

# ESTUDO COMPARATIVO DE TESTES DE ESFORÇO PARA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL EM UM INDIVÍDUO COM LESÃO MEDULAR

**Gabriela Zanon Trento<sup>1</sup>**  
**Simone Raquel Pazdiora<sup>2</sup>**  
**Eliane Roseli Winkelmann<sup>3</sup>**  
**Elenita Costa Beber Bonamigo<sup>4</sup>**

## Resumo

A capacidade funcional de indivíduos com traumatismo raquimedular deve ser avaliada de forma precisa e completa para elaborar-se um plano terapêutico adequado. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho cardiorrespiratório de um indivíduo paraplégico em diferentes testes de esforço, bem como avaliar a influência do suporte de peso corporal (SPC) no teste com a esteira ergométrica. O paciente foi avaliado com o uso do cicloergômetro de membros superiores e na esteira ergométrica, sendo nesta com Suporte Parcial de Peso Corporal (SPPC) e Suporte Total de Peso Corporal (STPC). Observou-se que o cicloergômetro ainda foi o melhor instrumento de avaliação, o qual detectou um maior consumo de oxigênio (15,93 ml/kg.min). Comparando-se, porém, os dois testes de esteira, com SPPC e STPC, verificamos que o SPPC proporcionou maior consumo de oxigênio (12,41 e 8,33 ml/kg.min respectivamente). Os mesmos resultados foram encontrados nas outras variáveis analisadas. Assim, o cicloergômetro mostrou melhores resultados, porém o SPPC é uma boa alternativa para se avaliar a capacidade funcional máxima de pacientes portadores de lesão medular que realizem deambulação com órteses, principalmente em pacientes com potencial para marcha que necessitam de treinamento, quando se faz necessária uma avaliação precisa da sua condição e do treinamento a ser prescrito.

**Palavras-chave:** Traumatismo raquimedular. Capacidade funcional. Testes de esforço. Suporte de peso corporal.

## Compare Study of Effort Tests to Evaluate of the Functional Capacity in Spinal Cord Injure Patient's

### Abstract

The functional capacity in spinal cord injure patient's should be evaluated in an accurate and complete to elaborate an appropriate therapeutic plan. The objective of this study was to compare cardio-respiratory variables of the paraplegic patient's in different effort tests, as well as to evaluate the influence of the body weight support (BWS) in the treadmill ergometric test. The patient was evaluated through the arm bicycle's and in the treadmill ergometric, being in this with partial body weight support (PBWS) and total body weight support (TBWS). It was observed that the arm bicycle's is the best evaluation instrument, which detected a maximal oxygen consumption (15,93 ml/kg.min). However when it compared the two tests, with (PBWS and TBWS, it verified that PBWS provided maximal oxygen consumption (12,41 and 8,33 ml/kg.min respectively). The same results were found in the other analyzed variables. Therefore the arm bicycle's test showed better results, however the PBWS is a good alternative to evaluate the maxim capacity functional of patient with spinal cord injure that accomplish gait with braces, mainly in patients with potential for gait that need training, in the which is done necessary improvement in quality in the field evaluation and of the training to be prescribed.

**Keywords:** Spinal cord injure. Functional capacity. Effort tests. Body weight support.

<sup>1</sup> Fisioterapeuta.

<sup>2</sup> Fisioterapeuta.

<sup>3</sup> Fisioterapeuta, docente e pesquisadora do Departamento de Ciências da Saúde – DCSa – da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí, Especialização em Fisioterapia Cardiorrespiratória, Especialização em Acupuntura, mestre em Ciências Biológicas: Fisiologia pela UFRGS, doutora em Ciências da Saúde: Ciências Cardiovasculares (UFRGS).

<sup>4</sup> Fisioterapeuta, docente e pesquisadora do Departamento de Ciências da Saúde – DCSa – da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí, mestre em Ciências do Movimento pela Udesc.

A definição de lesão medular, segundo a *American Spinal Injury Association* (Asia), é a diminuição ou perda da função motora e/ou sensorial e/ou anatômica nos níveis abaixo da lesão (Maynard; Bracken; Creasey, 1997), afetando assim a funcionalidade, independência, o psicológico e a vida social do paciente. Indivíduos com lesão medular apresentam uma redução na capacidade física de trabalho, ocasionando uma diminuição da massa corporal, diminuindo a capacidade aeróbica, levando à condição de osteoporose e disfunções renais (Cowell; Squires; Raven, 1986), à redução acentuada da capacidade cardiovascular, pulmonar e metabólica (SCHMID et al., 1998), aumentando assim seu risco para doença cardiovascular (Yekutieli et al., 1989).

Já foi de fato demonstrado por vários autores (Ditunno; Formal, 1994; Bauman et al., 1992; Devivo; Black; Stover, 1993) que devido às circunstâncias fisiológicas do lesado medular, as doenças cardiovasculares são a principal causa de morbidez e mortalidade. Existem fortes evidências indiretas de que a ocorrência aumentada de doenças cardiovasculares nos indivíduos com traumatismo raquimedular (TRM) está relacionada à atividade física reduzida durante a vida diária (Mohr et al., 1997; Laporte et al., 1984; Wicks et al., 1993). Apenas as atividades diárias das pessoas com lesão medular geralmente não são adequadas para manter o condicionamento cardiovascular, e a não participação em um programa de atividade regular pode resultar em um ciclo debilitante. Os dois fatores mais importantes que influenciam a resposta ao exercício são reduções na massa do músculo ativo e no volume de sangue circulante. Uma vez que os segmentos grandes do corpo estão paralisados no TRM, a quantidade de massa do músculo ativo diminui, reduzindo assim o  $VO_{2max}$ , pois há menos músculo disponível para consumir oxigênio. Como isso ocorre, há uma redução da capacidade funcional (Mohr et al., 1997).

Com a necessidade do exercício físico, do ortostatismo para a absorção do cálcio, bem como nos casos em que há potencial para a marcha com órteses, torna-se necessário nesse processo de reabilitação uma avaliação precisa e completa da capacidade cardiorrespiratória deste paciente. Essa avali-

ação é realizada com testes de esforço, para saber qual sua maior limitação, qual o seu potencial e qual o melhor tipo de treinamento a ser executado.

O cicloergômetro de membro superior é utilizado na maioria dos testes com indivíduos paraplégicos, pois é compatível com a locomoção em cadeira de rodas, porém sem influência na osteoporose, estabilidade e mobilidade de membros inferiores, benefícios conseguidos com a marcha. Desta forma, a esteira ergométrica é considerada o ergômetro mais funcional. Ademais, tendo em vista a maior exigência durante a marcha, o Suporte Parcial de Peso Corporal (SPPC) pode ser uma alternativa que, além de oportunizar o condicionamento cardiovascular, também estimula a utilização da musculatura parética, favorecendo o seu fortalecimento. Os pacientes tratados com Suporte de Peso Corporal (SPC) têm a capacidade de percorrer maiores distâncias em maior velocidade nos testes após acabar o programa de reabilitação (Barbeau; Visintin, 2003). Também há menor gasto energético demonstrado por menor consumo de oxigênio e menor frequência cardíaca durante a marcha na esteira com SPC (Mackay-Lyons; Makrides; Speth, 2001).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar o desempenho cardiorrespiratório de um indivíduo paraplégico em diferentes testes de esforço, bem como avaliar a influência do SPC no teste com a esteira ergométrica, uma vez que os estudos realizados com Suporte de Peso Corporal têm obtido sucesso quando confrontados com o treinamento convencional (Haupenthal et al., 2008).

## Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como estudo de caso e foi analisada e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Unijuí com parecer substanciado nº 270/2009. Teve como critérios de inclusão da amostra ter diagnóstico de lesão medular com movimentos preservados nos membros superiores e deambulação com órteses; tempo de lesão superior a 6 meses. Os critérios de exclusão da amostra foram a presença de escaras, deformidades ou pato-

logias que pudessem dificultar o uso do equipamento, hipotensão ortostática, não manifestar vontade de participar do estudo e não assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. A seleção do indivíduo para o estudo foi feita entre os pacientes que frequentavam a Clínica-Escola de Fisioterapia da Unijuí, Ijuí/RS e o Centro de Reabilitação do Hospital São José, Giruá/RS. Foi constatada a existência de apenas um indivíduo que preenchia os critérios adotados.

As avaliações tiveram lugar no Laboratório de Fisiologia do Exercício na Clínica de Fisioterapia – Unijuí. Primeiramente foi feita uma avaliação inicial a fim de determinar o nível da lesão e o perfil, e posteriormente os testes de esforço. Os testes de esforço foram realizados em um cicloergômetro de membros superiores e uma esteira elétrica (Inbraspport, Imbramed, Brasil) associados ou não a um equipamento para Suporte de Peso Corporal. Os testes foram feitos em dias diferentes.

Para o monitoramento dos batimentos cardíacos foi utilizado um eletrocardiógrafo (Micromed, Brasil) que se encontrava conectado ao sistema computadorizado no *software* Elite 13-2.1. A pressão arterial foi avaliada manualmente com estetoscópio (BIC, Brasil) e esfigmomanômetro (BIC, Brasil) antes, durante e após os testes. Para análise metabólica foi utilizado um analisador de gases (TEEM 100, Brasil) acoplado a um computador, no qual os valores foram registrados a cada 20 segundos.

Denomina-se Suporte Parcial de Peso Corporal (SPPC) quando o sujeito está suspenso pelo equipamento e Suporte Total de Peso Corporal (STPC) quando o sujeito suporta todo seu peso corporal sem ser suspenso pelo equipamento, utilizando apenas um suporte para sua segurança.

A percepção de esforço e cansaço das pernas, braços e de falta de ar foi avaliada pela Escala Analógica de Percepção de Esforço de Borg, que é o instrumento mais frequentemente empregado para a avaliação da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) medida de 0-10, em que '0' equivale a nenhum cansaço e '10' para máximo de cansaço e esforço (Hamilton et al., 1995).

Primeiramente foi realizado um teste ergoespirométrico na esteira ergométrica com o uso do analisador de gases, para adaptação aos equipamentos, realização de ajustes no colete e na quantidade de SPC necessária. Para a determinação do quanto de peso seria suportado o indivíduo ficou suspenso e foi utilizada uma balança digital, a qual foi adaptada para que tivesse a mesma altura da esteira ergométrica. Após a medida da balança foi verificado quanto de peso estava sendo suportado pelo SPC.

O primeiro teste de esforço foi realizado na esteira ergométrica com SPPC e o indivíduo usando órteses longas (Figura 1). O equipamento foi posicionado a fim de suportar 40% do peso corporal e ajustado de acordo com o conforto do sujeito, proporcionando estabilidade e segurança sobre a esteira ergométrica.



Figura 1: Indivíduo utilizando órteses longas no teste com SPPC

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

O protocolo utilizado para a esteira foi o de rampa, com incremento de velocidade sem aumento de inclinação (velocidade inicial de 1Km/h). O mesmo protocolo foi adotado nos dois testes realizados na esteira ergométrica (com suporte parcial e total), e a conduta foi sempre a mesma: uma pessoa atrás do paciente e duas nas laterais da esteira.

O segundo teste de esforço na esteira ergométrica foi com STPC utilizando o equipamento apenas para estabilização, para maior segurança, sem suspensão nenhuma de peso corporal. Neste teste também foram utilizadas órteses longas.

O terceiro e último teste de esforço foi realizado com o cicloergômetro de membros superiores. O protocolo de escolha foi o de Bruce (2002), com o teste iniciando-se sem carga e segue com aplicação de cargas progressivas a cada estágio, que tem duração de 3 minutos, de forma contínua até a exaustão do paciente. A cada estágio havia incrementos de 50g por quilo de peso corporal na carga de trabalho, mantendo 60 rpm (repetições por minuto).

## Resultados

O estudo de caso diz respeito a F. C. S., gênero feminino, 20 anos de idade, 54 Kg e 1,60m. Sua queixa principal é a paralisia de membros inferiores e a sua expectativa é o fortalecimento muscular dos membros inferiores para realizar deambulação domiciliar com órteses, além do condicionamento cardiorrespiratório.

Foram analisadas as seguintes variáveis dos testes ergoespirométricos realizados: ventilação pulmonar (VE), consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$ ) e a razão de troca gasosa (R). A FC foi monitorada durante os testes ergoespirométricos, assim como a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e a percepção subjetiva de esforço (Borg). O tempo de testes e as distâncias alcançadas também serão apresentadas.

Em relação às variáveis obtidas durante o pico dos testes ergoespirométricos (Tabela 1) verificou-se que o cicloergômetro foi o melhor instrumento de avaliação, pois detectou um maior consumo de oxigênio, porém comparando-se os testes de esteira com suporte total e parcial, identificou-se que o SPPC proporcionou um maior consumo. Na análise das demais variáveis observou-se que tanto o teste de cicloergômetro quanto o da esteira com SPPC foram máximos, o que não foi observado no STPC. Ao se analisar o comportamento da FC, no entanto,

constatou-se que somente o teste em esteira com SPPC alcançou a FCmáx (200bpm). Tanto a PAS quanto a PAD não se elevaram muito e não diferiram entre os testes (Tabela 1).

VARIÁVEIS DURANTE O PICO	Cicloergômetro de membros	Esteira com SPPC	Esteira com STPC
$VO_2$ máx (l/min)	0,86	0,67	0,45
$VO_2$ máx (ml/min)	860	670	450
$VO_2$ máx (ml/Kg.min)	15,93	12,41	8,33
$VCO_2$ (l/min)	0,86	0,63	0,35
$VCO_2$ (ml/Kg.min)	15,93	11,67	6,48
VE (l/min)	40,3	33,2	16,4
R	1,01	1,00	0,88
FC <sub>Max</sub>	152	200	134
PAS (mmHg)	130	130	120
PAD (mmHg)	80	80	80
Borg (0-10 pontos)	7	7	8

$VO_2$  máx: consumo máximo de oxigênio;  $VCO_2$ : débito de dióxido de carbono; VE: ventilação pulmonar; R: coeficiente de razão de trocas gasosas; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; SPPC: Suporte Parcial de Peso Corporal; STPC: Suporte Total de Peso Corporal.

Tabela 1: Variáveis obtidas no pico dos testes ergoespirométricos de um indivíduo com traumatismo raquimedular paraplégico

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

Durante os testes foi observado que o  $VO_2$  (ml/kg.min) teve um comportamento mais linear no cicloergômetro (Figura 2). No teste de esteira com SPPC o aumento foi maior no início do teste; no final o aumento foi ascendente. No teste de esteira com STPC o aumento foi máximo nos primeiros minutos, posto que o teste teve duração de apenas três minutos.

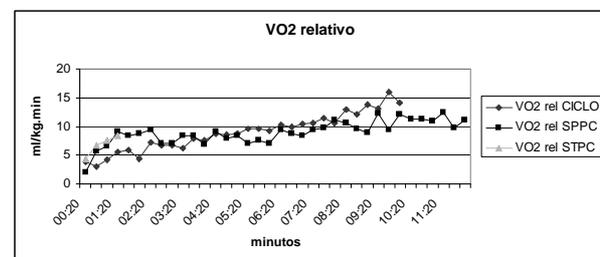


Figura 2: Comportamento do consumo de oxigênio máximo (ml/kg.min) durante testes ergoespirométricos de um indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

Foi detectado que no cicloergômetro o comportamento da ventilação (Figura 3) foi mais linear e ascendente comparando-se com o teste com SPPC, que teve uma variação maior, foi mais flutuante. Já o STPC não pôde ser analisado em virtude do tempo reduzido do teste. A ventilação não foi um fator limitante para a interrupção do teste, fator esperado e que pode ser atribuído às limitações motoras de um indivíduo com lesão medular.

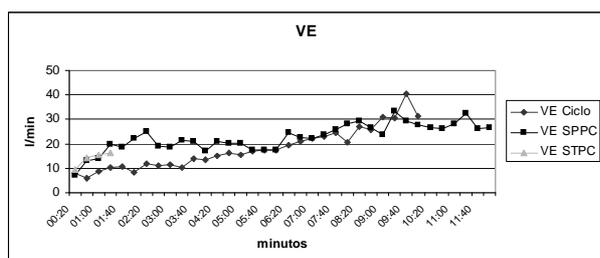


Figura 3: Comportamento da ventilação pulmonar durante os testes ergoespirométricos de um indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

Por meio do cálculo do  $VO_2$  previsto criou-se um subsídio informativo sobre as condições em que se apresenta a paciente avaliada, obtendo assim parâmetros de melhora a serem alcançados (Tabela 2). Ao comparar o  $VO_{2max}$  com o valor do  $VO_2$  previsto para esse indivíduo observa-se que a paciente não apresenta um condicionamento aeróbico satisfatório. Foi verificado o  $VO_2$  previsto (Mulheres =  $-13,7 \times idade + 7,5 \times peso_{kg} + 7,4 \times alt_{cm} + 372$ ) de acordo com Neder e Nery (2002).

Teste	$VO_{2max}$ obtido (ml/min)	$VO_2$ previsto (ml/min)	% $VO_{2max}$ previsto
Cicloergômetro	860	1687	50,97
SPPC	670	1687	39,71
STPC	450	1687	26,67

$VO_{2máx}$ : consumo máximo de oxigênio;  $VO_{2máx}$  previsto: percentual do consumo máximo de oxigênio; SPPC: Suporte Parcial de Peso Corporal; STPC: Suporte Total de Peso Corporal.

Tabela 2:  $VO_{2max}$  obtido nos testes ergoespirométricos e o seu  $VO_{2max}$  predito de um indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

Analisando a FC durante a realização dos testes (Figura 4) verificou-se que em todos os testes ocorreu um comportamento cronotrópico positivo, porém nos testes de esteira tanto com SPPC quanto com STPC o teste iniciou-se com uma frequência cardíaca mais elevada.

A  $FC_{max}$  (200 bpm) foi atingida somente no teste com SPPC, fator que determina um teste máximo. No teste com o cicloergômetro a paciente atingiu 76% de sua  $FC_{max}$  e no teste com STPC chegou a 67% da  $FC_{max}$ .

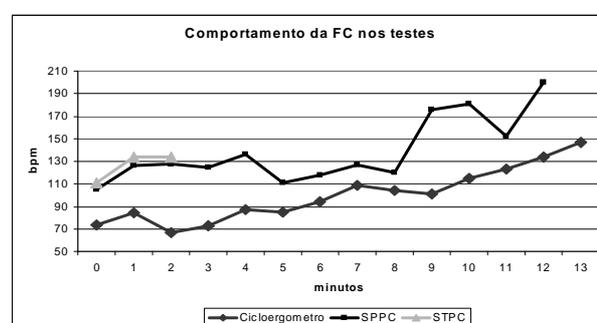


Figura 4: Comportamento da frequência cardíaca nos três testes ergoespirométricos de indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Abreviaturas – ciclo: cicloergômetro de membros superiores; SPPC: Suporte Parcial de Peso Corporal; STPC: Suporte Total de Peso Corporal.

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

Na análise da percepção de esforço percebido mensurado pela escala de Borg (Figura 5), verificou-se que durante a execução dos testes ergoespirométricos o escore foi menor no cicloergômetro comparado ao teste de esteira com SPPC, embora em ambos o escore tenha sido o mesmo (escore 7) no pico do exercício. Já o comportamento do teste de esteira com STPC foi diferente dos demais, pois teve um crescimento ascendente rápido nos três minutos de teste, chegando ao escore máximo de 8, neste aspecto semelhante aos demais.

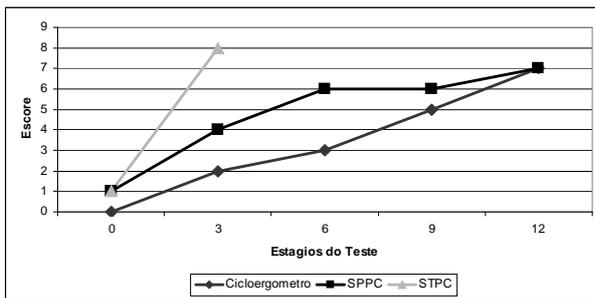


Figura 5: Variação da percepção de esforço durante os testes em cicloergômetro, Suporte Parcial de Peso Corporal e Suporte Total de Peso Corporal em um indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Abreviaturas – ciclo: cicloergômetro de membros superiores; SPPC: Suporte Parcial de Peso Corporal; STPC: Suporte Total de Peso Corporal.

Analisando as distâncias percorridas nos testes e o tempo de duração (Tabela 3) observamos que o teste no cicloergômetro teve duração de 12 minutos e 48 segundos e pedalou uma distância de 1.640m. No teste da esteira com SPPC teve um tempo de duração de 11 minutos e 50 segundos, percorrendo uma distância de 570m, enquanto na esteira com o STPC percorreu somente 40m em 1 minuto e 25 segundos, mostrando impossibilidade da realização de testes de esforço em esteira com STPC para indivíduos nessas condições.

SPPC: Suporte Parcial de Peso Corporal; STPC: Suporte Total de Peso Corporal.

Tabela 3: Tempo e distâncias percorridas nos testes ergoespirométricos de indivíduo com lesão raquimedular paraplégico

Fonte: Dados coletados pelos pesquisadores.

## Discussão

O trauma raquimedular provoca grandes incapacidades motoras as quais, apesar dos avanços na neurociência, ainda apresentam um potencial de

recuperação limitado. A reabilitação de pessoas paraplégicas é bastante discutida devido à complexidade do tecido nervoso e à importância da marcha para a autonomia dos indivíduos, que sofrem diante das barreiras arquitetônicas.

A eficácia de programas de treinamento aeróbico é frequentemente determinada por medidas de consumo de oxigênio, com as atividades com bicicleta ergométrica e cicloergômetro de membros superiores mostrando-se eficazes no aumento de potência aeróbica. Os exercícios com cicloergômetro de membros superiores, no entanto, promovem um menor aumento na potência aeróbica devido ao acentuado aprisionamento de sangue nos membros inferiores cansado pela ausência ou diminuição do tônus simpático venoso (Figoni, 1993).

A literatura preconiza os testes que envolvam a especificidade e os resultados da presente pesquisa mostram que realmente isto é significativo, uma vez que como o indivíduo locomove-se mais na cadeira de rodas seus melhores resultados foram no cicloergômetro, por serem movimentos semelhantes. Deve-se ter presente, entretanto, que o objetivo deste indivíduo é a marcha, e os testes na esteira realizam atividades específicas para esta função, pois seu SPPC condicionamento aeróbico para este tipo de exercício é baixo comparando-se com os membros superiores. A lesão da medula espinhal impede o uso dos grandes músculos das pernas durante os exercícios voluntários. Sem a contribuição desses músculos potentes é difícil obter benefícios cardiovasculares centrais do treinamento físico. Os músculos menores da porção superior do corpo, como aqueles usados durante a ergometria com manivela, geralmente não são fortes o suficiente para permitir um exercício com bastante intensidade ou duração para melhorar o condicionamento cardiovascular.

Analisando o  $VO_{2max}$  por intermédio do predito por Neder et al. (1999), que avaliaram 120 brasileiros sedentários (20-80 anos) escolhidos de forma randomizada e desenvolveram fórmulas de predição do  $VO_{2max}$  nos três testes do presente estudo e nos dois diferentes ergômetros, podemos perceber que os valores apresentados no cicloergômetro são superiores aos observados nos testes realizados na esteira ergométrica, posto que o  $VO_{2max}$  do cicloer-

gômetro alcançou 50,97% do  $VO_{2max}$  predito, enquanto na esteira com SPPC chegou a 39,71% do predito e na esteira com STPC a somente 26,67%.

Segundo Kohr, O'Connor e Skinner (1989), observa-se pouca ou menor evolução do  $VO_{2max}$  quando este é medido num tipo de ergômetro que exija grupos musculares ou movimentos diferentes daqueles utilizados no treinamento ou na prática esportiva, com os resultados mais significativos sendo demonstrados em situações similares às desempenhadas rotineiramente pelo avaliado, o que explica os valores de  $VO_{2max}$  obtidos nos testes, dado que a paciente não realizava treinamento em esteira, apenas marcha na barra paralela. No mais das vezes, pessoas com paraplegia, amputações ou lesões de membros inferiores podem ter sua avaliação feita pela ergometria de braços. Nesse caso as limitações inerentes a este teste (pela menor massa muscular envolvida) fazem com que o maior valor de  $VO_2$  seja cerca de 20% a 30% menor que ao ser realizado com as pernas (Miles; Cox; Bomze, 1989).

Outro estudo feito por Moreira Costa et al (1988) citado por Lopes e Porcaro (2007), avaliou a potência aeróbica de 10 corredores e 9 ciclistas, em testes em esteira rolante e bicicleta ergométrica. Para os corredores o consumo máximo de oxigênio medido em esteira ( $3,98 \pm 0,279$  L/min) foi maior que em bicicleta ( $3,49 \pm 0,394$  L/min), entretanto para os ciclistas o  $VO_{2max}$  foi mais alto na bicicleta ( $4,15 \pm 0,56$  L/min) do que na esteira ( $3,88 \pm 0,62$  L/min). Esses dados sugerem que os corredores, por não estarem habituados a pedalar, apresentavam uma limitação da musculatura periférica que os impedia de atingir os mesmos valores de  $VO_{2max}$  na bicicleta em relação à esteira, o que não ocorria com os ciclistas, pois a bicicleta ergométrica respeitava a especificidade do seu treinamento, o que pode ter influenciado também neste estudo, uma vez que a paciente utiliza os membros superiores diariamente para deslocar-se na cadeira de rodas, enquanto usa os membros inferiores apenas para o treino de marcha durante as sessões de fisioterapia, na barra paralela.

Em indivíduos saudáveis já se sabe que maiores valores de  $VO_2$  são obtidos em exercícios máximos de membros inferiores (MMII) quando comparados aos de membros superiores (MMSS). Isso se

deve ao fato de que os MMII apresentam maiores grupos musculares e, durante o exercício, necessitam de maiores adaptações cardiovasculares. Essas adaptações cardiovasculares ocorrem durante os exercícios de MMII, pois a grande musculatura envolvida apresenta um alto metabolismo, alterando significativamente a extração de oxigênio pelo músculo e conseqüentemente a diferença artério-venosa de oxigênio, além de modificar o trabalho cardíaco que pode ser expresso pelo aumento no débito cardíaco e duplo produto, o que não ocorreu com a paciente do presente estudo justamente devido a sua patologia, uma vez que ela não possui movimento em toda musculatura dos membros inferiores e não está habituada ao treino (Almeida; Colucci; Dib, 2009).

A FC foi outra variável analisada por se tratar de um dos parâmetros mais simples e que fornece mais informações cardiovasculares (Retechuki; Silva, 2001), que podem ser utilizadas para estabelecermos a intensidade de treinamento (Weineck, 1999), bem como informar o estado de condicionamento físico em que o atleta se encontra, determinando o volume de trabalho que o coração deve realizar para suprir as demandas necessárias durante uma atividade física (Flores; Rossi; Santos, 2006).

No teste utilizando o SPPC, em que há uma necessidade de a pessoa se apoiar no suspensor, a paciente atingiu o maior valor, a FCmax, pois pacientes submetidos ao Suporte de Peso Corporal devem contrair os músculos dos membros superiores para sustentar o peso no suspensor. O esforço isométrico pode produzir um aumento da FC e da PA que está correlacionado com a força realizada pela musculatura dos membros superiores e não à energia total. Mohr et al (1997), constataram diferenças nas frequências cardíacas obtidas durante exercício entre indivíduos tetraplégicos (cerca de 120 bpm) e paraplégicos (cerca de 150 bpm), todos com lesões completas, constatando-se que indivíduos paraplégicos alcançaram valores de FC mais altos.

A percepção subjetiva de esforço, medida pela escala de Borg, mostrou que o Suporte Parcial de Peso Corporal permitiu que o indivíduo realizasse um tempo maior de teste comparado ao com Suporte Total de Peso Corporal. Durante a marcha com

suporte de peso parcial tem-se um menor gasto energético, detectado pelo menor consumo de oxigênio. Isso significa menor chance de evento traumático como parada cardíaca ou falta de ar durante o treino e um menor cansaço durante e após o treino. Assim, os pacientes podem treinar a marcha por mais tempo.

Em relação ao tempo de duração dos testes, verificou-se que no teste com cicloergômetro e com SPPC foi alcançado um tempo considerado bom, atingindo um esforço máximo. De acordo com Nogueira e Pompeu (2006), o teste de esforço deve ser finalizado por meio de critérios de esforço máximo entre 8 e 12 minutos. Possivelmente isso se deve às limitações de força muscular, entretanto também se espera uma redução no  $VO_{2max}$  em testes longos (> 17 minutos), provavelmente por causa do aumento da temperatura central, desidratação, desconforto ou fadiga dos músculos ventilatórios. Pelo fato de os testes longos despendem mais tempo, não apresentarem informações adicionais e não produzirem valores máximos, recomenda-se protocolos com duração de  $10 \pm 2$  minutos (Nogueira; Pompeu, 2006).

Esses resultados ressaltam mais uma vez a importância do uso de SPPC para a realização de testes de esforço em esteiras ergométricas para essa população, haja vista que com o uso do suporte a paciente conseguiu percorrer uma boa distância, e em um tempo suficiente para possibilitar a coleta dos dados metabólicos necessários para uma boa análise de seus resultados, estando dentro do tempo estimado para a realização deste tipo de avaliação.

Também foi analisada no estudo a ventilação pulmonar, tendo em conta que fisiologicamente, durante o exercício, o incremento da VE é proporcional à produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ). A VE em repouso no início do exercício situa-se entre 8 e 15 L/min, aumentando proporcionalmente à produção de  $CO_2$  e, em esforço, pode atingir até 200 L/min em atletas (Carvalho et al., 2000).

Neste estudo observou-se que a VE da paciente no cicloergômetro foi mais linear e ascendente, o que é considerado normal, pois à medida que aumenta o nível de esforço,  $VO_2$ ,  $VCO_2$  e VE aumen-

tam de forma linear, comportamento que difere um pouco do teste com SPPC, que teve uma maior variação da VE, pois analisando a figura que mostra a VE, em cada aumento da velocidade, que ocorria de 1:30 minuto, o indivíduo apresentava uma queda na VE, possivelmente devido à ansiedade e insegurança, que faziam com que ela se preocupasse em se segurar melhor ou em acompanhar a velocidade da esteira, deixando de realizar uma boa expansão pulmonar, diminuindo desta forma o VC e a VE, valores que retornavam a aumentar logo que ela se habituava a nova velocidade.

Na variável Quociente Respiratório (RQ), que é um parâmetro que indica o tipo de combustível utilizado pelas células, os resultados encontrados foram praticamente iguais nos dois ergômetros (no ciclo e na esteira com SPPC), diminuindo somente na esteira com STPC. O RQ, em repouso, varia de 0,75 a 0,85 (Lopes; Porcaro, 2007), e em níveis elevados de exercício a produção de  $CO_2$  excede o consumo de oxigênio, exibindo um RQ maior que 1,0, que pode ser utilizado como indicação de que foi alcançado o esforço máximo. Um aumento extraordinário no RQ acima de 0,90 durante uma carga de esforço de menos de 40% do  $VO_{2max}$  indica que oxigênio insuficiente está sendo liberado para os músculos em exercício. Pode-se perceber, desta forma, que o indivíduo alcançou o esforço máximo no teste em cicloergômetro de membros superiores (R:1,01) e esteira com SPPC (R:1,00), porém não chegou ao máximo no da esteira com STPC, no qual apenas passou um pouco dos níveis RQ de repouso, chegando a 0,90.

Ao analisar-se o comportamento da PAS, observa-se que a mesma não sofreu grandes alterações em nenhum dos testes, alcançando seu valor mais alto de 130mmHg de PAS nos testes no ciclo e com SPPC e de 80mmHg de PAD nos três testes.

Segundo Polito e Farinatti (2003), que realizaram uma revisão bibliográfica com o objetivo de avaliar o comportamento da FC, PA e DP (duplo produto) durante exercícios resistidos e aeróbicos, em relação à PA, esta normalmente varia de acordo com a massa muscular envolvida, apresentando aumento da PAS proporcional à intensidade do exercício e manutenção ou ligeira queda nos valores da

PAD, uma vez que a pressão sistêmica durante a diástole permanece próxima aos níveis de repouso durante atividades aeróbicas ou progressivas máximas. Os autores também observam que maiores variações nas pressões arteriais (delta de variação) são encontradas em grupamentos musculares menores, sugerindo que, possivelmente, há maior oclusão dos vasos e maior resistência periférica. Esse mesmo comportamento pode ser encontrado nos músculos de MMSS, considerados grupos musculares bem menores quando comparados aos de MMII.

Os resultados não se mostram parecidos com o estudo de Almeida, Colucci e Dib (2009), em que ao avaliar o comportamento da PAS ao final dos testes em pacientes com DPOC, foi possível observar maiores valores dessa variável para o grupo que realizou os testes de MMII ( $192,0 \pm 27,82$  mmHg), quando comparado ao grupo de MMSS ( $166,09 \pm 22,56$  mmHg),  $p = 0,0032$ . O mesmo foi visto no comportamento da PAD, tendo o grupo de MMII apresentado média de  $107,33 \pm 14,37$  mmHg e o grupo de MMSS média de  $89,35 \pm 12,64$  mmHg ( $p = 0,0003$ ). Uma hipótese para justificar esses resultados pode estar no fato de que os músculos de MMII sofrem maior processo de atrofia que os de MMSS, dado que ao apresentar fadiga, os indivíduos com DPOC limitam suas atividades com esses grupos musculares e não com os músculos de MMSS, o que pode ter acontecido com a paciente do estudo, justificando os mesmos resultados para os mesmos valores de PA nos diferentes ergômetros.

## Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos e nas condições experimentais em que este trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que o teste de esforço no cicloergômetro é um bom instrumento para analisar a capacidade funcional máxima para esta população, como já descrito na literatura.

O equipamento de Suporte Parcial de Peso Corporal associado à esteira ergométrica é outra alternativa para se avaliar e treinar a capacidade fun-

cional máxima de sujeitos com traumatismo raqui-medular que realizem deambulação com órteses, principalmente quando há potencial para marcha. Ele fornece uma avaliação precisa da sua condição, constituindo uma estratégia nova que pode ser empregada para complementar a reabilitação tradicional, especialmente para o treinamento da marcha nos sujeitos mais descondicionados, pois o SPPC favorece a manutenção da atividade por mais tempo e com uma menor percepção de esforço.

O teste com Suporte Total de Peso Corporal não foi eficiente para avaliação da capacidade funcional do indivíduo do estudo, devido à dificuldade em manter uma postura em pé e cansaço dos braços em virtude do apoio durante o teste.

Sugere-se a realização de outros estudos semelhantes a este com um maior número de sujeitos, incluindo avaliação e reavaliação com treinamento dos mesmos, uma vez que o treino de marcha com suporte de peso tem mostrado resultados positivos.

## Referências

- ALMEIDA, R. O.; COLUCCI, E.; DIB, R. Analysis of systemic blood pressure in response to the progressive exercise test of upper and lower limbs in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Einstein*, v. 7, n. 1, p. 35-42, 2009.
- BARBEAU, H.; VISINTIN, M. Optimal outcomes obtained with body-weight support combined with treadmill training in stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 84, p. 65-1458, 2003.
- BAUMAN, W. A. et al. Coronary artery disease: metabolic risk factors and latent disease in individuals with paraplegia. *Mt Sinai J Med*, v. 59, n. 2, p. 8-163, 1992.
- CARVALHO, E. J. et al. Análise comparativa da aptidão cardiorrespiratória de triatletas, avaliados em cicloergômetro e bicicleta ergométrica. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.*, Brasília, v. 8, n. 3, p. 4-21, 2000.
- COWELL, L. L.; SQUIRES, W. G.; RAVEN, P. B. Benefits of aerobic exercise for the paraplegic: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc*, v. 18, n. 5, p. 8-501, 1986.

- DEVIVO, M. J.; BLACK, K. J.; STOVER, S. L.; Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 74, p. 248-254, 1993.
- DITUNNO, J. F.; FORMAL, C. S. Current concepts: chronic spinal cord injury. *N Engl J Méd*, v. 330, p. 6-550, 1994.
- FIGONI, S. F. Exercise responses and quadriplegia. *Med. Sci. Sports Exerc*, v. 25, n. 4, p. 433-441, 1993.
- FLORES, M. F.; ROSSI, D. S.; SANTOS, D. L. Análise do comportamento da frequência cardíaca durante testes de esforço máximo em diferentes ergômetros. *Revista Digital – Buenos Aires*, v. 11, n. 103, 2006.
- GAZZANI, F. Et al. Ambulation training of neurological patients on the treadmill with a new walking assistance and rehabilitation device (WARD). *Spinal Cord*, v. 37, p. 44-336, 1999.
- HAMILTON, A. L. et al. Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 152, p. 31-2021, 1995.
- HAUPENTHAL, A.; SCHUTZ, G. R.; SOUZA, P. V.; ROESLER, H. *Fisioter. Mov*, v. 21, n. 2, p. 85-92, 2008.
- YEKUTIEL, M.; BROOKS, M. E.; OHRY, A.; YOROM, J.; CAREL, R. The prevalence of hypertension, ischemic heart disease and diabetes in traumatic spinal cord injured patients and amputees. *Paraplegia*, v. 27, p. 58-62, 1989.
- KOHR, W. M.; O'CONNOR, J. S.; SKINNER, J. S. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Med Sci Sports Exe*, v. 21, p. 75-569, 1989.
- LaPORTE, R. E. et al. The spectrum of physical activity, cardiovascular disease and health: an epidemiological perspective. *Am J Epidemiol*, v. 120, p. 17-507, 1984.
- LOPES, M. C. A.; PORCARO, C. A. Comparação do consumo máximo de oxigênio de universitárias obtido pela ergoespirometria na esteira e no cicloergômetro. *Movimentum – Revista Digital de Educação Física*, Ipatinga: Unileste-MG, v. 2, n. 1, 2007.
- MACKAY-LYONS, M.; MAKRIDES, L.; SPETH, S. Effect of 15% body weight support on exercise capacity of adults without impairments. *Physical Therapy*, v. 81, p. 1.790-1.800, 2001.
- MAYNARD F. M, BRACKEN M. B, CREASEY G. International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord*, v. 35, p. 266-274, 1997.
- MILES, D. S.; COX, M. H.; BOMZE, J. P. Cardiovascular responses to upper body exercise in normals and cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc*, v. 21, p. 126-131, 1989.
- MOHR, T. et al. Long-term adaptation to electrically induced cycle training in severe spinal cord injured individuals. *Spinal Cord*, v. 35, p. 1-16, 1997.
- NEDER, J. A.; NERY, L. E. *Fisiologia clínica do exercício, teoria e prática*. São Paulo, Artes Médicas, 2002.
- NEDER, J. A. et al. Prediction of metabolic and cardio-pulmonary responses to maximum cycle ergometry: a randomized study. *Eur Respir J*, v. 14, p. 13-1304, 1999.
- NOGUEIRA, F. S.; POMPEU, F. A. M. S. Modelos para predição da carga máxima no teste clínico de esforço cardiopulmonar. *Arq Bras Cardiol*, v. 87, n. 2, p. 137-145, 2006.
- PEDROSA, S.; FERNANDES, A.; CASTRO, R. Utilização da ergoespirometria na avaliação de atletas de combate: relato de caso. *Rev. Derc*, v. 46, p. 10-11, 2009.
- POLITO, M. D.; FARINATTI, P. T. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão de literatura. *Rev Port Ciênc Desporto*, v. 3, n. 1, p. 79-91, 2003.
- RETECHUKI, A.; SILVA, S. G. Resposta da frequência cardíaca no jogo de handebol em escolares do sexo feminino. *Revista Treinamento Desportivo*, v. 6, p. 38-43, 2001.
- SCHMID, Andreas M. D. et al. Physical Performance and Cardiovascular and Metabolic Adaptation of Elite Female Wheelchair Basketball Players in Wheelchair Ergometry and in Competition1. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, v. 77, n. 6, p. 33-527, 1998.
- SILVA, I. R. S.; COSTA, M. C. Teste de Esforço: uma atualização. *Movimento & Percepção*, Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, v. 10, n. 14, 2009.
- TRENTIN, A. P.; FACHINET, S. Análise da condição cardiorrespiratória em escolares maturados e não maturados sexualmente que apresentam condição econômica alta e média. *Movimento & Percepção*, Espírito Santo de Pinhal, São Paulo, v. 5, n. 7, 2005.
- WEINECK, J. *Treinamento ideal*. 9. ed. São Paulo: Manole, 1999.
- WICKS, J. R. et al. Arm cranking and wheelchair ergometry in elite spinal cord-injured athletes. *Med. Sei. Sports Exerc*, v. 15, p. 31-224, 1993.