

Respostas cardiovasculares e avaliação da potência aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal

Cardiovascular responses and assessment of aerobic power in individuals with spinal cord injury

Lucinar J. Forner Flores¹
Melissa Antunes²
Anselmo Athayde Costa e Silva²
José Irineu Gorla³

Resumo

O objetivo deste estudo foi revisar na literatura atual os métodos e variáveis do consumo máximo de oxigênio/potência aeróbia e aspectos relacionados com a capacidade aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal. Foi utilizada a busca através da base de dados Sciverse - com os seguintes termos: Spinal cord injury, Tetraplegia, Paraplegia cruzados com Physical endurance, Exercise tolerance, Peak oxygen consumption. Para inclusão no estudo os artigos deveriam obedecer os seguintes critérios a) avaliação da potencia aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal na fase crônica da lesão, b) resultados com tetraplégicos ou paraplégicos, c) interação dos itens anteriores com VO_2 máx (l/min ou ml/kg/min) e duração de esforço em cadeira de rodas, sendo publicados a partir do ano de 2000 até o presente momento da escrita do trabalho em 2012. Após cruzamentos de termos pré-selecionados, foram selecionados 26 artigos. A partir dos estudos revisados, observa-se uma grande variação de modelos, testes e maneiras de avaliar componentes fisiológicos relacionados aos sistemas cardiorrespiratórios e circulatórios. Esta gama de métodos parece estar relacionada à heterogeneidade da população/amostra e consequentemente, os resultados, por mais similares que sejam em alguns aspectos, apresentam valores discretos de proximidade, revelando uma necessidade de padronização para estes procedimentos nesta população. Com isto, é evidente a importância de estudos bem controlados e com nível tecnológico avançado para melhores prognósticos e acompanhamentos de pessoas com lesão da medula espinhal, seja para atividades esportivas, melhora de aspectos de riscos cardiovasculares ou para o cotidiano do dia a dia.

Palavras-chave

Consumo de oxigênio; Tetraplegia; Paraplegia.

Abstract

This study aimed to review in current literature methods and variables of maximal oxygen consumption, aerobic power and aspects related to aerobic capacity in people with spinal cord injury. The survey was through the Sciverse -website with the following terms: Spinal Cord Injury, quadriplegia, paraplegia crossed with physical endurance, exercise tolerance, peak oxygen power. To be included in the study the articles should present the following criteria a) assessment of aerobic power in people with spinal cord injury in the chronic phase of the injury, b) results with quadriplegics or paraplegics, c) interaction of the above items with VO_2 max (l / min or ml / kg / min) and duration of effort in wheelchair, being published from year 2000 to date the year 2012. After crossing the pre-selected terms, 26 full articles were selected. From the reviewed studies, it was noticed a wide variation of models, tests and ways to evaluate physiological components related to cardiorespiratory and circulatory systems. This range of methods seems to be related to the heterogeneity of the population sample and therefore, even the results resembled in some aspects, they are discrete proximity values, revealing a necessity to standardize these procedures for this sample group. Studies well controlled with high technological level are important to establish better prognostics for people with spinal cord injuries, becoming possible to establish cardiovascular risk factors in sport practice or daily living activities in this population.

Keywords

Oxygen consumption; Tetraplegia; Paraplegia.

INTRODUÇÃO

Atualmente tem crescido o número de mortes causadas por doenças relacionadas ao fenômeno hipocinesia. Doenças como diabetes, hipertensão e acidente vascular cerebral têm aumentado sua incidência ¹. Como uma forma de enfrentar este problema o treinamento físico regular é uma relevante opção, pois, confere efeitos benéficos diretamente relacionados aos domínios da aptidão física, como por exemplo, aspectos da composição corporal em que o exercício colabora para redução dos níveis de gordura corporal e aumento de massa magra ² e aspectos neuro-musculares em que ocorre aumento dos níveis de força que podem estar relacionados a aumentos da funcionalidade.

Com relação aos aspectos cardiovasculares as melhoras decorrentes do exercício ocorrem, em parte, por que o treinamento físico melhora a capacidade de trabalho do músculo esquelético, aumentando a condutância na circulação periférica; além disso, aprimora também a modulação extrínseca do coração e intrínseca da bomba cardíaca ². Evidências sugerem que a magnitude desses benefícios citados aumenta proporcionalmente com a intensidade das sessões de exercício físico que constituem o programa de treinamento físico. Gulatti *et al*³ sugerem que os efeitos benéficos do exercício físico regular podem depender da intensidade e volume de trabalho realizado.

A potência aeróbia máxima, definida como a máxima absorção, transporte e consumo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é, geralmente, considerado o melhor marcador para a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório. A medida direta de $VO_{2máx}$ durante um teste máximo ergométrico é considerada o melhor método para avaliar a potência aeróbia ⁴.

A lesão da medula espinhal (LME) provoca alterações motoras e sensoriais no indivíduo, acarretando consequências sociais na vida da maioria dessas pessoas, especialmente para aqueles com lesão alta (lesão acima da 1ª vértebra torácica) e, conseqüentemente, capacidade física reduzida. Essa capacidade pode ser definida por uma série de componentes inter-relacionados, tais como, $VO_{2máx}$, força muscular e função cardiovascular e pulmonar ¹. Além da disfunção física e sensorial, a LME provoca várias sequelas, entre elas, a redução da capacidade cardiorrespiratória, conseqüência direta da mobilidade reduzida em decorrência da paralisia ⁵. A vida dependente da cadeira de rodas implica na dificuldade em manter um estilo de vida ativo, o que, juntamente com um estado sedentário, promove o desenvolvimento de quadros de obesidade, síndrome metabólica, diabetes e doenças cardiovasculares que limitam as repostas fisiológicas à atividade motora, e conduzem à rápida instalação da fadiga ¹.

A redução do nível de atividade física e as alterações adversas na composição corporal causadas pela lesão têm conseqüências metabólicas que podem influenciar o avanço e a gravidade de doenças cardiovasculares ⁶. Com isto, é evidente a importância de estudos bem controlados e com nível tecnológico avançado para melhores prognósticos e acompanhamentos de pessoas com lesão da medula espinhal, seja para atividades esportivas, melhora de aspectos de riscos cardiovasculares ou para o cotidiano do dia a dia.

Stevens *et al.* ⁷ demonstraram que existe uma importante correlação positiva entre a qualidade de vida e nível da prática de atividade física em indivíduos com LME. Sendo assim, o engajamento desses indivíduos em programas regulares de exercícios físicos deve ser incentivado, pois, trata-se de uma abordagem promissora, com boa proporção custo-benefício, e eficaz na promoção da saúde e

da qualidade de vida, trazendo inúmeros benefícios que se revelam na melhora do desempenho da vida diária, na promoção do bem estar físico e social e na redução da incidência de complicações clínicas, favorecendo a independência funcional desses indivíduos.

O objetivo do presente estudo foi revisar na literatura atual os métodos e variáveis para avaliação do consumo máximo de oxigênio/potência aeróbia e aspectos relacionados com a capacidade física aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal devido a importância desta variável para o desenvolvimentos de programas de exercício físico na população específica pessoas com LME.

MÉTODOS

Este trabalho caracterizou-se como uma revisão sistemática de literatura que consiste em análise da produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, e fornece uma visão geral do problema pesquisado, evidenciando novas ideias, métodos e sub-temas⁸. Foi utilizada a busca através do site de busca integrada Sciverse (www.hub.sciverse.com) o qual integra as bases PUBMED, Science Direct, Scopus entre outras. Os unitermos utilizados foram: *Spinal Cord Injury, tetraplegia, paraplegia* cruzados com *physical endurance, exercise tolerance, peak oxygen consumption*. Para inclusão no estudo os artigos deveriam obedecer os seguintes critérios a) avaliação da potencia aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal na fase crônica da lesão, b) resultados com tetraplégicos ou paraplégicos, c) interação dos itens anteriores com VO_{2max} (l/min ou ml/kg/min) e duração de esforço em cadeira de rodas, sendo publicados a partir do ano de 2000 até o presente momento do ano de 2012.

A base estrutural adotada seguiu o formato aplicado por Haisma *et al.*⁹. Foram encontrados 296 artigos com os termos usados para a pesquisa inicial nas bases de dados. Após cruzamentos de termos pré-selecionados, foram selecionados 26 artigos completos, sendo 3 revisões e os demais artigos originais de revistas nacionais e internacionais, sendo que foram excluídos artigos que não lidavam com sujeitos atletas de esporte em cadeira de rodas.

RESULTADOS

Na revisão de Theisen e Vanlandewijck¹⁰, encontrou-se evidencia de que os resultados cardiovasculares apresentados em relação ao volume sistólico menor nas pessoas com lesão da medula espinhal (paraplégicos), quando comparados com pessoas ditas “saúdáveis” do grupo controle (sem lesão de medula), e uma FC maior para valores de VO_2 submáximo para o grupo LME quando em comparação ao grupo controle. Este fator é relacionado à redução da atividade simpática, ocorrida após lesão medular. A FC máxima em exercícios normalmente é bastante afetada principalmente em lesados acima da 6ª vértebra torácica (T6), ficando o relato de valores entre 115 – 130 bpm, conforme estes mesmo autores.

Outra importante revisão realizada dentro do período proposto deste estudo foi a de Teasell e colaboradores¹¹, na qual os autores evidenciam a discussão das consequências cardiovasculares após lesão medular e controle do sistema nervoso simpático. Num destes textos citados, Eriksson e colaboradores (1988) *apud* Teassel *et al.*¹¹ avaliaram 58 homens (lesões medulares entre C4 e L4) sendo 25 treinados, 33 não treinados. Durante o exercício físico máximo em cadeira de rodas, a média de FC apresentada foi de 119 bpm para não treinados e 118 bpm

para os treinados, não apresentando diferenças estatísticas na média de FC em teste máximo entre pessoas com lesão da medula espinhal pareados por status de treinamento, o que leva a crer que o exercício físico regular não conseguiu auxiliar a atuação da atividade simpática cardíaca nesta amostra¹².

Lovell *et al.*¹³ realizaram uma investigação cuja proposta era comparar as respostas cardiorrespiratórias e eficiência mecânica de atletas de ciclismo com lesão da medula espinhal (n=10) com sujeitos não atletas com LME (n=10). Para tanto os participantes foram submetidos a um teste aeróbio sub-máximo em ergômetro de braço, com dois estágios constantes de 4 minutos separados por um minuto de intervalo. O grupo atletas apresentou VO_{2pico} de $40,4 \pm 5,5$ ml/kg/min significativamente maior do que o outro de sujeitos não atletas ($21,23 \pm 4,7$ ml/kg/min).

Bernard *et al.*¹⁴, avaliaram 12 indivíduos (média de idade 30 anos) atletas com paraplegia, divididos em dois grupos, um com lesão de nível alto (acima da oitava vértebra torácica) e outro baixo. A avaliação cardiorrespiratória ocorreu na cadeira de rodas em esteira rolante com incremento de carga de 1km/h/min, iniciando o teste com 4km/h. Durante o exercício máximo, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos para os valores cardiorrespiratórios e ventilatórios. Apesar da ausência de diferenças significativas, os maiores valores máximos alcançados foram do grupo com lesão baixa, confirmando a maior capacidade de adaptação ao exercício físico no grupo de lesão torácica inferior. Também com paraplégicos Knechtle e Kopfli.¹⁵, analisaram 11 jogadores de basquete em cadeira de rodas (média de idade de 28 anos). Neste estudo, foi aplicado um protocolo de exercício físico com aumento da inclinação na esteira para verificação da possibilidade de utilização de um protocolo com inclinação na esteira em pessoas com lesão da medula espinhal (abaixo de T1). Oito jogadores tinham LME, dois tinham lesão do sistema nervoso central e um teve poliomielite. Foram mensurados o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{ máx}}$) e a frequência cardíaca (FC), enquanto o nível de lactato foi determinado imediatamente após o protocolo de exercício. Os atletas apresentaram aumentos significativos em relação à frequência cardíaca máxima ($185 \pm 11,4$ bpm), lactato máximo ($10,2 \pm 2,1$ mmol / l) e $VO_{2\text{ máx}}$ ($35,1 \pm 4,9$ ml/min/kg). Diante dos resultados, ficou constatado que um protocolo de exercício com inclinação crescente é uma alternativa válida de avaliação do componente aeróbio em comparação com um protocolo de exercício com velocidade crescente.

Mantendo a sequência de análises com sujeitos paraplégicos Jacobs, Nash e Rusinowski¹⁶ avaliaram os efeitos do treinamento em circuito sobre a capacidade cardiorrespiratória e força muscular. Dez homens com paraplegia nos níveis entre T5-L1 participaram do estudo. Os indivíduos completaram 12 semanas de treinamento em circuito, usando uma série de exercícios alternados de resistência muscular e ergometria de braço de baixa resistência. Após o protocolo de treinamento, foram testadas a força isocinética da extremidade superior e a capacidade cardiorrespiratória. Aumentos significativos foram observados no consumo máximo de oxigênio (29,7%, $p < 0,01$) e na potência de pico durante o teste do braço ($p < 0,05$). Este modelo de treinamento se mostrou eficaz para melhora cardiovascular e na capacidade de força dos participantes do programa de exercícios físicos regulares.

Outro exemplo importante, da aplicação do treinamento físico como situação de intervenção em pessoas com lesão da medula espinhal foi o de Bougenot *et al.*,¹⁷ no qual participaram sete indivíduos paraplégicos não treinados do sexo masculino com média de 35 anos de idade e que apresentavam pelo menos 12 anos pós lesão. Foram avaliados os efeitos de um programa de treinamento com duração de 6 semanas, sobre variáveis cardiorrespiratórias em teste ergométrico com incre-

mento de carga de 10W a cada dois minutos e iniciando o teste com 15W. O protocolo de treinamento compunha-se de 45 minutos propulsão em esteira rolante, três vezes por semana. Os resultados obtidos mostraram aumentos significativos das variáveis $VO_{2\text{máx}}$ e potência pico (watts). O treinamento físico realizado em ergômetro de braço em pessoas com lesão da medula espinal foi eficiente na melhora de variáveis cardiovasculares, concluindo que o treinamento físico traz adaptações positivas para a aptidão física e capacidade aeróbia.

Vanderthommen *et al.*¹⁸ avaliaram 37 indivíduos (sendo: 26 paraplégicos, dois tetraplégicos, cinco com sequelas de poliomielite e quatro amputados; os autores relataram a participação de duas mulheres, porém não discriminaram o tipo de deficiência) através de proposta de teste progressivo de quadra (octogonal) para usuários de cadeira de rodas, no qual foi usado protocolo intermitente/progressivo com bip sonoro. Os valores médios do grupo estudado foram de: idade 36,5 anos; massa corporal 77,7kg; estatura 177 cm; tempo de lesão 16,5 anos e tempo de uso da cadeira de rodas 11 anos. O registro do $VO_{2\text{máx}}$ foi através da análise direta de gases no equipamento portátil (K4b2 system). Já a análise da concentração de lactato sanguíneo foi realizada através YSI modelo 1500 (*Yellow springs instruments*). Os resultados encontrados no estudo foram: $25,2\pm 5,9$ ml/kg/min de $VO_{2\text{máx}}$ /pico; 172 ± 26 bpm de FC máx; $5,4\pm 1,9$ mmol/l de lactato máximo. Diante dos resultados, a proposta de teste progressivo foi considerada válida para avaliação aptidão física em usuários de cadeira de rodas.

Com uma amostra expressiva para as características dos estudos na área da atividade física adaptada Janssen e colaboradores¹⁹ avaliaram 166 indivíduos (20 mulheres). No entanto foi observada grande heterogeneidade da amostra com relação as variáveis idade, massa corporal, nível da lesão, tempo de lesão, e o nível de realização de atividades físicas. Todos os participantes da pesquisa apresentavam lesão por, pelo menos, 7 anos e eram praticantes de atividades físicas regulares por, no mínimo, 4h semanais. O estudo consistiu em um teste progressivo, em cadeira de rodas, para determinar o consumo máximo de oxigênio e a potência máxima, incluindo também um teste de *sprint* em cadeira de rodas para determinar a potência anaeróbia e um teste de força isométrica. Embora a variação de resultados tenha sido entre 48 a 80%, o que pode ser explicada pela heterogeneidade da amostra (nível da lesão, o nível de atividade, sexo, idade, massa corporal, e tempo de lesão), os pesquisadores concluíram que, ainda que a capacidade física seja amplamente determinada por fatores que não podem ser alterados na população com LME – como o nível da lesão, idade e sexo – os fatores mutáveis, como o nível de atividade física habitual e a composição corporal (baixo componente de gordura), desempenharam um papel adicional nesta amostra para determinação dos melhores resultados¹⁹.

Dallmeijer *et al.*²⁰ compararam respostas cardiorrespiratórias em um modelo de ergômetro de braço e em cadeira de rodas. Participaram do estudo 2 grupos subdivididos em nove indivíduos com lesão medular (paraplégicos) e dez sem lesão medular do sexo masculino (36 anos). Duas séries de 4 minutos de exercício físico submáximo em 25 e 35 Watts de potência, seguidos por exercício de 1 minuto com potência crescente até a exaustão, foi o protocolo utilizado. Os resultados mostraram menores valores de $VO_{2\text{máx}}$, ventilação (VE), FC, taxa de percepção de esforço e uma maior eficiência bruta no ciclo ergômetro de braço em ambos os grupos, enquanto que não foram encontradas diferenças significativas em potência pico e pico de $VO_{2\text{máx}}$, VE e FC quando usado o ciclo ergômetro de braço em ambos os grupos. Para este estudo, ficou evidenciado a igualdade de respostas cardior-

respiratórias em ambos os grupos, mesmo utilizando-se de diferentes modelos de equipamentos para a avaliação aeróbia. Estes resultados ainda indicam a possibilidade de usuários de cadeira de rodas usarem o modelo de ergômetro de braço, para as atividades diárias, pois possui uma maior mobilidade e não prejudicou significativamente as respostas cardiovasculares e respiratórias analisadas.

Em uma interessante comparação entre um grupo de indivíduos com diferentes níveis de lesão e outro grupo controle sem LME, Hopman *et al.*²¹ avaliaram, em ciclo ergômetro de braço com incremento de carga de três, cinco ou 10W/min, seis indivíduos paraplégicos e seis indivíduos tetraplégicos com média de idade de 33 anos (10 sujeitos no grupo controle), praticantes de atividade física regular por pelos menos 4h/semana. O consumo de oxigênio durante o exercício aumentou no grupo controle sem deficiência, bem como em pessoas com paraplegia e, em menor grau, nas pessoas com tetraplegia, indicando que o consumo máximo de oxigênio durante o exercício físico de braço é limitado pelo fornecimento de oxigênio ao invés do tamanho da massa muscular envolvida e pequenas limitações bioquímicas relacionadas.

Knechtle *et al.*²² avaliaram 10 atletas usuários de cadeiras de rodas treinados e 10 ciclistas treinados com o objetivo de determinar a taxa de oxidação de gordura, a fim de fornecer recomendações para a utilização de ciclo ergômetro. Foi avaliada a capacidade aeróbia através do teste de VO_{2max} em um ciclo ergômetro de braço e bicicleta ergométrica, respectivamente. Os atletas deficientes mostraram uma tendência de maior concentração de lactato em cada intensidade em relação aos ciclistas. Os atletas usuários de cadeiras de rodas bem treinados alcançaram a maior oxidação de gordura no ciclo ergômetro. Os resultados sugerem que os atletas em cadeiras de rodas bem treinados podem executar o treinamento em ciclo ergômetro, criando assim novas possibilidades de treinamento.

Em uma amostra brasileira⁵, as análises cardiorrespiratórias com paraplégicos (n=5) e tetraplégicos (n= 5), foram realizadas em repouso, durante estimulação elétrica neuro-muscular (EENM) de 20 minutos do quadríceps direito/esquerdo e durante a recuperação deste estímulo. O grupo paraplégico apresentou média de massa corporal de 84,6±14,1 kg e estatura de 177±7,8 cm. Já no grupo tetraplégico, os valores foram de 62,4 ±5,02 kg e 177,2 ±6,94 cm. A pressão arterial foi mensurada via método auscultatório. A FC foi monitorada por eletrocardiograma e a avaliação metabólica cardiorrespiratória foi avaliada por analisador de gases Sensormedics V29C. Os valores dos grupos paraplégicos e tetraplégicos são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 1 – Valores cardiorrespiratórios de para e tetraplégicos.

	Repouso		EENM		Recuperação	
	Para	tetra	para	Tetra	Para	Tetra
VO ₂	0,22 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,16 ± 0,01
VCO ₂	0,15 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,4 ± 0,08	0,23 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,12 ± 0,01
FC	85,4 ± 8,01	67,39 ± 5,65	99,25 ± 9,57	89,64 ± 8,22	93,99 ± 7,65	83,84 ± 6,28
PA Sistólica	116 ± 5,4	104 ± 4,41	144 ± 5,4	128 ± 5,03	121 ± 8,94	112 ± 4,47
PA Diastólica	76 ± 5,4	68 ± 3,36	74 ± 8,94	70 ± 6,36	74 ± 8,94	70 ± 5,67

VO₂– Consumo máximo de oxigênio em litros/minuto (l/min); VCO₂ – Produção de dióxido de carbono em litros/minuto (l/min); FC - Frequência Cardíaca em batimentos por minuto (bpm); PA Sistólica – Pressão arterial sistólica em milímetros de mercúrio (mmHg); PA Diastólica – Pressão arterial diastólica em milímetros de mercúrio (mmHg); Adaptado de Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr., (2005).

Foram encontrados resultados, no estudo supracitado, de consumo de oxigênio inversamente proporcionais a altura da lesão medular, pois, observou-se uma relação inversamente proporcional entre nível da lesão e valores de consumo de oxigênio, ou seja, quanto mais alta a lesão (tetraplegia), menor os valores de $VO_{2\text{máx}}$. Também foi observada bradicardia e hipotensão no grupo tetraplégico durante o repouso. Durante a estimulação, ocorreram aumentos da FC e pressão arterial sistólica, demonstrando atuação mais ativa do tônus simpático nestas pessoas com lesão da medula espinhal. Os autores ressaltaram a capacidade dos avaliados em conseguirem respostas dentro da normalidade durante o exercício físico.

Hayes e colaboradores²³ realizaram um teste incremental de ergômetro de braço. Para isto, 13 sujeitos com lesão da medula espinhal (uma mulher, três tetraplégicos) com idade variando de 30 a 72 anos foram avaliados em um ergômetro de braço da marca Monark® com analisador de gases (K4b system). A média de FC máx durante o teste foi de 143 bpm, com amplitude de valores de 96 a 216 bpm. Já o VO_2 pico teve média de 16,36 ml/kg/min e variou de 10,66 a 27,17 ml/kg/min. Estes valores foram semelhantes aos de resultados encontrados em outros estudos, mas a amplitude dos resultados demonstrou a não homogeneidade da amostra estudada, o que dificulta determinar parâmetros de variáveis aeróbias em pessoas com lesão da medula espinhal.

Ainda com a utilização da avaliação direta do consumo de O_2 e produção de CO_2 , sete indivíduos com LME (paraplégicos) foram avaliados para determinar o impacto da ergonomia e variações do ambiente/cadeira/cambagens de rodas em testes de quadra. Foram avaliados variáveis de componentes cardiorrespiratórios através do analisador de gases (K4b2 system). Os resultados apresentaram valores de mediana do $VO_{2\text{pico}}$ 29,07 ml/kg/min- VCO_2 de 35,33 ml/kg/min- $FC_{\text{máx}}$ de 181 bpm²⁴.

Goosey-Tolfrey e Tolfrey²⁵ avaliaram 24 jogadores de basquete em cadeira de rodas. O protocolo consistiu na utilização de espaço de 20 metros em quadra com velocidade inicial de 2,36m/s e incrementos a cada minuto de 0,14m/s até a exaustão. Para verificação de correlação, foi utilizado também o protocolo de ergômetro computadorizado em cadeira de rodas²⁶. A análise do VO_2 foi através de medida direta (*Harvard Apparatus*®) e a FC através de frequencímetro (Polar®). Os resultados apresentados foram: idade 29 ± 6 anos; massa corporal $73,7 \pm 10,9$ kg; $VO_{2\text{pico}}$ por ergoespirometria direta $2,66 \pm 0,49$ l/min; FC máx na ergoespirometria direta 188 ± 10 bpm; Distância percorrida no teste de quadra 2056 ± 272 metros e FC máx no teste de quadra: 186 ± 11 bpm. Em recente estudo deste mesmo grupo, Leicht, Bishop e Goosey-Tolfrey²⁷ verificaram respostas relacionadas ao exercício submáximo (40% a 80% VO_2 pico) em atletas usuários de cadeiras de rodas, tetraplégicos, paraplégicos e não lesados. Os tetraplégicos avaliados pertenciam a uma equipe de *Rugby* em cadeira de rodas (n=8) com experiência de 7,8 anos no esporte. O VO_2 pico foi de $24,5 + 4,9$ ml/kg/min, com FC máxima de 129-12 bpm e pico de lactato de 4,95-1,28 mmol. O grupo paraplégico avaliado participa do basquetebol em cadeira de rodas com experiência de $12,2 + 5,3$ anos. Este grupo apresentou valores significativamente maiores que o grupo tetraplégico nas variáveis. O VO_2 pico foi de $34,9 \pm 5,1$ ml/kg/min, com FC máxima de 184 ± 10 bpm e pico de lactato de $8,47 \pm 2,75$ mmol. Estes números também indicam que a altura da lesão (quanto mais alta a lesão menor a capacidade aeróbia e suas variáveis) influencia nos resultados do componente aeróbio.

Morgulec-Andamowicz *et al.*²⁸ avaliaram 30 atletas de Rugby em Cadeira de Rodas – RCR da Polônia, os quais foram divididos em 4 grupos conforme classi-

ficação funcional do RCR. O objetivo era verificar a existência de diferenças entre os grupos para variáveis aeróbias, anaeróbias e de habilidades no RCR. Foram realizados testes através de exercício aeróbio máximo em esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão e Wingate test em ergômetro de braço para avaliação da potência. Ao contrário do estudo anterior²⁴ os resultados apresentados foram: $VO_{2\text{pico}}$ 21,1 ±6,3 (grupo I menor classificação funcional) a 30,2 ±7,2 ml/kg/min (grupo IV maior classificação funcional); Potência Pico 83±35 (grupo I menor classificação funcional) a 226±28 W (grupo IV maior classificação funcional). Diante destes resultados os autores afirmaram que a classificação funcional não interferiu nas respostas das variáveis avaliadas (principalmente na potência aeróbia), pois as diferenças entre os grupos só foram significativas entre o grupo I e grupo IV e não ocorreram para os grupos intermediários do RCR.

No Quadro 01 são sintetizados os principais aspectos relacionados à potência aeróbia nos artigos aqui apresentados para uma melhor visualização e obtenção das informações inerentes a cada estudo.

Autores/ano	Objetivos	Amostra	Materiais e Métodos	Resultados/ Considerações
Bernard <i>et al.</i> , (2000)	Comparar aspectos de potência aeróbia entre grupo com lesão baixa e lesão alta;	12 atletas-paraplégicos (alto e baixo);	Cadeira de rodas em esteira- teste máximo- incremento de 1km/h/min;	Sem diferenças entre os grupos. Maiores valores no grupo lesão baixa.
Knechtle e Kopfli (2001)	Verificar a possibilidade de uso de teste com inclinação em usuários de cadeira de rodas;	11 jogadores de basquete em cadeira de rodas- 8 LME- torácica	Cadeira de rodas em esteira- com inclinação- teste máximo; Níveis de lactato e FC máx.	Valores médios de VO_2 máx 35,1±4,9ml/kg/min- lactato de 10,2±2,1 mmol e FC Max de 185±11,4bpm. Foi constatado que o teste com inclinação é algo válido na avaliação de usuários de cadeira de rodas.
Jacobs, Nash e Rusinowski (2001)	Avaliar efeitos do treinamento em circuito em paraplégicos;	10 homens paraplégicos;	12 semanas de treino em circuito- Exercícios resistidos e ergometria de braço com baixa intensidade;	Aumentos significativos (29,7%) no VO_2 máx e na potência pico durante o teste com os braços. Este modelo de treino foi eficaz para melhora cardiovascular e capacidade de força.
Bougenot <i>et al.</i> , (2003)	Avaliar efeitos do treinamento de 6 semanas nas variáveis cardiorrespiratória;	7 paraplégicos não treinados- homens- lesão com 12 anos e 35 anos de idade;	Treino de 45 min de ergômetro de braço 3x por semana;	Aumentos significativos da potência pico (watts) e VO_2 máx. O treinamento de 6 semanas foi eficiente nas variáveis avaliadas.
Vanderthommen <i>et al.</i> , (2002)	Propor teste progressivo em quadra;	37 paraplégicos (2 mulheres)- média de idade 36,5 anos;	VO_2 máx direto-atraves do K4 portátil; Fc máx e lactato;	Teste considerado apto para usuários de cadeira de rodas com valores de VO_2 25,2±5,9ml/kg/min- 172±26 bpm e 5,4±1,9 mmol.
Dallmeijer <i>et al.</i> , (2004)	Comparar respostas cardiorrespiratórias em ergômetro de braço (para deslocamento em ruas) e cadeira de rodas;	9 PLME e 10 sem lesão; média de idade de 36 anos;	2 séries de 4 min submáximo seguidos de 1 min com potência crescente até a exaustão;	Ficou evidenciado a igualdade de respostas cardiorrespiratórias em ambos os grupos, mesmo utilizando-se de diferentes modelos de equipamentos para a avaliação aeróbia.
Hopman <i>et al.</i> , (2004)	Comparar o VO_2 máx em PLME diferentes níveis e um grupo não lesado;	10 controles não lesados, 6 tetras e 6 paraplégicos, média de idade 33 anos;	Cicloergômetro de braço com incremento de carga de 10W/min	Maior VO_2 máx no grupo controle, seguido do grupo paraplégico e depois os tetraplégicos. Indicando uma limitação no VO_2 provavelmente induzido pelo limitado fornecimento de O_2 .

Continua...

... continua

Autores/ano	Objetivos	Amostra	Materiais e Métodos	Resultados/ Considerações
Knechtle <i>et al.</i> , (2003)	Determinar a taxa de oxidação de gordura em cicloergômetro de braço;	10 atletas usuários de cadeira de rodas e 10 ciclistas treinados;	Avaliação em cicloergômetro de braço e bicicleta ergométrica respectivamente;	Os atletas com LME apresentaram maiores valores de lactato em cada intensidade quando comparado com os ciclistas. E os atletas cadeirantes alcançaram maior oxidação de gordura no cicloergômetro de braços, indicando a possibilidade de uso para treinamento.
Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr. (2005)	Avaliar aspectos cardiorrespiratórios em para e tetraplégicos;	5 paraplégicos e 5 tetraplégicos	Avaliações (direta) em repouso, na estimulação elétrica neuro-muscular no quadríceps e na recuperação;	Quanto mais alta a lesão menor os valores de VO ₂ máx. Além de bradicardia e hipotensão no grupo tetraplégico.
Hayes <i>et al.</i> , (2005)	Avaliar o VO ₂ máx em teste incremental em cicloergômetro de braço;	13 PLME- 3 tetraplégicos e uma mulher com idade variando de 30 a 72 anos;	Avaliados em ergômetro de braço com analisador K4;	Média do VO ₂ máx foi de 16,36 ml/kg/min. Resultados dentro da média desta população, mas com grande amplitude de resultados.
Vanlandewijck <i>et al.</i> , (2006)	Avaliar o VO ₂ máx em teste de quadra e variações de ambiente/cambagens	7 paraplégicos;	Análise de gases direta -portátil (K4);	Valores médio de VO ₂ pico 29,07 ml/kg/min e FC máx de 181 bpm.
Goosey-Tolfrey e Tolfrey (2008)	Correlacionar teste de quadra com teste em ergômetro de braço;	24 jogadores de basquete em cadeira de rodas -LME;	Teste de quadra com incremento de carga e ergoespirometria direta;	VO ₂ pico direto média de 2,66 l/min e Fc máx de 188 bpm; Teste de quadra Fc máx de 186 e distância de 2056 mts; Correlação entre o teste de quadra e o teste no ergômetro.
Leicht, Bishop e Goosey-Tolfrey (2011)	Verificar as respostas em exercício submáximo (40 a 80% do VO ₂ pico);	25 atletas cadeirantes (8-tetras; 9 paras e 8 não lesados medulares)	Análise direta do VO ₂ pico, lactato e Fc máx;	Os tetraplégicos apresentaram os menores valores (24,5 ml/kg/min) indicando que a lesão e a altura da lesão influenciam nas respostas da potência aeróbia. Sugestão de uso da FC como prescrição para tetras atletas.
Morgulec-Adamowicz <i>et al.</i> , (2011)	Examinar aspectos aeróbios, anaeróbios e de habilidades do RCR com as diferentes classificações funcionais;	30 atletas de RCR da Polônia subdivididos pela classificação do RCR;	Exercício aeróbio máximo em esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão; Wingate test em ergômetro de braço;	VO ₂ pico 21,1 ±6,3 a 30,2 ±7,2 ml/kg/min; Potência Pico 83±35 a 226±28 W; Estes resultados demonstraram que a classificação funcional não interferiu nas respostas das variáveis avaliadas para classes intermediárias do jogo.
Lovell <i>et al.</i> (2012)	Comparar as respostas cardiorrespiratórias e de eficiencia mecânica em ciclistas treinados e não treinados com LME	20 sujeitos com LME. 2 grupos: Atletas e não atletas	Teste aeróbio submáximo no ergômetro de braço. Dois estágios de 4 minutos por 1 de intervalo	Grupo atletas apresentou VO _{2pico} superior (40.4 ± 5.5 ml/kg/min) em comparação com o grupo de não atletas (21.23 ± 4.7 L.min-1).

Quadro 1 – Sumário dos estudos de pessoas com lesão da medula espinhal e aspectos relacionados a potência aeróbia.

DISCUSSÃO

A partir da revisão realizada, observa-se uma grande variação de modelos, testes e maneiras de avaliar componentes fisiológicos relacionados aos sistemas cardiorrespiratórios e circulatórios. Esta gama de métodos parece estar relacionada à heterogeneidade da população/amostra, pois as lesões apresentam uma variação muito

grande de acometimento e diversificações na sua incidência sobre a coluna vertebral. Conseqüentemente, os resultados, por mais similares que sejam em alguns aspectos, apresentam valores discretos de proximidade, revelando uma necessidade de padronização para estes procedimentos neste grupo amostral. No entanto, essa variação não desmerece nenhum dos trabalhos realizados, ao contrário, serve de base para próximas pesquisas que se alavancam em cada grupo de estudo, sejam elas realizadas no Brasil ou em outra parte do mundo. Outro aspecto que fica evidente nos estudos aqui revisados com pessoas com lesão da medula espinhal é a interferência da altura da lesão nos resultados de variáveis aeróbias – quanto mais baixa a lesão (paraplegia), melhores são as condições aeróbias, em contrapartida, quanto mais alta a lesão (tetraplegia), piores são os resultados das variáveis aeróbias.

Fica clara, igualmente, a importância de utilização de recursos tecnológicos neste campo de pesquisa, pois, com tais recursos, obtém-se menor incidência de erros, proporcionando resultados mais sólidos a serem apresentados perante as avaliações criteriosas de publicações internacionais.

A minimização do erro de medida é fundamental frente a grande heterogeneidade amostral observada nos estudos da área. Compreende-se, também, que estes estudos podem servir como ponto de partida para a elaboração de testes indiretos, que possam ser utilizados no dia a dia de trabalho de pessoas com lesão da medula espinhal.

Os dados levantados neste trabalho permitem a guisa de conclusão estabelecer algumas considerações sobre o tema em questão. Os métodos utilizados nos estudos analisados evidenciam desde testes indiretos com ampla aplicabilidade até técnicas laboratoriais com equipamentos de elevado custo e grande precisão. Já em relação as variáveis analisadas o consumo máximo de oxigênio, valores de potência aeróbia e cargas máximas em watts alcançadas nos testes foram destacados nesta revisão. A heterogeneidade da amostra é um fator que vai influenciar diretamente os parâmetros cardiovasculares bem como os parâmetros relativos à avaliação. É necessária a investigação de protocolos acessíveis de campo que possam ser aplicáveis à sedentários, pois os protocolos existentes são mais voltados ao público fisicamente ativo. Faz-se necessária a consolidação de protocolos laboratoriais e para tanto uma opção interessante e acessível é o ergômetro de membros superiores. Sanar estas questões é imperativo para a proposição de normas referenciais, as quais são fundamentais para a prescrição de exercícios nesta população.

REFERÊNCIAS

1. Myers J, Lee M, Kiratli J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007; 86:142-52.
2. Kemi OJ, Wisloff U. High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2010; 30:2-11.
3. Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH. et al. Exercise capacity and the risk of death in women. The St James women take heart project. *Circulation.* 2003; 108:1554-9.
4. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Linde N C, Wollmer P, Andersen LB. Maximal oxygen uptake versus maximal power output in children. *J Sports Sci.* 2008; 26: 1397-1402.
5. Paolillo FR, Paolillo AR, Cliquet-JR A. Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. *Acta Orto Bras.* 2005; 13 (3).
6. Lavis TD, Scelza WM, Bockenek WL. Cardiovascular health and fitness in person with spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2007;18:317-331.
7. Stevens SL, Caputo JL, Fuller DK, Morgan DW. Physical Activity and Quality of Life in Adults With Spinal Cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2008; 31(4):373-8.

8. Noronha DP, Ferreira SMSP. Revisões de literatura. In: Campello BS, Condón BV, Kremer JM. (orgs.) Fontes de informação para pesquisadores e profissionais. Belo Horizonte: UFMG, 2000.
9. Haisma JA, Woude LHV, Stam HJ, Bergen MP, Sluis T, Bussmann JBJ. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. *Spinal cord*. 2006; 44: 642-652.
10. Theisen D, Vanlandewijck Y. Cardiovascular responses and thermoregulation in individuals with spinal cord injury. *Eur Bul Adapted Phys Activity*. 2002; 1: (1).
11. Teasell RW, Arnold JM, Krassioukov A, Delaney GA. Cardiovascular consequences of loss of supraspinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81(4):506-16.
12. Eriksson P, Lofstrom L, Ekblom B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. *Scand J Rehabil Med*. 1988; 20:141-7.
13. Lovell D, Shields D, Beck B, Cuneo R, McLellan C. The aerobic performance of trained and untrained handcyclists with spinal cord injury. *Eur J Appl Physiol*. 2012; 112:3431-3437.
14. Bernard PL, Mercier J, Varray A, Prefaut C. Influence of lesion level on the cardioventilatory adaptations in paraplegic wheelchair athletes during muscular exercise. *Spinal Cord*. 2000; 38:16-25.
15. Knechtle B, Kopfli W. Treadmill exercise testing with increasing inclination as exercise protocol for wheelchair athletes. *Spinal Cord*. 2001; 39: 633-636.
16. Jacobs PL, Nash MS, Rusinowski JW. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33: 711-717.
17. Bougenot MP, Tordi N, Betik AC, Martin X, Le Foll D, Parratte B, Lonsdorfer J, Rouillon JD. Effects of wheelchair ergometer training program me on spinal cord-injured persons. *Spinal Cord*. 2003; 41: 451-456.
18. Vanderthommen M, Francaux M, Colinet C, Lehance C, Lhermerout C, Crielaard JM, Theisen D. A multistage field test of wheelchair users for evaluation of fitness and prediction of peak oxygen consumption. *J Rehabil Res Dev*. 2002; 39(6):685-92.
19. Janssen TW, Dallmeijer AJ, Veeger DJ, Van Der Woude LH. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2002; 39: 29-39.
20. Dallmeijer AJ, Zentgraaff ID, Zijp NI, Van Der Woude LH. Submaximal physical strain and peak performance in hand cycling versus hand rim wheelchair propulsion. *Spinal Cord*. 2004; 42: 91-98.
21. Hopman MT, Houtman S, Groothuis JT, Folgering HT. The effect of varied fractional inspired oxygen on arm exercise performance in spinal cord injury and able-bodied persons. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004; 85: 319-323.
22. Knechtle B, Muller G, Willmann F, Eser P, Knecht H. Comparison of fat oxidation in arm cranking in spinal cord-injured people versus ergometry in cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 90: 614-619.
23. Hayes AM, Myers JN, Ho M, Lee MY, Perakash I, Kiratli BJ. Heart rate as a predictor of energy expenditure in people with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2005; 42(5):617-24.
24. Vanlandewijck Y, Vliet PV, Verellen J, Theisen D. Determinants of shuttle run performance in the prediction of peak VO₂ in wheelchair users. *Disabil Rehabil*. 2006; 28 (20): 1259-1266.
25. 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.
26. Goosey-Tolfrey VL. Physiological profiles of elite wheelchair basketball players in preparation for the 2000 Paralympics games. *Adapt Phys Activ Q*. 2005; 22:57-66, 2005.
27. Leicht CA, Bishop NC, Goosey-Tolfrey VL. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. *Scan J Med Sci Sports* 2011; 23.
28. Morgulec-Adamowicz N, Kosmol A, Molik B, Yilla A, Laskin J. Aerobic, anaerobic, and skill performance with regard to classification in wheelchair rugby athletes. *Res Q Exerc Sport*. 2011; 82(1):61-9, 2011.

Endereço para Correspondência

Lucinar J. Forner. Flores
Av. Arnaldo Busatto, 210 apto 102-
Centro- Santa Helena-PR.
CEP 85892-000
Telefone celular: (45) 9919-5226 Tele-
fone comercial: (45) 3284-7855
E-mail: lucinarflores@yahoo.com.br

Recebido 03/04/2012
Revisado 24/04/2012
13/09/2012
25/10/2012
Aprovado 31/10/2012