

Avaliação ergoespirométrica em atleta paraolímpico de esqui alpino: estudo de caso

Cardiopulmonary exercise test on a treadmill for a paralympic alpine skiing athlete: case study

Nelson Alexandre Campos Vinagre¹, Andree Niklas², Andreas Dillmann³, Thais Russomano⁴

¹ Educador Físico. Mestre em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor da Universidade Luterana do Brasil, Canoas, Rio Grande do Sul. Doutorando em Ciências do Esporte com ênfase em Prevenção e Reabilitação, Universidade Georg-August Göttingen. Pesquisador bolsista do Instituto de Tecnologia de Fluxo e Aerodinâmica, Centro Aeroespacial Alemão, Alemanha.

² Médico Anestesiologista. Doutor em Ciências Naturais pela Universidade de Magdeburg, Alemanha. Doutor em Medicina. Professor Titular do Departamento de Medicina Esportiva e Reabilitação e Diretor do Instituto de Ciências do Esporte, Universidade Georg-August Göttingen, Alemanha.

³ Doutor em Ciências Naturais. Doutor em Engenharia. Professor Titular do Departamento de Física, Universidade Georg-August Göttingen, Alemanha. Diretor do Instituto de Tecnologia de Fluxo e Aerodinâmica, Centro Aeroespacial Alemão Göttingen/Colônia, Alemanha.

⁴ Médica Aeroespacial. PhD em Fisiologia Espacial pelo King's College London, Inglaterra. Professora Adjunta do Departamento de Medicina Interna da Faculdade de Medicina e Coordenadora do Centro de Microgravidade/FENG, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

RESUMO

Objetivos: Este trabalho se propõe a verificar o consumo máximo de oxigênio de um atleta paraolímpico da modalidade de esqui alpino, apontando a relação com essa modalidade esportiva, tradicionalmente reconhecida como anaeróbica. Os resultados do teste são apresentados como parâmetro comparativo para a modalidade de esqui alpino.

Descrição do caso: O voluntário foi um atleta de esqui alpino de 38 anos de idade, vítima de lesão da medula espinhal desde 1994, classificação LW10/2 dentro do critério dessa modalidade esportiva. O atleta foi testado na própria cadeira de rodas, em esteira ergométrica. O teste foi realizado a uma velocidade constante, sendo a carga aumentada 20 W a cada 3 minutos até a fadiga voluntária. As respostas cardiorrespiratórias foram aferidas continuamente com eletrocardiograma e analisador de gases. Amostras de sangue foram coletadas antes e depois do teste para medir a concentração de lactato sanguíneo. A maior carga desempenhada pelo atleta foi 100 W (mecânica) e 884,07 W (bruto) quando estava no 5º estágio, com eficiência de 11,31%, apresentando consumo de oxigênio de 2501 mL/min e lactato de 11,1 mmol/L. A frequência cardíaca máxima foi de 184 batimentos/min e a pressão arterial de 115/70 mmHg foi medida 5 minutos após o final do teste.

Conclusões: O esquiador pôde responder ao procedimento de diferentes cargas durante o teste. No teste aplicado o atleta tem que aprender a gerenciar sua resistência, força e capacidades coordenativas. A avaliação da capacidade aeróbica poderá ajudar o desempenho durante o treinamento e competições, visto que os atletas devem dividir sua atenção com uma gama de exigências que juntas são atendidas em grande parte pelo sistema aeróbio.

DESCRIPTORIOS: ESPORTES; MEDICINA ESPORTIVA. ERGOESPIROMETRIA; ATLETA PARAOLÍMPICO; ESQUI ALPINO PARAOLÍMPICO.

ABSTRACT

Aims: This study aims to determine the maximal oxygen uptake of a paralympic alpine ski athlete and relate it to this sport that is traditionally recognized as being anaerobic. The test results are presented as comparative variables for the alpine skiing sport.

Case Description: The volunteer was a 38 year old sitting-class alpine ski athlete, who suffered a spinal cord injury in 1994, and is classified as LW10/2 within the criteria of the sport. The test was performed using their own wheelchair on a treadmill at a constant speed. The load was increased 20 W every 3 minutes until volitional fatigue. The cardiorespiratory responses were monitored continuously with an electrocardiogram and gas analyzer. Blood samples were collected before and after testing to measure blood lactate concentrations. The highest load achieved by the athlete was 100 W (mechanical) and 884.07 W (gross) when in the 5th stage, with an efficiency of 11.31% and presenting an oxygen consumption of 2501 mL/min and lactate of 11.1%. Maximum heart rate was 184 bpm and blood pressure, measured 5 minutes after test end, was 115/70 mmHg.

Conclusions: The skier was able to perform the procedure with increasing loads. The test administered required the athlete to learn how to manage her stamina, strength and coordinative capacities. The assessment of aerobic capacity may help with performance during training and competition, as the athletes must focus their attention on a range of demands that together, are largely met by the aerobic system.

KEY WORDS: SPORTS; SPORTS MEDICINE; SPIROERGOMETRY; PARALYMPIC ATHLETE; PARALYMPIC ALPINE SKIING.

Recebido: março de 2012. Aceito: junho de 2012.

Endereço para correspondência/Corresponding Author:

NELSON ALEXANDRE CAMPOS VINAGRE
German Aerospace Center – Institute of Aerodynamics and Flow Technology
Bunsenstrasse 10
37073 – Göttingen
Telefone: 00 49 709 2623
E-mail: Nelson.Vinagre@dlr.de; nelsonvinagre@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A avaliação ergoespirométrica de atletas portadores de necessidades especiais tem avançado nas modalidades dos Jogos Paraolímpicos de verão e inverno. Parte da discussão teórica e os primeiros estudos sobre a eventual utilização do teste de exercício dinâmico, como diagnóstico do desempenho em medicina esportiva, datam da década de 1980.¹ O desenvolvimento de uma avaliação de desempenho complexo em natação competitiva para pessoas com deficiência em comparação com não deficientes realizada nesse mesmo período trouxe a possibilidade de se verificar a relação de trabalho mecânico e trabalho fisiológico.^{2,3} O aprofundamento de avaliação fisiológica de atletas com lesão medular em corrida de cadeira de rodas tem sido feita para que se obtenham melhores parâmetros para o desempenho e a segurança dos cadeirantes nessa modalidade esportiva.⁴

Em 1998, houve a possibilidade de se iniciar a realização de processo avaliativo de desempenho de alguns atletas da Equipe Paraolímpica Alemã de Esqui Alpino (EA) – *Deutsches Paralympic Skiteam (DPS) alpin*,⁵ processo que tem levado a estudos sobre a estrutura de desempenho e a determinação de parâmetros de performance relevantes ao esporte paraolímpico. Existem poucos registros de teste de exercício, com avaliação do desempenho cardiopulmonar, em atleta paraolímpico de EA no meio acadêmico,⁶ já que há fatores limitantes, como a simulação da demanda de esforço requerida durante a prova ou do ambiente onde a modalidade se realiza. Este artigo trata da avaliação realizada com um dos atletas da equipe DPS no período após os Jogos Paraolímpicos de 2010, sendo ele dependente de cadeira de rodas (CR), portanto um esquiador na modalidade sentado.

Este estudo pode ter especial interesse para os atletas brasileiros, pois o Brasil, que participa dos jogos Paraolímpicos desde 1972, tem se destacado no cenário das atividades adaptadas, obtendo resultados expressivos nas últimas duas edições dos Jogos Paraolímpicos de verão, ocorridos em Atenas e Pequim, entrando para o seletor grupo das 20 maiores potências esportivas mundiais. No último Parapanamericano, em 2012, no México, o Brasil sagrou-se campeão da competição, almejando uma futura participação nos Jogos Paraolímpicos de Inverno de 2014, apesar de ser um país tropical, demonstrando seu interesse em ampliar as fronteiras do esporte paraolímpico nacional.

A ergoespirometria em esteira ergométrica (EE) com CR tem sido utilizada com o intuito de verificar os parâmetros relacionados ao seu condicionamento

físico.^{3,5,7} Baseado nos estudos realizados nas últimas três décadas com diferentes tipos de atletas, como nadadores, mergulhadores e desportista em CR,^{2,4,8,9} um protocolo específico em EE para atletas dependentes de CR foi utilizado para essa avaliação.

O objetivo do estudo foi avaliar a capacidade aeróbica máxima desse atleta do EA, verificada em um teste de laboratório, bem como apontar a relação com essa modalidade esportiva, tradicionalmente reconhecida como anaeróbica.⁹ Os resultados do teste são apresentados como parâmetro comparativo para a modalidade de EA e para os demais atletas da própria equipe DPS.

RELATO DO CASO

Voluntário

O protocolo do experimento foi aprovado pelo Comitê Federal em Esportes Competitivos e Instituto Federal de Ciência dos Esportes da Alemanha. O voluntário assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ao concordar em participar do estudo.

O atleta de EA na modalidade sentada (masculino, 38 anos de idade) que foi submetido à avaliação, medalhista de ouro nas Paraolimpíadas de Inverno de 2010, é vítima de lesão da medula espinhal desde 1994, possuindo a classificação LW10/2 dentro do critério dessa modalidade e apresentando pouco controle da musculatura do tronco e nenhum controle dos membros inferiores.

Materiais e Métodos

O teste foi realizado em EE com CR, para avaliação de um atleta de EA, visto que este mesmo Centro de Avaliação já teve a oportunidade de realizar esse teste e verificar que os resultados encontrados estavam melhor relacionados à postura e especificidade de movimento feitos pelo cadeirante em CR, onde ele desempenha o movimento específico de propulsão para seu deslocamento.

A investigação foi conduzida em uma única sessão, no dia 01 de novembro de 2010. Após a execução do pré-teste,¹⁰ pôde-se realizar o teste de esforço com incrementos de carga progressivas, para determinar o consumo de oxigênio do atleta. O teste foi feito com o atleta em sua própria CR, para verificar a capacidade aeróbica e carga máxima de um atleta da elite do esqui alpino paraolímpico mundial.⁹ O experimento foi preparado para avaliar o desempenho quantitativo e qualitativo do esquiador durante a avaliação realizada.

Laboratório de Fisiologia do Esporte

O Instituto de Ciência do Esporte (*Institut für Sportwissenschaft* – IFS) da Universidade Georg-August da cidade de Göttingen, no centro da Alemanha, local de realização do estudo, possui um laboratório com EE de alto desempenho e fornece excelentes instalações para o teste cardiopulmonar e para a análise dos dados do estudo proposto, como o consumo de oxigênio para pessoas dependentes de CR^{4,9} (Figura 1).

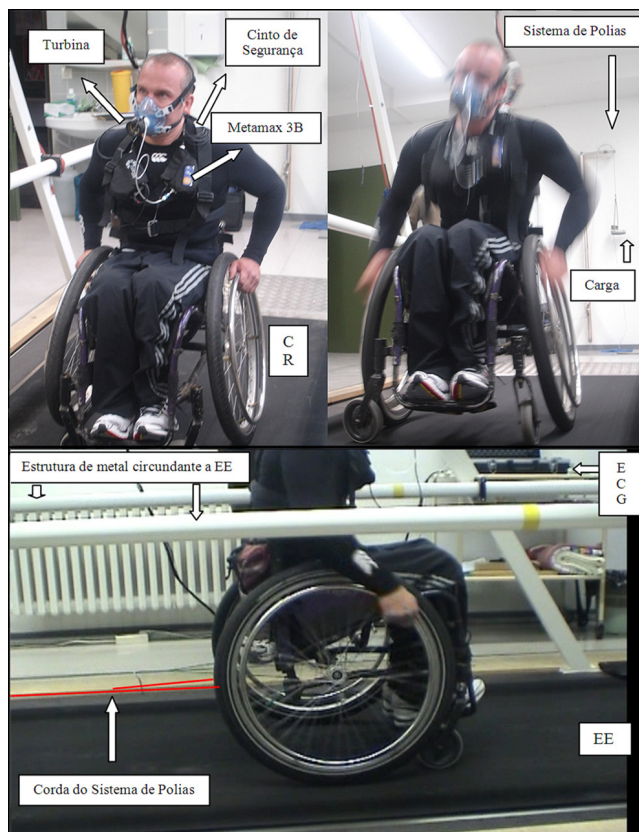


Figura 1. Atleta posicionado na esteira antes de iniciar o teste; durante o teste; visão lateral durante o teste.

Equipamentos

O principal equipamento disposto no laboratório é a EE SATURN 300-125R (h/p/ cosmos sports & medical gmbh, Nussdorf-Traunstein, Alemanha). Disposta em uma posição central da sala, ela se encontra no mesmo nível do piso, o que já se configura em uma grande vantagem para o teste com esportista em CR em relação à acessibilidade. A parte externa da EE possui uma estrutura de metal circundante, que proporciona apoio à estrutura que sustenta o equipamento responsável pela segurança do atleta avaliado. A EE possui 3,20 m de comprimento e 1,25 m de largura. A faixa de velocidade operacional dela é 0-40 km/h (0-11,1 m/s).

O Sistema de Polias é um dispositivo externo à EE que deve ser ligado à CR através de corda, possibilitando medir força de 10 a 300 W.^{4,5,7-9} Um trilho é fixado na parede atrás da CR. As polias são montadas nesse trilho em dois eixos diferentes. A corda que está ligada à CR é guiada por duas polias. Na extremidade da corda, é possível aumentar a carga durante a realização do exercício.

Foram utilizados, durante o experimento, dois computadores: um desktop com interface para controle da esteira e um laptop para o monitoramento do ergoespirometro. Também foram utilizados ergoespirometro, modelo Metamax 3B (Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Alemanha), eletrocardiografo portátil 3-canal EKG AT-4 (Schiller AG, Suíça) e lactímetro SCOUT (SensLab GmbH, Leipzig, Alemanha).

O laboratório possui sistema informatizado de controle da EE, com um programa de processamento de dados para maximizar o uso do equipamento. O ergoespirometro é robusto e móvel e o método *Breath-by-Breath* foi utilizado. As principais características do equipamento constam na literatura.¹¹

O atleta realizou o teste em sua CR pessoal, vestindo indumentária adequada para o mesmo. Os eletrodos referentes ao registro eletrocardiográfico foram posicionados, o frequencímetro, Polar® HR Set (Polar Electro Oy HQ, Kempele, Finlândia), foi ajustado ao tórax do atleta bem como um cinto de segurança fixado à estrutura junto à esteira. Medidas de temperatura e de pressão no momento da avaliação foram registradas por sensores eletrônicos integrados à máscara do equipamento de ergoespirometria.

Câmeras fotográfica e de vídeo foram utilizadas no laboratório para registrar imagens estáticas e dinâmicas do atleta. A câmera de vídeo (Camcorder Sony Digital Handycam Typ: DCR-PC103 PAL) foi posicionada na lateral da esteira e a gravação feita para observar a resposta do atleta à carga exigida, o tipo e a frequência de propulsão utilizados.¹² A câmera fotográfica (Sony Cyber-Shot 7,2 megapixels, DSC-P200) foi utilizada aleatoriamente, capturando 64 fotos dos mais diversos ângulos e momentos do teste.

Realização do pré-teste e do teste

O atleta foi submetido a um pré-teste (anamnese, exames de laboratório e ecocardiograma) para detectar o risco potencial de doenças cardiovasculares que poderiam prejudicar o desempenho durante o teste. O mesmo foi realizado junto ao Centro de Reabilitação Rainer Jung que se encontra ao lado do IFS, o qual vem trabalhando em cooperação com a Universidade. A

configuração de carga inicial do atleta, para encontrar o ponto de equilíbrio das forças (ponto estacionário) entre a carga e o peso do conjunto (atleta/ CR), foi feita imediatamente antes do teste.

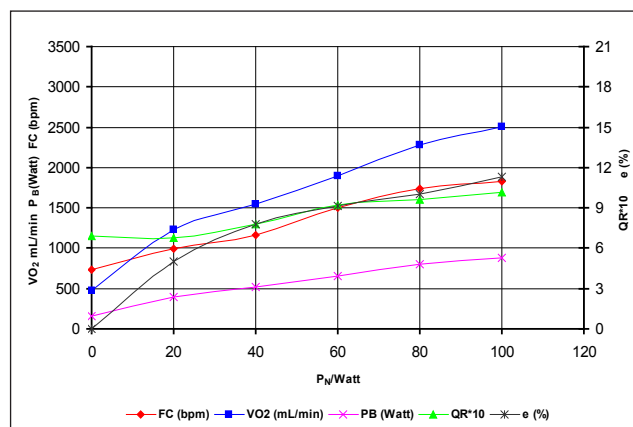
O protocolo do teste de esforço utilizado era contínuo, progressivo, de cargas múltiplas (20 Watts a cada 3 min caracterizando distintos estágios) e velocidade constante (2 m/s) por tempo indeterminado, ou seja, o voluntário deveria desempenhar sobre a esteira pelo tempo que suportasse. A condução dos procedimentos de segurança e de emergência do teste¹³ ficaram sob o encargo e a responsabilidade da médica e da equipe de auxiliares. O teste poderia ser interrompido a qualquer instante, por iniciativa do atleta ou pela equipe médica.

O teste foi dividido em três partes. A primeira (controle) referiu-se à explicação objetiva do procedimento do teste, apresentação dos equipamentos e recomendações. A segunda parte foi destinada ao tempo de teste/recuperação, ou seja, imediatamente antes do teste certificar-se que o equipamento foi adequadamente ajustado; realizar exame físico cardiopulmonar, observando os resultados; coletar amostra de sangue do lóbulo da orelha para medir a concentração de lactato sanguíneo; familiarizar o voluntário com a sequência de eventos; explicar cuidadosamente a escala de sintomas a ser usada. Durante o teste, o voluntário foi verbalmente estimulado e orientado a manter-se atento ao médico; monitorou-se atentamente a atividade elétrica cardíaca; minuto a minuto o voluntário foi inquirido sobre os sintomas de acordo com a Escala de Borg;¹⁴ observou-se com atenção a ausência de vazamento de ar de todas as partes do sistema, certificando-se que os valores registrados eram fisiologicamente corretos. Respeitaram-se os critérios de indicação para interrupção do teste apresentados por Neder *apud* Colégio Americano de Medicine do Esporte.¹⁵ Novas amostras de sangue foram coletadas 3 min e 5 min após o término do teste. Depois da remoção do bocal/máscara, indagou-se sobre a natureza e a intensidade dos sintomas limitantes, registrando-os em formulário padrão. Durante a recuperação, uma rotina pós-teste foi empregada para verificar a normalização do ECG e a pressão arterial sistêmica antes da liberação do voluntário, que caracteriza o encerramento do teste e da terceira parte do teste.

Resultados do experimento

As condições atmosféricas do laboratório aferidas no momento do teste foram: a temperatura de 22,9 °C, pressão 992 hPa e a umidade relativa do ar estimada

de 60%. O consumo de oxigênio (VO_2), a frequência cardíaca (FC) e os valores de carga obtidos na ergoespirometria estão representados na Figura 2.



P_m: trabalho mecânico; FC: frequência cardíaca; VO₂: consumo de oxigênio; QR: quociente respiratório; P_B: trabalho bruto; e: equivalente P_N/P_B.

Figura 2. Dados fisiológicos registrados durante o teste de ergoespirometria em cadeira de rodas.

Durante o teste o atleta de 173 cm e 75 kg, do ponto de vista biomecânico, foi bastante eficiente em seus movimentos.^{5,12} Ele pôde executar o teste com diferentes cargas de acordo com o protocolo apresentado, assim como manteve a frequência de propulsão de braço praticamente constante durante o avanço dos estágios do teste. O maior valor de carga alcançado pelo atleta foi 100 W (desempenho mecânico), quando estava realizando o 5º estágio e por 70 s nele permanecer. Dentro da perspectiva fisiológica foi capaz de gerar 884,07 W, o que representou eficiência (relação entre o trabalho mecânico e o trabalho bruto) de 11,31%, apresentando VO₂ de 2501 mL/min (34,26 mL.min⁻¹.kg⁻¹) e atingindo o maior nível de lactato (11,1 mmol/L) após o término do teste. Como apresentado na Tabela 1, a frequência cardíaca de 183 batimentos/min (bpm) foi medida imediatamente após o término do teste e a pressão arterial de 115/70 mmHg, 5 min após.¹⁶

DISCUSSÃO

O teste foi feito com o intuito de verificar o VO₂ máximo de um atleta da equipe DPS e apresentar os resultados como parâmetro comparativo para a própria equipe e também para a modalidade de esqui alpino. Procedimentos de ergoespirometria foram usados para analisar a eficiência física geral e função do sistema cardiopulmonar do atleta, que pôde responder ao procedimento de diferentes cargas no teste feito em 2010 assim como quando o realizou em 2000.

Tabela 1. Resultados da avaliação ergoespirométrica do atleta paraolímpico de esqui alpino, testado na própria cadeira de rodas, em esteira ergométrica.

Tempo (min)	P _N (Watt)	FC (bpm)	VO ₂ (mL/min)	QR	P _B (Watt)	e (%)	LA (mmol/L)	PA (mmHg)
<i>Teste</i>								
	0	73	474	0,690	154,36	0,00	0,5	120/75
3	20	99	1228	0,676	398,28	5,02		
3	40	116	1545	0,782	515,09	7,77		
3	60	150	1902	0,918	656,56	9,14		
3	80	174	2283	0,961	796,28	10,05		
1min 10s	100	183	2501	1,015	884,07	11,31		
<i>Pós-teste</i>								
		184					11,1	
1		163						
2		127						
3		113					9,4	
4		112						
5		109					9,3	115/70

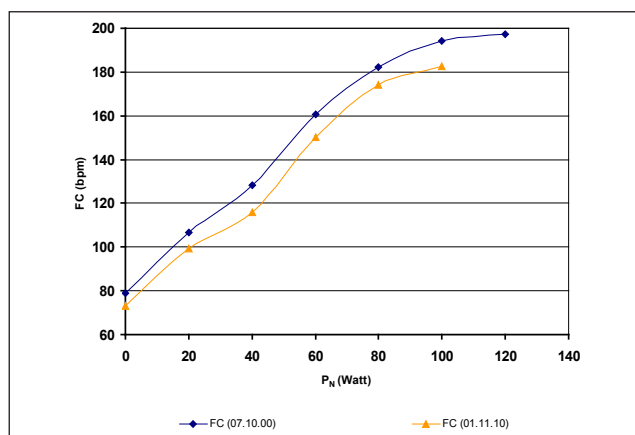
P_N: trabalho mecânico; FC: frequência cardíaca; VO₂: consumo de oxigênio; QR: quociente respiratório; P_B: trabalho bruto; e: equivalente P_N/P_B; LA: lactato; PA: pressão arterial.

Ao comparar-se o desempenho da FC do avaliado em 2010 com seu teste realizado em 2000 (a FC foi um pouco mais baixa em 2010 do que em 2000), pode-se afirmar que houve um desempenho muito semelhante em ambos os testes. O atleta atingiu a FC de 184 bpm para a carga de 100 W, enquanto que em 2000 a FC foi de 197 bpm para a carga de 120 W, como se observa na Figura 3.

Ao comparar-se o VO₂ apresentado pelo avaliado em 2010 com o teste realizado em 2000, pode-se observar que houve um pior desempenho no teste atual, ainda que nos estágios iniciais o atleta tenha apresentado VO₂ maior do que em 2000. No teste anterior, onde o atleta atingiu o VO₂ de 2740 mL/min (36.53 mL.min⁻¹.kg⁻¹), sua eficiência foi de 12,23%, portanto superior ao resultado apresentado em 2010 como se pode observar na Figura 4.

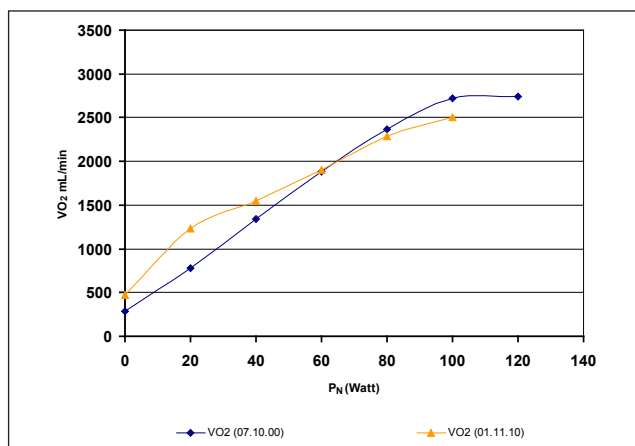
Na avaliação descrita neste estudo, teve-se intenção de trazer os resultados do atleta para estabelecer parâmetros para sua própria equipe, haja vista a trajetória desenvolvida por ele e os resultados ao longo de sua atuação como esquiador. O atleta apresentou resultados que podem ser considerados como referência para essa modalidade esportiva.¹⁷ Esses achados levam-nos a pensar que o resultado atingido pelo voluntário é fruto da combinação de um desempenho biomecânico elevado,^{5,12} de sua boa condição aeróbica, além da experiência para entender o andamento do teste.^{3,4,7,9}

Em condições de competição,³ para assumir e sustentar a melhor posição, para ser mais veloz e eficaz, o esquiador sentado necessita de um trabalho corporal intenso para manter o equilíbrio. Isso requer o uso dos músculos do pescoço, dos membros superiores



PN: trabalho mecânico; FC: frequência cardíaca.

Figura 3. Comparação entre os testes conduzidos em 2000 e 2010: curva de desempenho da frequência cardíaca.



PN: trabalho mecânico; VO2: consumo de oxigênio.

Figura 4. Comparação entre os testes conduzidos em 2000 e 2010: curva de desempenho do consumo de oxigênio.

e do tronco, os quais promovem o movimento do tronco com precisas flexões laterais, necessárias para executar as manobras de controle direcional.¹⁸ Para tanto, precisa-se de diferentes fontes energéticas, entre elas a advinda da atividade aeróbica. Considerando-se o tempo dispendido e as fontes de energia durante uma prova de EA, pode-se comparar um esquiador alpino com um corredor de 400 m, muito embora o movimento e tipo de contração solicitada sejam absolutamente diferentes.

O desempenho do esquiador alpino vem de um somatório de fatores. Ao se considerar uma competição, há alguns aspectos que valem para todos os concorrentes, como a aceleração da gravidade terrestre, a densidade do ar, o gradiente de inclinação da colina e o atrito entre o esqui e a neve.^{19,20} Mas existem outros fatores fisiológicos individuais que geram diferenças significativa entre os atletas, como por exemplo VO_2 ,^{21,22} FC, lactato, pressão arterial, condições fisiológicas de carga de treinamento e condições psicológicas.

Nesse experimento, houve ênfase na avaliação do condicionamento do atleta, pois isso representa uma condição importante no desempenho em uma competição de EA, com menos riscos e melhor controle. Nesse sentido, recomenda-se treinamento aeróbico nas mais distintas modalidades e formas de treinamento para aumentar a condição metabólica e a resistência aeróbica dos atletas. As modalidades a serem treinadas podem ser específicas ou não-específicas.⁵ Dessa forma, acredita-se que os atletas podem desenvolver o treinamento de resistência com a sua própria CR em uma pista de atletismo ou em países que nevam, praticando esqui nórdico.^{2,3} Para o treinamento não-específico, o atleta dependente de CR pode desenvolver sua capacidade aeróbica em um cicloergômetro de braço, através da natação ou da modalidade de remo.^{23,24,25} O segundo aspecto interessante associado a essa avaliação é o fato de que, dependendo do nível de lesão medular, torna-se muito difícil manter a postura adequada (em termos de qualidade e duração do movimento) e o equilíbrio corporal a cada momento da prova de EA a ser realizada. O voluntário deste estudo possui controle debilitado do tronco, o que poderia vir a ser uma desvantagem no seu desempenho na pista. Muito embora seus resultados em competições internacionais sejam incontestáveis, vale ressaltar que nos instantes finais do teste, próximo à resposta fisiológica máxima, o desempenho de sua postura já não favorecia mais o prolongamento do mesmo. Acredita-se que este método de avaliação propiciará a transferência, baseado no estudo do desempenho do atleta avaliado, do conhecimento necessário para a adequação de exercícios físicos tanto para o tronco

como para a manutenção da postura corporal de atletas com deficiências físicas semelhantes.

Conclui-se que o esquiador paraolímpico pôde executar durante o teste diferentes níveis de carga dentro dos procedimentos normais também realizados com corredores pedestres.^{5,26} De acordo com anotações feitas durante o experimento, declarações do próprio atleta durante o seu teste na esteira e sua experiência anterior vivida nas pistas, há algumas informações valiosas que podem ser aplicadas às condições de prova. No teste aplicado, o atleta tem que aprender a gerenciar sua resistência, força e capacidades coordenativas.

Durante período de treinamento de resistência em local não específico ou nas pistas, o atleta irá trabalhar predominantemente na via aeróbica, seja pela prática de sessões de longa duração e pouca intensidade ou pelo número de repetições de descidas nas pistas de competição. Na competição, dada as características e intensidade exigidas pela disciplina, com seus obstáculos naturais da pista e do intenso trabalho a ser feito pelo esquiador para realizar o percurso da pista em menor tempo, o metabolismo anaeróbio láctico é mais solicitado.

Desta forma, a avaliação da capacidade aeróbica e ênfase no treinamento aeróbico poderão ajudar o desempenho durante o treinamento e competições, visto que os atletas devem dividir sua atenção com obstáculos geográficos, com a trajetória desejada, e o movimento de braços, coordenação, postura, equilíbrio e respiração e estas exigências são atendidas em grande parte pelo sistema aeróbio.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao Centro Aeroespacial Alemão (DLR), Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico (DAAD), Federação Alemã de Esporte para Deficientes (DBS) e a Dr. Hilmmer-Vogel e assistentes do IFS pela dedicação prestada. Especial agradecimento ao atleta da DPS, sem o qual não seria possível esta avaliação.

REFERÊNCIAS

1. Niklas A. Theoretische Erörterung und erste Untersuchungen zur Einsatzmöglichkeit der dynamischen Ergometrie im Rahmen der Leistungsdiagnostik in der Sportmedizin. [Thesis] Medizinische Akademie Magdeburg; 1980.
2. Niklas A, Ackermann P, Ungerechts B, et al. Entwicklung einer dezentralen komplexen Leistungsdiagnostik Sportschwimmen für den Leistungssport in Behinderten- und Nichtbehindertenbereich. (BISp-Jahrbuch 1997) Bundesinstitut für Sportwissenschaft – Köln: Sport und Buch Strauss; 1998.

3. Niklas A, Zum Begriff. Leistung in der sportmedizinischen Diagnostik. *Medizin und Sport*. 1987;8:225-6.
4. Bhambhani Y. Physiology of Wheelchair Racing in Athletes with Spinal Cord Injury. *Sports Med*. 2002;32:225-6.
5. Niklas A, Fuhrmann P, Hottowitz R. Performance physiological and biomechanical comparative studies of wheelchair Ergometry. 2nd World Congress of Biomechanics, Volume I, Amsterdam; 1994.
6. Veicsteinas A, Ferretti G, Margonato V, et al. Energy cost of and energy sources for Alpine skiing in top athletes. *J Appl Physiol*. 1984;56:1187-90.
7. Veeger H, Hadj Yahmed M, Van Der Woude L. Peak oxygen uptake and maximal power output of olympic wheelchair dependent athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23:1201-9.
8. Niklas A. Über die Entwicklung der sportartspezifischen Spiroergometrie im Schwimm- und Tauchsport. *Medizin und Sport* 1988; Berlin.
9. Niklas A, Entwicklungsergebnisse zur Ermittlung der aeroben. Kraftausdauer mittels verschiedener Methoden der sportmedizinischen. Spiroergometrie. Magdeburg; 1989.
10. Colégio Americano de Medicina do Esporte. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. 6^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
11. Cortex. Einführung Metamax 3B. Cortex Medical; 2000.
12. Vanlandewijck Y, Theisen D, Daly D. Wheelchair Propulsion Biomechanics: Implications for Wheelchair Sports. *Adis Int Sports Med*. 2001;31:339-67.
13. Stein R, Vilas-Boas F, editores. Normatização de Técnicas e Equipamentos para Realização de Exames em Ergometria e Ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol*. 2003;80:458-64.
14. Borg G. Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*. 2004;15:1016-21.
15. Neder JA, Nery LE. Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática. São Paulo: Artes Médicas; 2002.
16. Davis GM. Exercise capacity of individuals with paraplegia. The American College of Sports Medicine 1993.
17. Silva AC, Torres FC. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. *Rev Bras Med Esporte*. 2002;8:107-16.
18. Shephard VRJ, Åstrand PO, editors. Endurance in Sport: Olympic Encyclopaedia of Sports Medicine, 2nd edition. Wiley-Blackwell; 2000.
19. Kaps P, Nachbauer W, Mössner M. Determination of Kinetic Friction and Drag Area in Alpine Skiing. In: Mote CD, Johnson RJ, Hauser W, and Schaff PS, eds. *Ski Trauma and Skiing Safety: 10th Volume*. Philadelphia: ASTM International; 1996. p. 165-77.
20. Brownlie L, Larose G, D'Auteuil A, et al. Factors affecting the aerodynamic drag of alpine skiers. Proceedings of the 8th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA);2010:2375-80.
21. Cowell LL, Squires WG, Raven PB. Benefits of aerobic exercise for the paraplegic: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1986;18:501-8.
22. Myers J. Essentials of Cardiopulmonary Exercise Testing. Pudsey: Human Kinetics Europe Ltd; 1996.
23. Nascimento AC, Silva SML. Benefícios da atividade física sobre o sistema cardiorespiratório, como também, na qualidade de vida de portadores de lesão medular: uma revisão. *Rev Bras Prescr Fisiol Exerc*. 2007;8:42-50.
24. Sawka MN. Physiology of Upper Body Exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 1986;14:175-212.
25. Van Der Woude LHV, De Groot S, Janssen TWJ. Manual wheelchairs: Research and innovation in rehabilitation, sports, daily life and health. *Med Eng Phys*. 2006;28:905-15.
26. Lakomy HK, Campbell I, Williams C. Treadmill performance and selected physiological characteristics of wheelchair athletes. *Br J Sports Med*. 1987;21:130-3.