

Respostas fisiológicas ao exercício físico em atletas cadeirantes com lesão medular

Physiological responses to exercise in wheelchair athletes with spinal cord injury

Rafael Menezes-Reis¹; Victor Barbosa Ribeiro²; Hugo Tourinho Filho³

¹Fisioterapeuta, Doutorando pelo Programa de Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo – FMRP-USP. Ribeirão Preto, SP – Brasil.

²Fisioterapeuta e Educador Físico, Doutorando pelo Programa de Ginecologia e Obstetria, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo – FMRP-USP. Ribeirão Preto, SP – Brasil.

³Professor Doutor da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – EEFERP-USP. Ribeirão Preto, SP – Brasil.

Endereço de correspondência

Rafael Menezes-Reis
Av. Bandeirantes, 3900,
14049-090 – Ribeirão Preto – SP [Brasil]
rafamreis@usp.br

Resumo

Introdução: Atletas com lesão medular apresentam redução da sua capacidade aeróbia global, em comparação com indivíduos não portadores de deficiência. Porém, seu treinamento tem sido realizado igual ao de um atleta sadio, desconsiderando suas particularidades. **Objetivo:** Identificar o que tem sido relatado pela literatura nos últimos anos envolvendo a capacidade aeróbia de atletas cadeirantes com lesão medular. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática por meio de busca de artigos originais em inglês publicados e indexados na base de dados PubMed. **Resultados:** Foram encontrados 44 artigos originais, e destes, apenas 17 se enquadraram nos critérios de inclusão desta pesquisa. **Conclusão:** O nível da lesão e o grau de mobilidade afetaram diretamente a capacidade aeróbia dos esportistas. Atletas cadeirantes apresentaram VO_{2pico} e potência aeróbia semelhantes a dos atletas saudáveis, e $FC_{máx}$ maior. Atletas cadeirantes de modalidades esportivas de esforço contínuo exibiram melhor capacidade aeróbia que atletas de esforços intermitentes.

Descritores: Adaptação fisiológica; Cadeiras de Rodas; Esportes; Lesões da medula espinhal.

Abstract

Introduction: Athletes with spinal cord injury have overall aerobic capacity reduced, compared with non-disabled individuals. However, their training has been conducted the same way as a healthy athlete, disregarding their peculiarities. **Objective:** To identify what has been reported in the literature in recent years involving the aerobic capacity of wheelchair athletes with spinal cord injury. **Methods:** A systematic review by searching for original articles published in English and indexed in the PubMed database was performed. **Results:** Forty-four original articles were found and of these only 17 met our criteria for inclusion and exclusion of this research. **Conclusion:** The lesion level and the mobility degree directly affect the aerobic capacity of these athletes. Wheelchair athletes have VO_{2peak} and aerobic power similar to healthy athletes, and higher HR_{max} . Wheelchair athletes in sports that require continuous effort exhibited better aerobic capacity than athletes in sports requiring only intermittent effort.

Key words: Adaptation, physiological; Wheelchairs; Spinal cord injuries; Sports.

Editorial

Artigos

Estudos de casos

Revisões de literatura

Instruções para os autores

Introdução

Indivíduos que apresentam lesão da medula espinhal ou alguma patologia que o leva a ser dependente de uma cadeira de rodas para a locomoção possuem tendência a serem mais sedentários. Tal fato leva à perda de massa muscular e de tecido metabolicamente ativo ao longo do tempo, sendo estas associadas a uma diminuição crônica do gasto energético diário¹. As mudanças fisiológicas podem ser diretamente ligadas ou secundárias à paralisia e devido à maioria das atividades físicas ser realizada na posição sentada². A capacidade de trabalho desses indivíduos é limitada pela perda de controle muscular funcional e pelas alterações do sistema nervoso simpático.

A perda da condução nervosa abaixo do nível da lesão acarreta uma menor ativação muscular global durante os exercícios em relação às pessoas saudias, pois os lesados medulares utilizam praticamente apenas os membros superiores na execução dos movimentos^{3,4}. Assim, é de se esperar que a capacidade cardiorrespiratória e outras medidas fisiológicas e metabólicas relacionadas, como pico do consumo de oxigênio (VO_2 pico), limiar ventilatório (LV), frequência cardíaca (FC) e concentração de lactato, também sejam afetadas. Tais respostas fisiológicas tendem a ser inversamente proporcionais ao nível da lesão, ou seja, quanto mais alta for a lesão medular, menor será a resposta⁵. A baixa capacidade aeróbia de indivíduos com lesão medular é evidenciada ao se observar um maior esforço e dificuldade dos cadeirantes, quando realizam exercícios que envolvem membro superior, ou mesmo quando exercitam membro inferior, em relação à população sadia (redução de 30% do VO_2 pico)⁶.

A redistribuição do sangue durante o exercício é prejudicada pela ausência ou redução de vasoconstrição simpática abaixo da lesão e perda da inervação motora dos músculos da perna pela inatividade de bomba muscular. Há um menor volume de ejeção resultante da diminuição do enchimento ventricular, que, consequen-

temente, é compensado por um aumento da FC⁴. Porém, em lesões ao nível igual ou superior a T5, sua FC máxima (FCmáx) varia de 100 a 135 bpm, valores menores que os da população sadia. A adaptação a longo prazo do coração resulta em um débito cardíaco (DC) menor, o que é cerca de 20% a 30% mais baixo em paraplégicos, quando comparados com os indivíduos saudios⁶. Entretanto, têm-se sugerido que a limitação do VO_2 pico na população de lesados medulares é um problema mais periférico (massa muscular e metabolismo reduzido) do que central⁴.

Estudos prévios têm mostrado que o exercício físico e a prática esportiva voltada para a população cadeirante têm melhorado significativamente não só a qualidade de vida e integração social, mas também suas capacidades psicomotoras e desempenho físico⁷. Pesquisas em atletas saudáveis mostram que o treinamento esportivo diário modifica a atividade cortical, melhorando a eficiência neural no controle fisiológico para as mais diversas atividades⁸, o que poderia ser estendido aos cadeirantes sem comprometimento encefálico. A popularização dos esportes em cadeira de rodas tem crescido ao longo dos anos desde sua introdução nos Jogos de Verão de Stoke Mandeville em 1952 na Inglaterra. Isto é evidente pelo aumento do número de modalidades: de 6 em 1952, para 20 nos Jogos Paraolímpicos de Pequim⁹.

Os estudos com atletas cadeirantes representam um desafio para os pesquisadores pela diversidade de deficiências físicas individuais e uma variedade de capacidades fisiológicas alteradas. Investigações anteriores têm documentado que esportes em cadeiras de rodas em quadra envolvem movimentos de alta intensidade e de natureza repetitiva¹⁰. Apesar disso, as pesquisas têm relatado que modalidades coletivas como o basquetebol e o rugby, bem como as individuais, possuem uma exigência tanto de capacidades aeróbias (22%) quanto anaeróbias (28%), dado a particularidade de os esportes serem praticados sobre uma cadeira de rodas durante o tempo de jogo, e as características funcionais e fisiológicas advindas do tipo de lesão do atleta⁴. No caso dos

atletas cadeirantes de corrida, depende da modalidade: *sprints* curtos de 100 m, cuja duração é de 14 a 20 segundos, utilizam basicamente o metabolismo ATP/CP; corridas de maior duração de 200 m a 400 m (30 segundos a 1 minuto e meio) fazem uso do sistema anaeróbio glicolítico, em que há metabolização dos carboidratos com a produção de lactato; já nas corridas de fundo, excedendo os 5000 m, predomina o metabolismo aeróbio, cuja queima de carboidratos e gordura ocorre sem o acúmulo de lactato⁵.

O crescente estímulo à população cadeirante para a prática esportiva e os resultados em competições oficiais cada vez mais difíceis exigem que o treinamento do atleta cadeirante seja ainda mais específico e direcionado. Contudo, a escassez de informações ou desconhecimento dos profissionais envolvidos leva-os, muitas vezes, a seguir os padrões de treino de atletas saudáveis, cuja fisiologia difere bastante do indivíduo com lesão medular. Tal problema é ainda maior quando o exercício físico é relacionado às capacidades aeróbias do atleta, que estão entre as mais afetadas por este tipo de lesão. Assim, objetivou-se neste trabalho realizar uma revisão de artigos originais publicados em revistas científicas indexadas em bases de dados sobre o tema: respostas fisiológicas ao exercício aeróbio em atletas cadeirantes com lesão medular.

Métodos

Esta revisão sistemática foi realizada por meio de busca de artigos originais em inglês publicados e indexados na base de dados PubMed de janeiro de 1984 até junho de 2014. Para a pesquisa, utilizaram-se as seguintes combinações de palavras-chave: “*aerobic*”, “*wheelchair*” e “*sports*”; e “*endurance*”, “*wheelchair*” e “*sports*”. Foram incluídos neste estudo os trabalhos que se

adequavam aos seguintes critérios de inclusão: artigos originais referentes ao tema publicados nos últimos 30 anos, textos disponíveis em versão digital, pesquisas publicadas em periódico que apresente fator de impacto, estudos observacionais (transversais e longitudinais) e ensaios clínicos cuja amostra deveria conter pelo menos um grupo de atletas cadeirantes em qualquer modalidade esportiva. Excluíram-se as revisões sistemáticas e os estudos de caso, artigos publicados em outra língua que não fosse a inglesa, textos publicados apenas em versão impressa, e trabalhos cuja amostra estudada não fosse composta por atletas praticantes de algum esporte adaptado.

Resultados

Mediante combinações de palavras-chave, foram encontrados 44 artigos que estavam disponíveis na base de dados até 30/6/2014. Destes, 39 foram localizados por meio das palavras-chave: “*aerobic*”, “*wheelchair*” e “*sports*”; e além destes foram encontrados mais 5, ao realizar a busca com a combinação “*endurance*”, “*wheelchair*” e “*sports*”. Após a leitura dos resumos e que se adequaram à proposta da atual pesquisa, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 17 artigos.

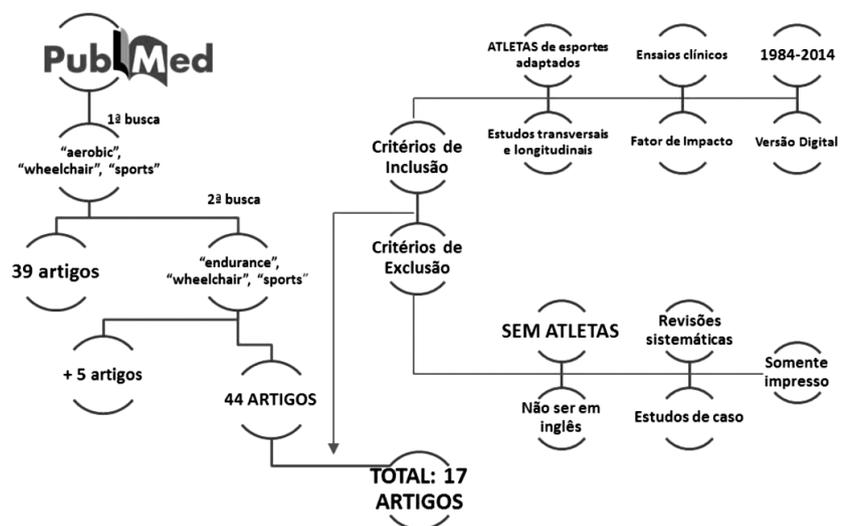


Figura 1: Fluxograma da busca por artigos na base de dados

A Tabela 1 sintetiza as características dos artigos originais que foram encontrados: sua

amostra, modalidade esportiva, objetivos e principais resultados.

Tabela 1: Descrição das características e resultados dos estudos envolvendo respostas aeróbias ao exercício em atletas cadeirantes com lesão medular

| Autor/Ano | Objetivo | Modalidade esportiva | Tipo de lesão | Resultados |
|--|--|--|---|---|
| Asayama et al. ²⁴ , 1985 | Comparar a capacidade aeróbia de corredores de alta <i>performance</i> com os de pior desempenho. | Maratona completa Meia maratona | Paraplegia: T4- L1 Poliomielite | - FC e VO ₂ constantes durante a prova e com aumento no final. - A capacidade aeróbia dos atletas de elite foi maior do que a dos atletas de <i>ranking</i> mais baixo. |
| Bernardi et al. ¹⁵ , 2010 | Avaliar as respostas cardiorespiratórias e metabólicas agudas de atletas paraolímpicos em cinco esportes distintos. | Esqui sentado (n = 5) Corrida (n = 6) Basquetebol (n = 13) Esgrima (n = 6) Tênis (n = 4) | Paraplegia Poliomielite Amputação de MMII | - LV, VO ₂ pico e FC: modalidades contínuas > outros grupos. - VO ₂ pico: sem diferença entre basquetebol e corrida. - Capacidade aeróbia: sem diferença entre os três esportes intermitentes. |
| Campbell et al. ¹² , 1997 | Avaliar o efeito de corridas programadas de acordo com o percentual da velocidade máxima sobre a capacidade aeróbia. | Corridas de fundo | Paraplegia: T12-L2 (n = 10) Tetraplegia: C7 (n = 2) | - Na corrida de 1 h a 80%, a ventilação manteve-se estável. Queda na taxa de troca gasosa após 15 minutos de exercício. - FC aumentou até 45 min de exercício e estabilizou-se. - A resposta da FC: tetraplégicos < paraplégicos. |
| Cooper et al. ²⁵ , 2001 | Avaliar o efeito de dois protocolos de corrida sobre as respostas fisiológicas. | Corrida de fundo | Espinha bífida (n = 1) Paraplegia: T5-L1 (n = 10) | - Não houve diferença no VO ₂ máx, na taxa de trocas gasosas e na PA entre os dois métodos. - Respostas similares a de atletas saudáveis, segundo a AHAS. |
| Goosey-Tolfrey et al. ²⁰ , 2006 | Examinar a relação entre capacidade aeróbia e potência no <i>sprint</i> . | Tênis (n = 4) Rugby (n = 4) | Tetraplegia: C5-C7 | - Lesão incompleta: maior FCpico que os demais. - Correlação positiva (0.74) entre VO ₂ pico e potência aeróbia. |
| Goosey-Tolfrey ¹¹ et al., 2008 | Examinar a validade do teste de aptidão multiestágio comparando VO ₂ máx e distância percorrida com VO ₂ pico. | Basquetebol (n = 24) | Paraplegia Espinha bífida Amputação de MMII Poliomielite | - Correlação baixa a moderada entre as distâncias percorridas e o VO ₂ pico. - Os valores de VO ₂ pico superestimados no teste de velocidade incremental em relação à resistência incremental. |
| Hooker ¹⁸ , 1992 | Comparar potência aeróbia e capacidade aeróbia de corredores cadeirantes com indivíduos saudáveis. | Corrida de rua (Homens = 6, Mulheres = 1) | Paraplegia: T4-T12 | - Corredores homens: pico da potência aeróbia, VO ₂ pico e VO ₂ /peso maiores que não cadeirantes saudáveis. - FC e ventilação sem diferenças. - Corredoras mulheres: pico de potência e VO ₂ maiores que os dos homens. |
| Hutzler ¹⁹ et al., 1998 | Avaliar a influência da idade sobre o desempenho aeróbio e anaeróbio, a intensidade do exercício e classificação funcional. | Basquetebol (n = 22) Trilha (n = 2) Natação (n = 6) Voleibol (n = 4) Tênis de mesa (n = 3) Levantamento de peso (n = 3) Atividades de lazer (n = 10) | Paraplegia alta: T6 e acima (n = 13) Paraplegia baixa: T6-S5 (n = 15) Amputação de MMII (n = 10) Poliomielite (n = 12) | - Relação baixa entre idade e potência aeróbia (R = 0,31) e moderada inversa com FCmáx (R = -0,39). - O nível de intensidade tem relação direta na potência de indivíduos com paraplegia. - O tipo de lesão (amputação ou pólio) influenciou a potência aeróbia, mas não a FCmáx. |
| Lakomy ¹⁶ et al., 1987 | Analisar características fisiológicas e desempenho de atletas cadeirantes em uma distância de 5 km. | Não específica | Paraplegia (n = 10) Tetraplegia (n = 2) | - Ventilação e FCmáx: tetraplégicos < paraplégicos. - Tetraplégicos: ventilação atingiu platô a 90% da velocidade. - Correlação (R = 0,69) entre velocidade e consumo de O ₂ . |

Continua...

Continuação Tabela 1: Descrição das características e resultados dos estudos envolvendo respostas aeróbias ao exercício em atletas cadeirantes com lesão medular

| Autor/Ano | Objetivo | Modalidade esportiva | Tipo de lesão | Resultados |
|--|--|---|---|--|
| Leicht ¹³ et al., 2013 | Avaliar a confiabilidade das variáveis fisiológicas em atletas de ponta de cadeira de rodas. | Basquetebol Rugby Tênis | Paraplegia (n = 8) Tetraplegia (n = 8) Sem lesão medular (n = 8): amputação, displasia de quadril, osteopenia | - O tempo para chegar à fadiga: tetraplégico < outros tipos de lesão. - O VO ₂ pico dos tetraplégicos se mostrou mais susceptível a variações entre o obtido e o real. |
| de Lira ²¹ et al., 2010 | Avaliar as respostas aeróbias e anaeróbias de atletas cadeirantes de basquetebol e correlacionar com o sistema de classificação funcional. | Basquetebol (n = 17) | Paraplegia (n = 7) Poliomielite (n = 8) Amputação de MMII (n = 2) | - Quanto maior o grau de mobilidade dos atletas, maiores foram: Pico de potência relativo (R = 0,9) e absoluto (R = 0,5). VO ₂ pico (R = 0,68) e LV (R = 0,71). |
| Rotstein ¹⁴ et al., 1994 | Avaliar a capacidade aeróbia máxima e limiar anaeróbio de jogadores de basquetebol cadeirantes. | Basquetebol (n = 8) | Paraplegia (n = 4) Poliomielite (n = 1) Amputação de MMII (n = 2) Osteogênese imperfeita (n = 1) | - Baixas correlações entre pico do exercício, VO ₂ e ventilação, quando mensurados na esteira e no cicloergômetro (R = 0,57 p = 0,137 e R = 0,4 p = 0,233, respectivamente). - Indivíduos apresentaram baixa capacidade aeróbica e baixo limiar anaeróbio. |
| Schmid ²³ et al., 1998 | Comparar as respostas fisiológicas entre cadeirantes sedentários e atletas. | Basquetebol (n = 13) | Paraplegia: T1-L5 (n = 9) Amputação de MMII/Poliomielite (n = 4) | - Volumes cardíacos: atletas > sedentários; atletas com lesão medular < amputados. - Taxa de trabalho, VO ₂ máx e lactato Max.: atletas > sedentários. - Sem diferença na FCmáx entre grupos e tipos de lesão. |
| van der Woude ¹⁷ et al., 2002 | Análise da capacidade aeróbia e associação com várias características individuais de <i>sprint</i> e capacidade anaeróbia. | Basquetebol Corredores | Tetraplegia Paraplegia Paralisia Cerebral | - Lesão alta: FCmáx e potência pico menores nos grupos de corrida e paralisia cerebral. - Forte associação entre capacidade aeróbia, peso corporal e horas de treino (variação de 24%). - Correlação de moderada a alta entre as capacidades aeróbias e anaeróbias. |
| Vinet ²² et al., 2002 | Fornecer uma equação consumo máximo de VO ₂ pico em atletas cadeirantes por meio do teste de Léger adaptado e de Boucher. | Corrida Tênis Esgrima Natação Basquetebol | Paraplegia (n = 39) Amputação (n = 5) Poliomielite (n = 12) | - Sem diferença no VO ₂ pico de homens e mulheres. - Para os paraplégicos, os coeficientes são diferentes caso a lesão seja alta ou baixa. - O nível de lesão e capacidade funcional são muito relevantes para prever o VO ₂ máx esperado dos atletas. |
| West ²⁶ et al., 2014 | Avaliar os efeitos do treinamento muscular inspiratório sobre as respostas do exercício em atletas tetraplégicos. | Rugby (n = 12) | Tetraplegia | - Aumento da potência pico, VO ₂ pico e LV. - Diminuição da ventilação por minuto e na frequência respiratória. |
| West ²⁷ et al., 2014 | Avaliar os efeitos da musculatura abdominal sobre o desempenho esportivo. | Rugby (n = 10) | Tetraplegia | - Não houve efeito da musculatura sobre o VO ₂ e a eficiência motora grossa no teste submáximo. - Acúmulo de lactato e desconforto nos membros na contração. |

Discussão

Segundo o levantamento bibliográfico, de forma geral, sem discriminar a modalidade esportiva e nível de lesão, o VO₂pico dos atletas cadeirantes com lesão medular variou numa faixa de 0,9 a 3,6 l/min; a FCmáx de 105 a 196 bpm; o LV de 1,22 a 2,17 l e 38,3 a 79 ml/kg/min; a ventilação máxi-

ma de 29,1 a 101,1 l/min; lactato máximo 3,4 a 7,8 mmol; e a potência pico de 22,3 W a 147 W. Estes intervalos mostram como é grande a variabilidade dessa população, e que os fatores: modalidade esportiva, nível e gravidade da lesão e sexo dos atletas, possuem grande influência sobre a capacidade aeróbia de indivíduos com lesão medular, mesmo em se tratando de atletas de alto rendimento.

Influência do tipo de lesão sobre as respostas fisiológicas

Com relação ao nível e tipo de lesão, existe uma diferença estatisticamente significativa entre atletas paraplégicos e tetraplégicos quanto às suas capacidades aeróbias. Atletas paraplégicos conseguiram atingir valores mais elevados quanto ao VO_2 pico, FC e limiar ventilatório^{11-13,16,17}, bem como foram capazes de suportar uma concentração maior de lactato sanguíneo em relação aos tetraplégicos¹³. Hooker e Wells¹⁸ não encontraram variação nas respostas fisiológicas em paraplégicos com lesão do nível T4 até o T12. Os atletas cujas lesões eram incompletas, tanto paraplégicos quanto tetraplégicos, apresentaram capacidades aeróbias (VO_2 pico, FCmáx e potência pico) superiores aos de lesão completa^{12,17,19,20}. Quando comparados atletas cadeirantes com lesão medular com esportistas cuja etiologia fosse outra patologia de origem não central (amputação de membro inferior, amputação decorrente de poliomielite, ou processos degenerativos de origem óssea), os grupos com lesão neurológica apresentaram capacidades aeróbias e anaeróbias significativamente reduzidas em relação aos grupos sem lesão medular¹⁹. Quanto mais alto o nível da lesão, maior o comprometimento das vias do sistema nervoso simpático, o que explica a resposta cardiorrespiratória reduzida dos tetraplégicos²¹. Secundariamente, existe uma menor capacidade de recrutamento motor devido à inatividade de condução nervosa, acarretando uma série de comprometimentos metabólicos no músculo por desuso e também no sistema circulatório. Assim, com um melhor grau de mobilidade e desempenho funcional, espera-se maiores resultados na potência, LV e VO_2 pico^{21,22}. Ao comparar atletas cadeirantes com cadeirantes sedentários, Schmid et al.²³ viram que os esportistas apresentaram maior taxa de trabalho, consumo máximo de oxigênio e lactato máximo que os sedentários. Contudo, não observaram diferença entre atletas com lesão medular baixa e os praticantes de esporte amputados.

Com relação às variáveis individuais e fisiológicas e suas interações, os resultados apresentaram-se variados. Um estudo mostrou que há uma correlação forte entre VO_2 pico e potência aeróbia e que o nível de intensidade do exercício tem relação direta com sua potência¹⁹. Entretanto, a existência de uma relação entre potência anaeróbia e potência aeróbia são controversas na literatura^{17,20}. Outro fator importante, a idade dos atletas, mostrou ter certa influência na potência aeróbia e uma relação inversa com a FCmáx atingida¹⁹. Os atletas mais velozes apresentaram uma maior taxa de consumo de oxigênio (O_2)¹⁶, tiveram uma forte associação entre capacidade aeróbia, peso corporal e horas de treino, porém, sem correlação com índice de fadiga¹⁷. Quando comparados homens e mulheres, Vinet et al.²² não encontraram diferenças entre atletas de ambos os gêneros.

Influência da modalidade esportiva sobre as variáveis cardiorrespiratórias

Com relação às modalidades praticadas pelos cadeirantes nos estudos selecionados, pôde-se observar um predomínio do basquetebol (nove artigos) e da corrida (sete), seguido pelo rugby (quatro). Com relação às corridas, a modalidade mais encontrada foi a corrida de fundo, a qual tem sido praticada tanto por atletas tetraplégicos quanto por paraplégicos. Foi visto que nesse tipo de corrida a FC e o VO_2 pico aumentam continuamente até os 45 minutos de exercício e mantêm-se estáveis durante uma prova, observou-se também que a FC aumenta significativamente no final da prova^{12,24}. Cadeirantes corredores de elite apresentaram VO_2 parecidos com os de atletas saudáveis, exceto a FCmáx que se mostrou extremamente maior em relação aos valores encontrados na literatura^{24,25}. Os atletas paraplégicos apresentam tendência para atingir uma FCmáx maior que os tetraplégicos, porém ambos os tipos de lesão mostram FCmáx inferior a outras patologias²⁵.

Em esportes de esforço contínuo, o LV, VO_2 pico e $FC_{máx}$ foram maiores que nos de esforços intermitentes, de quadra ou individuais. Porém, ao comparar atletas paraplégicos de basquetebol com corredores, Bernardi et al.¹⁵ não encontraram diferença no VO_2 pico entre estas duas modalidades. No caso de corredores tetraplégicos, existe uma diferença decorrente da lesão¹³. O basquetebol é jogado exclusivamente por atletas cadeirantes que tenham preservada a mobilidade de membros superiores (paraplégicos e amputados). Verificou-se que o grau de mobilidade, considerando a divisão em paraplegia alta e baixa, apresenta correlação moderada a alta com VO_2 pico e a potência relativa e absoluta²¹. Os jogadores de basquetebol com maior VO_2 e $FC_{máx}$ exibiram melhor *performance* durante o jogo²³. Com relação a esportes exclusivamente praticados por tetraplégicos, Goosey-Tolfrey et al.²⁰ encontraram boa correlação entre VO_2 pico e potência aeróbia. No entanto, não houve relação entre as capacidades aeróbias e anaeróbias.

Foram identificados apenas dois estudos^{26,27} nos quais se propuseram algum tipo de treinamento ou intervenção para a melhora do desempenho dos atletas. West et al.²⁶ avaliaram os efeitos do treino muscular inspiratório sobre as respostas do exercício em atletas tetraplégicos e observaram que houve melhora na força expiratória máxima, VO_2 pico, potência pico e LV, bem como redução na ventilação minuto e na frequência respiratória. Os mesmos autores²⁷ avaliaram o efeito de exercícios de contração abdominal sobre o desempenho de jogo e capacidades aeróbias e notaram que não houve efeito da musculatura sobre o VO_2 e a eficiência motora grossa em teste submáximo, mas relataram que houve acúmulo de lactato e desconforto nos membros. Ao contrário das modalidades esportivas de indivíduos saudáveis, em que vários modelos e propostas de intervenção para melhora do rendimento do praticante vêm sendo pesquisados, as modalidades paraolímpicas ainda mostram vasta lacuna na literatura científica no que diz respeito ao treinamento de atletas de alto rendimento. Tal fato se deve a amostras

reduzidas e de difícil acesso por se tratarem de indivíduos deficientes praticantes de uma modalidade esportiva, tornando-se complicada a extrapolação dos dados amostrais para toda essa população. Além disso, a alta variabilidade de achados e de fatores influenciadores dificultam a padronização e a capacidade de prever resultados destes atletas.

Conclusão

Foi visto que o nível da lesão e o grau de mobilidade afetam diretamente a condição cardiorrespiratória dos atletas com deficiência e que os tetraplégicos apresentam suas capacidades reduzidas em relação aos paraplégicos. Os atletas cadeirantes apresentam o consumo máximo de oxigênio e potência aeróbia semelhante aos saudáveis, porém, sua frequência cardíaca é mais elevada. De maneira geral, as modalidades esportivas contínuas exibiram melhores resultados sobre as variáveis aeróbias que as intermitentes.

Referências

1. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *MedSci Sports Exerc.* 1993;25(1):71-80.
2. Collins EG, Gater D, Kiratli J, Butler J, Hanson K, Langbein WE. Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury. *MedSci Sports Exerc.* 2010;42(4):691-700.
3. Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Med.* 1986;3(5):312-30.
4. Goosey-Tolfrey VL, Leicht CA. Field-based physiological testing of wheel chair athletes. *Sports Med.* 2013;43(2):77-91.
5. Bhambhani Y. Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. *Sports Med.* 2002;32(1):23-51.



6. Colivicchi F, Bassi A, Trallesi M. Exercise physiology, benefits of physical activity and training prescription in paraplegic subjects. *EurMedicophys.* 2002;38(2):107-11.
7. McVeigh SA, Hitzig SL, Craven BC. Influence of sport participation on community integration and quality of life: a comparison between sport participants and non-sport participants with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2009;32(2):115-24.
8. Nakata H, Yoshie M, Miura A, Kudo K. Characteristics of the athletes' brain: evidence from neurophysiology and neuroimaging. *Brain Res Revr.* 2010;62(2):197-211.
9. Gold JR, Gold MM. Access for all: the rise of the Paralympic Games. *J R SocPromot. Health.* 2007;127(3):133-41.
10. Vanlandewijck YC, Daly DJ, Theisen DM. Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. *Int J Sports Med.* 1999;20(8):548-54.
11. Goosey-Tolfrey VL, Tolfrey K. The multi-stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. *J Sports Sci.* 2008;26(5):511-7.
12. Campbell IG, Williams C, Lakomy HK. Physiological responses of wheelchair athletes at percentages of top speed. *Br J Sports Med.* 1997;31(1):36-40.
13. Leicht CA, Tolfrey K, Lenton JP, Bishop NC, Goosey-Tolfrey VL. The verification phase and reliability of physiological parameters in peak testing of elite wheelchair athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(2):337-45.
14. Rotstein A, Sagiv M, Ben-Sira D, Werber G, Hutzler J, Annenburg H. Aerobic capacity and anaerobic threshold of wheelchair basketball players. *Paraplegia.* 1994;32(3):196-201.
15. Bernardi M, Guerra E, Gi Giacinto B, Di Cesare B, Di Cesare A, Castellano V, Bhambhani Y. Field evaluation of paralympic athletes in selected sports: implications for training. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(6):1200-8.
16. Lakomy HK, Campbell I, Williams C. Treadmill performance and selected physiological characteristics of wheelchair athletes. *Br J Sports Med.* 1987;21(3):130-3.
17. van der Woude LH, Bouten C, Veeger HE, Gwinn T. Aerobic work capacity in elite wheelchair athletes: a cross-sectional analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(4):261-71.
18. Hooker SP, Wells CL. Aerobic power of competitive paraplegic road racers. *Paraplegia.* 1992;30(6):428-36.
19. Hutzler Y, Ochana S, Bolotin R, Kalina E. Aerobic and anaerobic arm-cranking power outputs of males with lower limb impairments: relationship with sport participation intensity, age, impairment and functional classification. *Spinal Cord.* 1998;36(3):205-12.
20. Goosey-Tolfrey V, Castle P, Webborn N, Abel T. Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. *Br J Sports Med.* 2006;40(8):684-7.
21. de Lira CA, Vancini RL, Minozzo FC, Sousa BS, Dubas JP, Andrade MS, et al. Relationship between aerobic and anaerobic parameters and functional classification in wheelchair basketball players. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(4):638-43.
22. Vinet A, Le Gallais D, Bouges S, Bernard PL, Poulain M, Varray A, Micallef JP. Prediction of VO₂(peak) in wheelchair-dependent athletes from the adapted Léger and Boucher test. *Spinal Cord.* 2002;40(10):507-512.
23. Schmid A, Huonker M, Stober P, Barturen JM, Schmidt-Trucksäss A, Dürr H, et al. Physical performance and cardiovascular and metabolic adaptation of elite female wheelchair basketball players in wheelchair ergometry and in competition. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998;77(6):527-33.
24. Asayama K, Nakamura Y, Ogata H, Hatada K, Okuma H, Deguchi Y. Physical fitness of paraplegics in full wheelchair marathon racing. *Paraplegia.* 1985;23(5):277-87.
25. Cooper RA, Baldini FD, Boninger ML, Cooper R. Physiological responses to two wheelchair-racing exercise protocols. *Neurorehabil Neural Repair.* 2001;15(3):191-5.
26. West CR, Taylor BJ, Campbell IG, Romer LM. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(5):764-72.
27. West CR, Campbell IG, Goosey-Tolfrey VL, Mason BS, Romer LM. Effects of abdominal binding on field-based exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. *J Sci Med Sport.* 2014;17(4):351-5.