiência, sendo 15 homens e 15 mulheres) com idade média de 31 anos (\pm 5)	RCR	Lesão medular

Fonte: elaboração própria

Quanto à mensuração de força dos atletas, foram utilizados equipamentos customizados com células de carga para avaliar a força muscular isométrica máxima e dinamômetros de prensão manual. Foram avaliados os segmentos de membros superiores (MMSS), membros inferiores (MMII) e/ou tronco. Na Tabela 2 são apresentadas as informações gerais sobre os oito estudos incluídos na revisão sistemática, considerando o tipo de teste e o segmento avaliado.

Tabela 2 - Testes de avaliação de força

Estudo	Teste de Mensuração de Força
Vanlandewijck <i>et al.</i> (2011)	Teste de força isométrica máxima de membros superiores e tronco: - Equipamento customizado; - Célula de carga do tipo S classificada para 394 kg.
Beckman, Connick e Tweedy (2016)	Teste de força muscular isométrica máxima de membros inferiores: - Equipamento customizado; - Célula de carga do tipo S classificada para 394 kg.
Hyde <i>et al.</i> (2017)	Teste força isométrica máxima de membros superiores e tronco: - Dinamômetro de Smedlay; - Célula de carga do tipo S classificada para 394 kg.
Santos <i>et al.</i> (2017)	Teste de força isométrica máxima de tronco: - Dinamômetro Biodex System-3; - Avaliação de equilíbrio com Neurocom Balance Master.
Altmann <i>et al.</i> (2018)	Teste de força isométrica máxima de tronco: - Célula de carga (modelo K25).
Connick <i>et al.</i> (2018)	Teste de força isométrica máxima de membros superiores e tronco: - Equipamento customizado; - Dinamômetro isométrico de punho; - Célula de carga do tipo S classificada para 394 kg.
Hogarth <i>et al.</i> (2019)	Teste de força isométrica máxima de membros superiores e inferiores: - Extensômetro do tipo S acoplado a uma armação de alumínio feita sob medida que forneceu dados de tempo de força coletados a 200 Hz (Ergotest, Porsgrunn, Noruega).
Mason <i>et al.</i> (2019)	Teste de força isométrica máxima de membros superiores: - Equipamento de teste de força personalizado, desenvolvido especificamente para medir a força isométrica em usuários de cadeiras de rodas; - Célula de carga do tipo S (escala completa de 100 kg).

Fonte: elaboração própria

4 Discussão

Este estudo buscou identificar os testes de mensuração de força muscular empregados na classificação funcional de esportes paralímpicos de verão. Foram identificados oito estudos publicados entre os anos de 2011 e 2019. Dentre os segmentos mensurados, um estudo avaliou a força isométrica máxima apenas de MMSS (MASON *et al.*, 2019), em um estudo avaliou-se a força máxima apenas de MMII (BECKMAN; CONNICK; TWEEDY, 2016) e em outros dois estudos foi mensurada a força máxima de tronco (ALTMANN *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017). Em um estudo foi medido a força máxima de membros MMSS e MMII (HOGARTH *et al.*, 2019) e em três estudos foram avaliadas a força máxima de MMSS e tronco (CONNICK *et al.*, 2018; HYDE *et al.*, 2017; VANLANDEWIJCK *et al.*, 2011).

Adicionalmente, os estudos foram referentes à avaliação de força muscular de quatro modalidades, sendo Atletismo, BCR, RCR e Natação, sendo utilizados métodos de avaliação de força isométrica máxima, tais como célula de carga, estabilidade de tronco e dinamometria de preensão manual. A esse respeito, destaca-se que a escolha por variáveis isométricas é uma opção adequada, pois apresentam maior resistência ao treinamento esportivo quando comparadas a testes isotônicos e isocinéticos (BECKMAN; CONNICK; TWEEDY, 2016; BECKMAN *et al.*, 2017). Ademais, é considerado como método válido e confiável para a classificação funcional paralímpica, porque apresenta forte correlação com o grau de limitação na realização das atividades (HUTCHINSON *et al.*, 2020).

No estudo de Vanlandewijck *et al.* (2011) foi verificado, mediante a associação da força muscular de tronco e da propulsão da cadeira de rodas, que atletas com força parcial de tronco devem competir na mesma classe que atletas que apresentam músculos do tronco totalmente funcionais, sendo a classe T54. Vale ressaltar que nessa classe são agrupados atletas com função preservada de tronco e que apresentam algum comprometimento em MMII decorrente de lesão medular, amputações, ou outras deficiências que levem ao uso de cadeiras de roda (MELLO; WINCKLER, 2012). Assim, os resultados demonstraram que a força relativa de tronco (razão entre a força de MMSS e de tronco) foi significativamente menor em atletas com força muscular parcial de tronco. Entretanto, a diminuição da força abdominal não teve efeito sobre a capacidade dos atletas de acelerar a cadeira de rodas, ou seja, não foram observadas diferenças significativas na distância percorrida. Neste viés, Sagawa Júnior *et al.* (2012) esclarecem que os MMSS de pessoas que utilizaram cadeiras de rodas são os principais responsáveis pela propulsão, sendo inclusive comum o surgimento de lesões musculoesqueléticas nos ombros e punhos, devido à sobrecarga causada pelo esforço. Portanto, embora alguns atletas possam apresentar comprometimentos de tronco na classe T54, o efeito no desempenho é mínimo, fornecendo evidências de que a prática atual de agrupar atletas com alguma função do tronco na mesma classe é válida.

Beckman, Connick e Tweedy (2016) avaliaram atletas com lesão cerebral agrupados nas classes de T35 a T38 das provas de corrida do Atletismo. Foi demonstrado que os atletas com deficiência apresentaram redução de força máxima isométrica na perna comprometida em todos os testes em comparação com os atletas sem deficiência. Os atletas com deficiência também foram mais lentos na fase de aceleração e na fase de velocidade máxima do *sprint*. Resultados similares foram encontrados no estudo Bezodis *et al.* (2018) que verificaram que corredores velocistas com paralisia cerebral da classe T36 geram menores magnitudes de força de reação do solo no eixo horizontal, bem como um menor impulso horizontal do que seus pares sem deficiência, sendo ainda observados menores valores de potência absoluta e potência normalizada. Além disso, Beckman, Connick e Tweedy (2016) concluíram que os flexores plantares podem ser o grupo muscular mais importante para o desempenho de corrida e que os métodos de avaliação usados foram válidos para a classificação desse grupo. Esse desfecho está em consonância com os estudos de Bezodis, Salo e Trewartha (2014) e Koike e Nagai (2015) que indicam que o maior torque na flexão plantar do tornozelo são cruciais na aceleração durante a corrida e auxiliam na geração de energia no processo de propulsão. Dessa forma, considerou-se que a avaliação da força isométrica da perna com comprometimento é adequada no processo de classificação funcional do Atletismo.

Hyde *et al.* (2017) analisaram a influência da vara de apoio, da configuração do assento e da força da parte superior do corpo e tronco, no desempenho de atletas com lesão medular nas provas arremesso sentado do Atletismo. Os resultados demonstraram que a força de preensão manual, medida pelo dinamômetro, tem correlação com a velocidade do arremesso. De forma complementar, a força de preensão isométrica no braço de arremesso e os testes de sinergia de empurrar/puxar tiveram a relação mais forte com o desempenho de arremesso sentado nas condições com e sem vara de apoio. A validade da dinamometria é demonstrada pelas diferenças encontradas na força de preensão manual entre as classes de atletas (CONNICK *et al.*, 2018), pois as medidas da força isométrica de uma articulação específica possibilitam a identificação do comprometimento da força no desempenho esportivo (BECKMAN *et al.*, 2014).

Santos *et al.* (2017) identificaram as diferenças na força muscular do tronco e de equilíbrio entre as classes do BCR para determinar se essas variáveis se correlacionam com a atual classificação baseada na observação dos jogadores. É interessante destacar que a classificação no BCR possibilita a participação de atletas com diferentes condições de deficiências físicas, tais como lesão medular, poliomielite, espinha bífida, paralisia cerebral e amputações em membros inferiores (BOSMA; VAN YPEREN, 2020). No estudo foi analisada a força muscular isométrica e o equilíbrio dinâmico de tronco nas direções anterior, posterior, lateral esquerda e lateral direita. Os resultados indicaram que a força muscular isométrica e o equilíbrio foram significativamente mais baixos em atletas das classes 1.0 e 2.0, em comparação com atletas das classes

3.0 e 4.0, correlacionando significativamente com a classificação do BCR baseada em observação. Destaca-se que no sistema de classificação funcional da modalidade, atletas da classe 1.0 não têm movimento controlado do tronco em qualquer direção e atletas da classe 2.0 apresentam movimento de tronco parcialmente controlado na direção transversal. Já atletas da classe 3.0 têm movimento controlado e total do tronco nos planos para a frente e vertical, enquanto os atletas da classe 4.0 apresentam movimento integral do tronco em quase todas as direções (INTERNATIONAL WHEELCHAIR BASKETBALL FEDERATION, 2018). Esses achados apoiam a validade do atual sistema de classificação do BCR e indicam que medidas objetivas de força do tronco e de equilíbrio podem ser incluídas como um componente da classificação do BCR. De forma similar, no estudo de Molik *et al.* (2017) foi apresentado um alto nível de concordância entre os classificadores a respeito do sistema de classificação do BCR. No entanto, atletas, treinadores e classificadores relataram algumas preocupações específicas sobre a possibilidade de mudança de classe ao longo dos anos. Além disso, ainda existe discordância entre os classificadores no que se refere a classificação de jogadores com deficiência em MMSS ou com coordenação motora prejudicada (FLIESS *et al.*, 2021).

Altmann *et al.* (2018) verificaram a relação entre as medidas de força do tronco e atividades padronizadas em cadeira de rodas que determinam a proficiência no RCR e se o conceito de *classe naturais* (relação entre deficiência e limitação de atividade) pode ser sustentado. No estudo de Mason *et al.* (2019) foi demonstrado que os atletas do RCR produziram significativamente menor força durante os testes de força isométrica em comparação com os participantes sem deficiência, indicando a validade desses testes para a classificação funcional da modalidade. Destaca-se que o RCR exige alta velocidade de propulsão da cadeira de rodas, bem como habilidades de manuseio da bola, tais como passar, driblar e receber. Esses aspectos são afetados por comprometimentos na força e por isso esse é um dos requisitos avaliados na classificação funcional da modalidade (HUTCHINSON *et al.*, 2020). Dessa forma, foi confirmada a correlação entre a força muscular de tronco e as atividades executadas na modalidade.

Connick *et al.* (2018) avaliaram atletas de corrida em cadeira de rodas das classes T51 a T54, com o objetivo de produzir uma estrutura válida de classificação para a modalidade, mediante uma bateria de testes empregando medidas de força isométrica simples e multiarticulares. As avaliações foram realizadas com célula de carga e dinamômetro. Os resultados dos testes revelaram diferenças significativas em todas as medidas de força. Além disso, houve correlação entre a força de flexão de tronco com velocidade máxima durante a propulsão da cadeira de rodas. Dessa forma, a análise dos testes de força isométrica possibilitou o agrupamento de atletas com níveis semelhantes de comprometimento. Esses resultados estão em consonância com Altmann *et al.* (2018), no qual houve correlação significativa entre a força isométrica de tronco e o desempenho da aceleração da propulsão em cadeira de rodas. A esse

respeito, Hutchinson *et al.* (2020) esclarecem que a propulsão na corrida em cadeira de rodas solicita um movimento multiarticular, no qual existe a combinação de extensão de braço com flexão de tronco, sendo que este fator contribui para as diferenças de desempenho entre as classes funcionais. Além disso, a ação da corrida requer a propulsão para a frente, mas a natureza multidirecional dos esportes em cadeiras de rodas realizados em quadras, tais como o BCR e RCR, exigem ações de frenagem e manobras de propulsão para trás. Os achados do estudo de Conick *et al.* (2018) corroboram com o desenvolvimento de métodos baseados em evidências para classificar os atletas das classes de corrida em cadeiras de rodas no Atletismo, sendo recomendados novos estudos para o desenvolvimento de sistemas de classificação baseados em evidências para outros esportes.

No estudo de Hogarth *et al.* (2019) foi avaliada a validade de uma bateria de testes de força muscular isométrica para classificação baseada em evidências na Natação paralímpica. Os forneceram oito medidas externas dominante e não dominante de força de extensão do ombro; força de flexão do ombro; força de extensão do quadril e força de flexão do quadril. Os resultados demonstraram que os nadadores paralímpicos apresentaram escores de força significativamente menores em todos os testes, exceto a força de flexão do ombro em nadadoras do sexo feminino e a força de flexão do quadril dominante em nadadores do sexo masculino com hipertonia, quando comparados com nadadores sem deficiências em seus membros não dominantes. No que tange os impactos da deficiência no desempenho, mesmo atletas com comprometimentos mínimos apresentam efeitos na performance esportiva, quando comparados com nadadores sem deficiência (TAYLOR; SANTI; MELLALIEU, 2016), devido a redução da coordenação, da amplitude de movimento, da capacidade em gerar força propulsiva e da manutenção do corpo em posição hidrodinâmica, causando o aumento das forças resistivas no meio líquido (DALY; MARTENS, 2010). Em consonância com esses resultados, no estudo de Pelayo *et al.* (1999) verificou-se o aumento da velocidade e dos parâmetros da braçada com o nível de habilidade das classes S3 a S10, sendo que a distância percorrida por ciclo de braçada foi em parte influenciada pela maior amplitude de movimento, força, coordenação e comprometimento corporal de acordo com o grau de deficiência. Desse modo, existe uma correlação entre a força dos membros dominante e não dominante com a velocidade máxima na Natação. Contudo, a confiabilidade dos testes de força nos nadadores com hipertonia ou potência muscular comprometida não foi avaliada devido ao tempo limitado disponível para testar esses nadadores. Estudos futuros devem agora estabelecer a confiabilidade de medidas em nadadores com deficiências físicas para confirmar sua utilidade na classificação da modalidade. Diante do exposto, sugere-se que pesquisas futuras investiguem as relações entre os testes empregados na classificação funcional e as medidas de desempenho específicas para o esporte.

5 Conclusão

O presente estudo, encontrou em diferentes bases de dados, testes e instrumentos de mensuração de força muscular isométrica máxima na classificação funcional de atletas com deficiências físicas de modalidades paralímpicas de verão. Os métodos foram adaptados de acordo com as características físicas e funcionais dos atletas e dos esportes, tornando as avaliações assertivas, consistentes e quantificáveis. Os instrumentos de medidas utilizados apresentaram resultados satisfatórios e promissores na busca pela classificação baseada em evidências, no entanto, novas pesquisas são necessárias em diferentes modalidades e populações, com números amostrais maiores e instrumentos universais, de baixo custo, de fácil aplicabilidade e reprodução.

Referências

- ALTMANN, V. C. et al. Classifying trunk strength impairment according to the activity limitation caused in wheelchair rugby performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 28, n. 2, p. 649-657, 2018.
- BECKMAN, E. M.; CONNICK, M. J.; TWEEDY, S. M. How much does lower body strength impact Paralympic running performance? *European Journal of Sport Science*, v. 16, n. 6, p. 669-676, 2016.
- BECKMAN, E. M.; CONNICK, M. J.; TWEEDY, S. M.; Assessing Muscle Strength for the purpose of Classification in Paralympic Athletics: a review and recommendations. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 20, n. 4, p. 391-396, 2017.
- BECKMAN, E. M.; NEWCOMBE, P.; VANLANDEWIJCK, Y.; CONNICK, M. J.; TWEEDY, S. M. Novel strength test battery to permit evidence-based Paralympic classification. *Medicine*, v. 93, n. 4, 2014.
- BEZODIS, I. N. et al. A biomechanical comparison of initial sprint acceleration performance and technique in an elite athlete with cerebral palsy and able-bodied sprinters. *Sports Biomechanics*, p. 1-12, 2018.
- BEZODIS, N. E.; SALO, A. I. T.; TREWARTHA, G. Lower limb joint kinetics during the first stance phase in athletics sprinting: Three elite athlete case studies. *Journal of Sports Sciences*, v. 32, p. 738-746, 2014.
- BOSMA, N.; VAN YPEREN, N. W. A Quantitative Study of the Impact of Functional Classification on Competitive Anxiety and Performance Among Wheelchair Basketball Athletes. *Frontiers in Psychology*, v. 11, 2020.
- BRÜGGEMANN, G. P.; ARAMPATZIS, A.; EMRICH, F.; POTTHAST, W. Biomechanics of double transtibial amputee sprinting using dedicated sprinting prostheses. *Sports Technology*, v. 1, p. 220-227, 2008.
- BURKETT, B. et al. Performance Characteristics of Para Swimmers: How Effective is the Swimming Classification System? *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 29, n. 2, p. 333-346, may. 2018.

- CARDOSO, V. D.; GAYA, A. C. A Classificação Funcional no Esporte Paralímpico. *Conexões: Educação Física, Esporte e Saúde*, Campinas, v. 12, n. 2, p. 132-146, abr/jun. 2014.
- CONNICK, M. J.; BECKMAN, E., VANLANDEWIJCK, Y., MALONE, L. A., BLOMQUIST, S.; TWEEDY, S. M. Cluster analysis of novel isometric strength measures produces a valid and evidence-based classification structure for wheelchair track racing. *British Journal of Sports Medicine*, v. 56, n. 17, p. 1123-1129, 2018.
- COOPER, R. A.; NOWAK, C. J. Paralympics and veterans. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, v. 48, n. 10. 2011.
- DALY, D.; MARTENS, J. Competitive Swimming and Disabilities. In: SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; MUJIK, I. *World Book of Swimming: From Science to Performance*. Nova Science Publishers, 2010. p.459-481.
- FLIESS D. O.; KOSEFF, D.; TWEEDY, S.; MOLIK, B.; VANLANDEWIJCK, Y. (2021). Challenges and opportunities in wheelchair basketball classification - A Delphi study. *Journal of Sports Sciences*, v. 39, p. 7-18, 2021.
- IPC. International Paralympic Committee. *Classification*. Disponível em: <<https://www.paralympic.org/classification>>. Acesso em: 14 mai. 2020.
- INTERNATIONAL WHEELCHAIR BASKETBALL FEDERATION. *Official Player Classification Manual*. 2018. Disponível em <https://iwbf.org/wp-content/uploads/2020/10/Official-Player-Classification-Manual-2018.pdf> (acesso em 20 de setembro de 2021).
- HYDE, A. *et al.* The impact of an assistive pole, seat configuration and strength in Paralympic seated throwing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.12, n. 7, p.977-983, 2017.
- HOGARTH, L. *et al.* A battery of strength tests for evidence-based classification in Para swimming. *Journal of Sports Sciences*, v. 37, n. 4, p. 404-413, 2019.
- HUTCHINSON, M. J.; PHILLIPS, J. L. K.; MASON, B. S.; GOOSEY-TOLFREY, V. L.; BECKMAN, E. M. Measures of impairment applicable to the classification of Paralympic athletes competing in wheelchair sports: A systematic review of validity, reliability and associations with performance. *Journal of Sports Sciences*, 2020.
- KOIKE, S.; NAGAI, Y. Dynamic contribution analysis on the propulsion mechanism of sprinter during initial acceleration phase. In: *33rd International Conference on Biomechanics in Sports*, Poitiers, France, 2015.
- LIRA, C. A. B. *et al.* Relationship between aerobic and anaerobic parameters and functional classification in wheelchair basketball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v.20, n. 4, p. 638-43, 2010.
- LÔBO, I. L. B.; FREITAS, P. S.; SILVA, A. Classificação Esportiva Paralímpica. In: SILVA, A.; MELLO, M. T. *Esporte Paralímpico da Organização ao Alto Rendimento*. São Paulo: Editora dos Editores, 2021.
- MASHKOVSKIY, E.; BRITAIN, I. The evolution of classification and technical rules in parasports: extending the frontiers. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, v. 53, n. 1, p. 5-20. 2017.
- MASON, B. S. *et al.* Validity and reliability of isometric tests for the evidence-based assessment of arm strength impairment in wheelchair rugby classification. *Journal of Science and Medicine in Sport*, dec. 2019.

- MELLO, M. T.; WINCKLER, C. *Esporte Paralímpico*. São Paulo, Atheneu, 2012.
- MOLIK, B.; LASKIN, J. J.; KOSMOL, A.; SKUCAS, K.; BIDA, U. (2010). Relationship between functional classification levels and anaerobic performance of wheelchair basketball athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 81, n. 1, p. 69–73, 2010.
- NOGUEIRA, C. D.; DANTAS, T. L. F. S. Classificação Funcional. In: DANTAS, J. B. et al. *Bocha Paralímpica: História, iniciação e avaliação*. 1. ed. Curitiba: CRV, 2019. Cap. 3, p. 39-59.
- PELAYO, P.; SIDNEY, M.; MORETTO, P.; WILLE, F.; CHOLLET, D. Strokking parameters in top level swimmers with a disability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 31, n. 12, p. 1839-1843, 1999.
- SANTOS, S. S. et al. Trunk Function Correlates Positively with Wheelchair Basketball Player Classification. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, v. 96, n. 2, p. 101-108, 2017.
- SAGAWA JÚNIOR, Y.; HAUPENTHAL, A.; BORGES JÚNIOR, N. G.; SANTOS, D. P.; WATELAIN, E. N. Análise da propulsão em cadeira de rodas manual: revisão de literatura. *Fisioterapia e Movimento*, v. 25, n. 1, p. 185-194, 2012.
- SILVA, A.; VITAL, R. MELLO, M. T. Atuação da Fisioterapia no Esporte Paralímpico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 22, n. 2, 2016.
- TAYLOR, J. B.; SANTI, G.; MELLALIEU, S. D. Freestyle race pacing strategies (400 m) of elite able-bodied swimmers and swimmers with disability at major international championships. *Journal of Sports Sciences*, p. 1-8, 2016.
- TWEEDY, S. M.; BECKMAN, E. M.; CONNICK, M. J. Paralympic Classification: Conceptual Basis, Current Methods, and Research Update. *Paralympic Sports Medicine and Science*, v. 6, p. 11-17, aug. 2014.
- TWEEDY, S. M.; CONNICK, M. J.; BECKMAN, E. M. Applying Scientific Principles to Enhance Paralympic Classification Now and in the Future: A Research Primer for Rehabilitation Specialists. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 29, n. 2, p. 313-332, may. 2018.
- TWEEDY, S. M.; MANN, D.; VANLANDEWIJCK, Y. C. Research needs for the development of evidence-based systems of classification for physical, vision, and intellectual impairments. In: TWEEDY, S. M.; THOMPSON, W. R. *Training and Coaching the Paralympic Athlete: Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell. 2016.
- TWEEDY, S. M.; VANLANDEWIJCK, Y. C. International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *British Journal of Sports Medicine*, v. 45, n. 4, 259-269. 2011.
- TWEEDY, S. M.; WILLIAMS, G.; BOURKE, J. Selecting and Modifying Methods of Manual Muscle Testing for Classification in Paralympic Sport. *European Journal of Adapted Physical Activity*, v. 3, n. 2, p. 7-16. 2010.
- VANLANDEWIJCK, Y. C. et al. Trunk Strength Effect on Track Wheelchair Start: Implications for Classification. *American College of Sports Medicine*, v.43, n.12, p. 2344-2351, 2011.

Sobre os autores¹

Alan Luiz Pereira

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Associação dos Deficientes Físicos de Poços de Caldas (ADEFIP)

E-mail: alfisio123@gmail.com

Orcid: 0000-0002-4635-2218

Ingrid Ludimila Bastos Lôbo

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: ingrid.lobo@uemg.br

Orcid:000-0002-4159-7072

Renato Carvalho Guerreiro

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Centro de Treinamento Esportivo (CTE/UFMG)

E-mail: guerreirorenato@hotmail.com

Orcid: 0000-0001-6419-0489

Eduardo Stieler

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Centro de Treinamento Esportivo (CTE/UFMG)

E-mail: eduardostieler@hotmail.com

Orcid: 0000-0002-0637-6709

Aline Ângela da Silva Cruz

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

E-mail: ninafisiobh@hotmail.com

Orcid: 0000-0002-5391-9825

Marco Túlio de Mello

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Centro de Treinamento Esportivo (CTE/UFMG)

E-mail: tmello@demello.net.br

Orcid: 0000-0003-3896-2208

1 Os autores agradecem o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG (PRPq/UFMG), do Centro de Estudos em Psicobiologia (CEPE), da Secretaria Nacional de Esporte de Alto Rendimento do Ministério da Cidadania (Governo Federal, Brasília, Brazil – Protocolos N° 58000.008978/2018-37 and N° 71000.056251/2020-49), do Comitê Paralímpico Brasileiro (CPB), do Centro de Treinamento Esportivo (CTE/EEFFTO/UFMG), da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da CAPES e do Cnpq

Andressa Silva
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Centro de Treinamento Esportivo (CTE/UFMG)
E-mail: andressa@demello.net.br
Orcid: 0000-0001-8155-4723

Recebido em: 20/10/2021
Reformulado em: 02/11/2021
Aceito em: 02/11/2021